

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ и НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ЭКОЛОГИЯ

*Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2013

УДК 504(075.8)
ББК 20.1я73
Э40

Авторы:

О.Б. Назаренко, А.Н. Вторушина, А.И. Копытова,
Е.В. Ларионова, Н.В. Саранчина, Н.С. Шеховцова

Э40 **Экология:** учебное пособие / О.Б. Назаренко, А.Н. Вторушина, А.И. Копытова и др.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 188 с.

В пособии изложены основные вопросы общей экологии, экологии человека, инженерной защиты окружающей среды, рационального природопользования, экономики природопользования. Рассмотрены экологические термины, понятия и закономерности. Изложены современные экологические проблемы. Дано представление об источниках и последствиях загрязнения окружающей среды, основных методах и средствах защиты. Пособие содержит список использованной и рекомендуемой литературы.

Предназначено для студентов технических вузов всех направлений, изучающих дисциплину «Экология».

УДК 504(075.8)
ББК 20.1я73

Рецензенты

Кандидат биологических наук
заведующая сектором НИИ ББ ТГУ

И.В. Луцаева

Генеральный директор АНО «Томский демонстрационно-консультационно-образовательный центр ресурсосбережения и энергоэффективности

И.В. Дмитриев

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2013
© Авторы, 2013
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1. Проблемы взаимодействия общества и природы	7
1.1. История развития экологии	7
1.2. Структура и задачи экологии	13
1.3. Этапы взаимодействия человеческого общества и природы	15
1.4. Современные проблемы экологии	18
1.5. Пути выхода из экологического кризиса	22
2. Биоэкология	24
2.1. Учение о биосфере	24
2.1.1. Структура биосферы и ее границы	24
2.1.2. Категории веществ в биосфере	27
2.1.3. Учение Вернадского В.И. о биосфере	28
2.1.4. Живое вещество. Классификация и функции	29
2.1.5. Энергия в экосистемах	30
2.1.6. Эволюция биосферы	32
2.2. Организм и среда	37
2.2.1. Классификация экологических факторов	38
2.2.2. Закономерности действия экологических факторов	40
2.2.3. Адаптация живых организмов	42
2.2.3. Экологическая ниша	43
2.2.4. Характеристика абиотических факторов	43
2.3. Популяции: структура и динамика	47
2.3.1. Динамика роста численности популяций	50
2.3.2. Изменение численности в системе «хищник-жертва»	53
2.4. Экологические системы	54
2.4.1. Классификация природных экосистем	54
2.4.2. Устойчивость и динамика экосистем	59
2.4.3. Трофические цепи и сети. Продуктивность экосистем	61
2.4.4. Круговорот веществ в биосфере	67
3. Принципы рационального природопользования	73
3.1. Классификация природных ресурсов	73
3.1.1. Классификация природных ресурсов по источникам происхождения	73
3.1.2. Классификация природных ресурсов по использованию в производстве	73
3.1.3. Классификация природных ресурсов по степени истощаемости	74
3.2. Состояние природных ресурсов	75

3.2.1. Состояние флоры и фауны	75
3.2.1.1. Основные причины утраты биологического разнообразия	76
3.2.1.2. Защита флоры и фауны	78
3.2.2. Состояние земельных ресурсов	81
3.2.2.1. Деградация почв	82
3.2.2.2. Защита почв от деградации	85
3.2.2.3. Состояние исчерпаемых невозобновимых ресурсов	86
3.2.3. Пути решения проблемы ресурсов полезных ископаемых	90
3.2.3.1. Использование вод и шельфов Мирового океана	90
3.2.3.2. Охрана и рациональное использование недр	91
3.2.3.3. Использование вторичных ресурсов, создание малоотходных технологий	91
3.2.3.4. Использование альтернативных источников энергии	92
4. Экология человека	101
4.1. Человек как биологический вид	101
4.1.1. Антропогенез, его этапы и факторы	104
4.1.2. Среда обитания человека	107
4.1.3. Потребности человека	109
4.2. Демографические проблемы	110
4.2.1. Показатели численности	113
4.2.2. Половозрастные пирамиды	114
4.2.3. Продолжительность жизни	117
4.2.4. Демографическая ситуация в России	118
4.2.5. Урбанизация	121
4.2.6. Управление демографическими проблемами	125
4.2.6.1. Регулирование численности населения через экономическое развитие	125
4.2.6.2. Регулирование численности населения через планирование семьи	128
4.2.6.3. Регулирование численности населения через социально-экономические изменения	128
4.3. Здоровье человека	129
5. Инженерная защита окружающей среды	134
5.1. Основные экологические нормативы	135
5.1.1. Условие безопасности	136
5.1.2. Мониторинг окружающей среды	137
5.2. Защита атмосферы	138
5.2.1. Строение атмосферы	138
5.2.2. Экологические функции атмосферы	139
5.2.3. Источники загрязнения атмосферы	140
5.2.4. Основные загрязнители атмосферного воздуха	140

5.2.5. Экологические последствия загрязнения атмосферы	141
5.2.5.1. Парниковый эффект	141
5.2.5.2. Нарушение озонового слоя.....	145
5.2.5.3. Кислотные дожди	147
5.2.6. Средства защиты атмосферы	148
5.2.6.1. Оборудование для очистки выбросов	149
5.2.6.2. Способы очистки от газо- и парообразных примесей ..	152
5.3. Защита гидросферы.....	153
5.3.1. Водные ресурсы	153
5.3.2. Роль воды	154
5.3.3. Показатели качества воды.....	154
5.3.4. Виды загрязнения воды	156
5.3.4. Экозащитные мероприятия	158
5.4. Защита литосферы.....	162
5.4.1. Основные направления защиты литосферы	162
5.4.2. Утилизация твердых отходов.....	163
6. Нормативные и правовые основы охраны окружающей среды	166
6.1. Основные законы и кодексы в области охраны окружающей среды РФ	166
6.2. Международное экологическое законодательство	167
6.3. Объекты охраны окружающей среды.....	168
6.4. Экологические права и обязанности граждан	168
6.5. Механизмы охраны окружающей среды.....	169
6.6. Государственные органы охраны окружающей среды.....	170
6.7. Экологическое воспитание	172
6.8. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза.....	172
6.9. Экологический мониторинг.....	173
6.10. Экологический контроль	175
6.11. Нормирование в области охраны окружающей среды	176
6.12. Лицензирование видов деятельности	177
6.13. Плата за негативное воздействие на окружающую среду.....	178
6.14. Экологический ущерб	179
6.15. Меры ответственности за нарушения природоохранного законодательства	179
СПИСОК рекомендуемой литературы	186

ВВЕДЕНИЕ

Экология является обязательной дисциплиной, входящей в учебные планы технических вузов. Это связано с необходимостью комплексного решения задач охраны окружающей среды из-за усиливающегося техногенного влияния человечества, которое сопоставимо с геологическими процессами и угрожает существованию всей биосферы. Экологические знания являются одной из ступенек лестницы, ведущей к преодолению экологического кризиса. Экологические знания позволят будущим специалистам понять, что человек и природа – одно целое и принимать экологически правильные решения в профессиональной деятельности.

Дисциплина раскрывает концептуальные основы экологии, формирует знание об эволюции и роли живого вещества в жизни планеты Земля, о свойствах и закономерностях развития биосферы, дает представление о современных экологических проблемах, общих чертах глобального экологического кризиса и путях выхода из него, об источниках и последствиях загрязнения окружающей среды, методах и средствах защиты окружающей среды.

Цель дисциплины – формирование у студентов экологического мировоззрения, то есть обучение грамотному восприятию явлений, связанных с жизнью человека в окружающей его природной среде, формирование современного представления о биосфере, о человеке как части природы, об источниках загрязнения окружающей среды, средствах защиты окружающей среды. В результате изучения экологии специалист должен уметь использовать полученные знания для экологически грамотного принятия решений в своей профессиональной деятельности.

Пособие предназначено для использования студентами всех направлений, изучающих дисциплину «Экология».

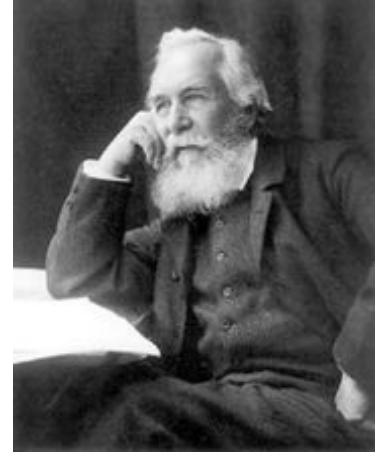
Авторы выражают благодарность инженеру каф. ЭБЖ ИНК Д.М. Карачакову за помощь в подготовке компьютерного макета учебного пособия.

Авторы с благодарностью примут все замечания и пожелания читателей.

1. ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЩЕСТВА И ПРИРОДЫ

Экология – это наука о взаимоотношениях живых организмов и сообществ между собой и с окружающей средой обитания.

Термин «экология» ввел в научный обиход в XIX в. (1866 г.) Эрнст Геккель – немецкий биолог. Слово образовано от двух греческих слов: *οικος* (*ойкос*) – дом, жилище, родина и *λόγος* (*логос*) – наука, и в переводе означает «наука о доме» (или наука об организмах «у себя дома»). Размеры «дома» могут колебаться от небольшого пространства до природной зоны, материка и всей биосферы. «Дом» современного человечества – вся планета Земля, вместе с прилегающим космическим пространством. Образно говоря, экология – это наука о том, как жить в собственном доме, что мы должны делать, если хотим выжить на своей планете.



Эрнст Геккель
(1834–1919 гг.)

Обратимся к истории экологии и экологических идей.

1.1. История развития экологии

Несмотря на то, что термин «экология» был введен только в XIX в., экологические исследования проводились задолго до появления этого термина. Изначально экологические знания были составной частью таких наук как биология, география, химия, физика. В истории развития экологии можно выделить три основных этапа.

Этап 1. Зарождение и становление экологии как науки

... – до 60-х гг. XIX века. На этом этапе накапливались данные о взаимосвязи организмов со средой их обитания, делались первые научные обобщения.

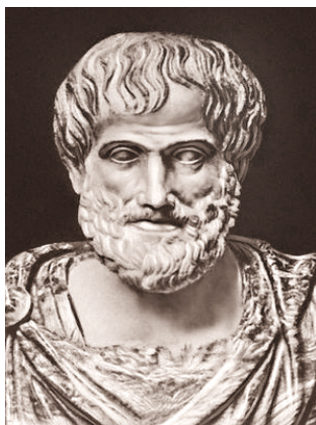
О том, что разные виды животных связаны с определенными условиями, что их численность зависит от урожая семян и плодов, которыми они питаются, наверняка знали древние охотники уже 100 тыс. лет назад. О зависимости растений от внешних условий хорошо знали и первые земледельцы 10–15 тыс. лет назад.

В трудах древнегреческих ученых рассматривались вопросы строения живых организмов, значение среды обитания в их жизни.

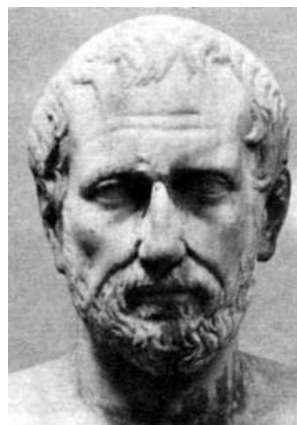
Аристотель (384–322 гг. до н. э.). В работе «История животных» описал более 500 видов животных, классифицируя их по образу жизни

(рассмотрел такие вопросы как приуроченность организмов к местам обитания, одиночная или стайная жизнь, различия в питании).

Теофраст (372–287 гг. до н. э.) – ученик Аристотеля, основоположник географии растений и ботаники. В работе «История растений» описал более 500 видов растений, отмечал зависимость жизненных форм растений от климата и почв.



Аристотель
(384–322 гг. до н.э.)



Теофраст
(372–287 гг. до н.э.)

В средневековье развитие науки в значительной степени сдерживала церковь. Научные исследования сделались невозможными – содержание Библии было провозглашено основой всякого знания, не подвергаемой сомнениям. Научные достижения античного мира постепенно предавались забвению.

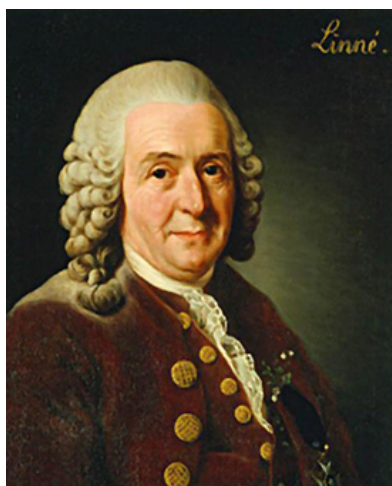
Становлению научного мировоззрения способствовала Эпоха Возрождения. Ей соответствует следующий период: конец XIII–XVI в. Этот период связан с великими географическими открытиями. Путешественники из дальних стран привозили неведомых живых существ и семена неведомых растений. Чтобы разобраться во всем многообразии форм живых существ, необходимо было создать таксономическую систему, таким образом, осмыслить это разнообразие. И в первой половине XVIII в. Карл Линней, шведский естествоиспытатель, создал таксономическую систему животных и растений, принципами которой мы пользуемся и сегодня.

Карл Линней (1707–1778 гг.) – сторонник креационистской концепции в биологии, согласно которой многообразие форм органического мира есть результат их сотворения.

Жан Батист Ламарк (1744–1829 гг.) – французский ученый, автор первого эволюционного учения. Считал, что важнейшей причиной приспособительных изменений организмов, эволюции растений и животных является влияние внешних условий среды. Например, Ламарк так

отмечал роль внешних условий в формировании строения животных: у жирафа сформировалась длинная шея, чтобы доставать листья деревьев; утка имеет перепонки на лапах, чтобы плавать, крот – передние лапы-лопаты, чтобы рыть, а глаза его атрофировались, не нужны. Само живое, по Ламарку, возникло из неживого по воле творца и далее развивалось на основе строгих причинных закономерностей.

Жорж Кювье (1769–1832 гг.) – французский зоолог, полностью отвергал учение Ламарка об изменяемости живой природы. Отстаивая представления о сотворении и неизменяемости видов и отсутствии переходных форм между разными типами организации, для объяснения смены флор и фаун, наблюдаемых в последовательных геологических пластах, им выдвинута теория катастроф. Согласно этой теории, в результате стихийных бедствий на части земного шара погибало все живое, после чего поверхность заселялась новыми формами, пришедшими из других мест.



К. Линней
(1707–1778 гг.)



Ж.Б. Ламарк
(1744–1829 гг.)



Ж. Кювье
(1769–1832 гг.)

Ученые Российской Академии Наук также оказывали влияние на развитие экологии.

Великий русский ученый **Михаил Васильевич Ломоносов** (1711–1765 гг.) рассматривал влияние среды на организм. По останкам вымерших животных (моллюсков и насекомых) он конструировал условия их существования в прошлом и опроверг теорию катастроф Ж. Кювье.

Много путешествий по неизведанным краям России было организовано в XVIII в. Например, наблюдения, выполненные в ходе 9-летних экспедиционных исследований путешественника **Степана Петровича Крашенинникова** (1713–1755 гг.), нашли отражение в его работе «Опи-

сание земли Камчатской»: указывалось на взаимосвязанные изменения климата, растительности и животного мира.

Профессор Московского университета **К.Ф. Рулье** (1814–1858 гг.) четко сформулировал мысль о том, что развитие органического мира обусловлено воздействием изменяющейся внешней среды. Считается, что К.Ф. Рулье в своих трудах заложил основы экологии животных, поставил проблемы адаптации, миграции, изменчивости.



М.В. Ломоносов
(1711–1765 гг.)



С.П. Крашенинников
(1713–1755 гг.)



К.Ф. Рулье
(1814–1858 гг.)

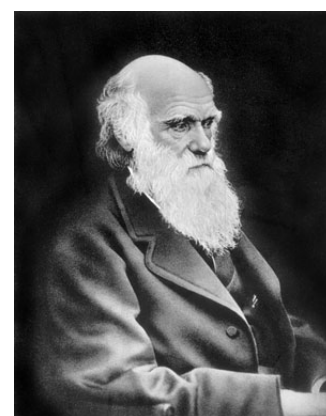
Таким образом, в XVII–XVIII вв. экологические сведения составляли значительную долю во многих биологических описаниях. Приведено лишь несколько примеров.

Этап 2. Оформление экологии в самостоятельную отрасль знаний (60-е гг. XIX в. – 50-е гг. XX в.)

Назовем также несколько фамилий ученых, которые внесли неоценимый вклад в развитие основ экологии на данном этапе.

Мощным толчком для развития экологических идей явилось великое открытие Ч. Дарвина.

Чарльз Дарвин (1809–1882 гг.) в своем основном труде «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859 г.) раскрыл основные факторы эволюции органического мира. В книге «Происхождение человека» (1871 г.) он выдвинул гипотезу происхождения человека от обезьяноподобного предка.



Ч. Дарвин
(1809–1882 гг.)

В основе теории Дарвина лежит *свойство наследственности* – *свойство организмов повторять в ряду поколений сходные типы обмена веществ и индивидуального развития в целом*. Наследственность вместе с изменчивостью обеспечивает постоянство и многообразие форм жизни и лежит в основе эволюции живой природы.

Вскоре после выхода в свет учения Ч. Дарвина в 1866 г. Эрнст Геккель предложил термин для новой науки – «экология», который впоследствии получил всеобщее признание.

Русский ученый **Василий Васильевич Докучаев**, естествоиспытатель (1846–1903 гг.) создал учение о природных зонах и учение о почве, как особом биокосном теле (системе). Идеи В.В. Докучаева положили начало развитию геоботаники и ландшафтной экологии, ведь почва – это неотъемлемый компонент практически всех экосистем суши нашей планеты.



В.В. Докучаев
(1846–1903 гг.)

Как самостоятельная наука экология окончательно сформировалась в начале XX столетия.

В это время оформились экологические школы гидробиологов, фитоценологов, ботаников и зоологов, в каждой из которых развивались определенные стороны экологической науки.

Экология растений разделилась на экологию особей (аутэкологию) и экологию сообществ (синэкологию). Это деление распространилось также на экологию животных.

В 30-х годах XX в. оформилась новая область экологической науки – популяционная экология. Основоположником ее следует считать английского ученого Чарльза Элтона. В своей книге «Экология животных» (1927 г.) Ч. Элтон переключает внимание с отдельного организма на популяцию, которую следует изучать самостоятельно, т. к. на этом уровне выявляются свои особенности экологических адаптаций и регуляций. **Популяция** – это совокупность особей одного вида, объединяемых общей территорией и генофондом. Ч. Элтон в 1927 г. ввел понятие экологическая ниша, сформулировал правило экологических пирамид.



Ч. Элтон
(1900–1991 гг.)

Особую и важнейшую роль в становлении и развитии экологии сыграл великий русский ученый Владимир Иванович Вернадский (1863–1945 гг.) – создатель учения о биосфере, области распространения жизни на нашей планете. Открытие биосферы В.И. Вернадским в начале XX столетия принадлежит к величайшим научным открытиям человечества. В.И. Вернадский доказал, что жизнь на земле – явление общепланетарное и космическое, что биосфера – это вещественно-энергетическая система, обеспечивающая биологический круговорот химических элементов и эволюцию всех живых организмов, включая и человека.



В.И. Вернадский
(1863–1945 гг.)

Таким образом, к 30-м гг. XX века интенсивно развивается экспериментальная и теоретическая база, углубленно изучается состав, структура, функционирование наземных и водных комплексов. Эти исследования привели к выводу о необходимости совместного изучения биоценоза и биотопа.

Экология поднялась на более высокую ступень в результате нового подхода к изучению природных систем: в 1935 г. Артур Тенсли (английский ботаник, 1871–1955 гг.) выдвинул понятие экосистемы. Этот год принято считать годом рождения общей экологии как науки, объектом которой являются не только отдельные виды и популяции видов, но и экосистемы, в которых биоценозы рассматриваются с биотопами как единое целое.



А. Тенсли
(1871–1955 гг.)

Поясним значения основных экологических терминов.

Экологическая система представляет собой взаимосвязанную, единую функциональную совокупность живых организмов и среды обитания.

Совокупность живых организмов, занимающих определенную территорию, называется **биоценозом** и включает три группы живых организмов – растения, животные и микроорганизмы.

Участок биосферы с однородными условиями существования, населенный этими организмами (или неживые компоненты среды) называется **биотопом**.

Таким образом, **экосистема** – это сочетание биоценоза (сообщества живых организмов) и биотопа (неживых компонентов среды обитания), которые связаны между собой обменом веществ и энергии.

Сходные организмы, обитающие в неодинаковых условиях среды, образуют разные экосистемы. Например, сосновый лес в Томской области и на Алтае, в горах.

В 1940 г. Владимир Николаевич Сукачев (советский ботаник, географ, лесовод) обосновал близкое к понятию экосистема представление о биогеоценозе.

Термин биогеоценоз был введен для обозначения природных экосистем. Экосистема и биогеоценоз – близкие понятия, но экосистема – шире. Экосистемой является аквариум с его обитателями, горшок с цветком, а также любые природные системы.



**В.Н. Сукачев
(1880–1967 гг.)**

*Этап 3. Современный этап – превращение экологии
в комплексную науку
(50-е гг. XX в.–до настоящего времени)*

Связан современный этап с прогрессирующим загрязнением окружающей среды и резким усилением воздействия человека на природу.

Современная экология анализирует природные условия (факторы) существования живых организмов, включая человека, и их изменения под влиянием разнообразных преобразующих или разрушающих воздействий. Основным практическим результатом развития экосистемной концепции явилось осознание необходимости перестраивать экономику в соответствии с экологическими законами. Особенностью экологических исследований становится широкое использование математического моделирования процессов, протекающих в биосфере, с целью поддержания ее устойчивости, а также необходимость разработки инженерных решений, направленных на улучшение качества окружающей среды.

Современный период развития экологии связан с именами таких крупных ученых как Ю. Одум, Б. Небел, Н.Н. Моисеев, Н.Ф. Реймерс.

1.2. Структура и задачи экологии

Основной частью экологии является общая экология, которая изучает наиболее общие закономерности взаимоотношений организмов и среды (включая человека как биологическое существо).

Содержание современной экологии лучше всего можно определить, исходя из концепции уровней организации жизни. Основные уровни организации живой материи – ген, клетка, организм, популяция, сообщество расположены в иерархическом порядке: это молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, биогеоценотический и биосферный уровни.

На каждом уровне в результате взаимодействия с окружающей физической средой (энергией и веществом) возникают характерные функциональные системы. Экология изучает главным образом системы выше уровня организма.

В зависимости от того, какой уровень организации живой материи изучается, в составе общей экологии выделяют следующие основные разделы:

- *аутэкология* изучает взаимодействие со средой отдельных особей или видов;
- *популяционная экология* (демэкология) – изучает структуру и динамику популяций;
- *синэкология* (биоценология) изучает сообщества организмов (биоценозы).

Кроме того, экология может классифицироваться:

- *по конкретным объектам исследования*: экология растений, экология животных, экология микроорганизмов, экология водных организмов;
- *в зависимости от среды, местообитания организмов*: экология суши, экология моря, экология пресных вод, экология высокогорий и т. д.;
- *на стыке экологии с другими отраслями знаний* существуют такие направления как инженерная экология, математическая экология, сельскохозяйственная экология, медицинская экология, космическая и т. д.
- Отдельным направлением является экология человека, которая рассматривает взаимоотношения в системе «человеческое общество – природа», взаимодействие антропосистемы и биосферы.

Предметом экологии является изучение законов существования и развития природы, совокупности или структуры связей между организмами и средой, закономерностей реакции природы на воздействие человека, а также предельно допустимых нагрузок на природные системы, которые может позволить себе общество. Главный объект изучения в экологии – экосистемы, являющиеся структурными единицами биосферы.

Из содержания и предмета исследований экологии вытекают и её **основные задачи**:

- изучение динамики популяций;
- учение о биогеоценозах и их системах;
- учение о рациональном освоении окружающей среды и использовании ее ресурсов.

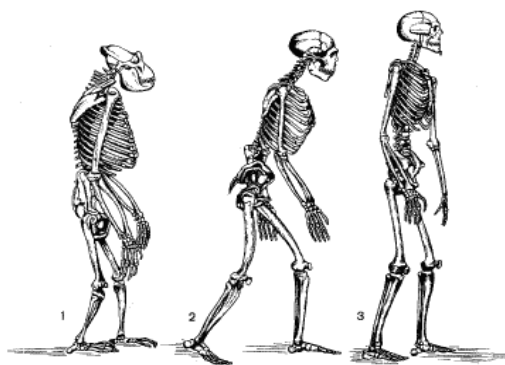
Главная теоретическая и практическая задача экологии заключается в том, чтобы вскрыть законы биocenотических процессов и научиться управлять ими в условиях неизбежной индустриализации и урбанизации нашей планеты.

1.3. Этапы взаимодействия человеческого общества и природы

Рассмотрим, как изменялись взаимоотношения человека и природы по мере развития человеческой цивилизации.

Биосфера возникла около 4 млрд лет назад (в горных породах, сформированных 3,5 млрд лет назад найдены следы первых живых организмов) и за время своего существования прошла путь развития, который называется эволюцией.

Эволюционное отделение ветви, приведшей к появлению современных людей, произошло от 15 до 6 млн лет назад. Основными тенденциями в развитии человека были прямохождение, увеличение объема мозга и усложнение его организации, развитие руки, удлинение периода роста и развития.



Сравнительный ряд скелетов:
1 – горилла; 2 – неандерталец;
3 – современный человек

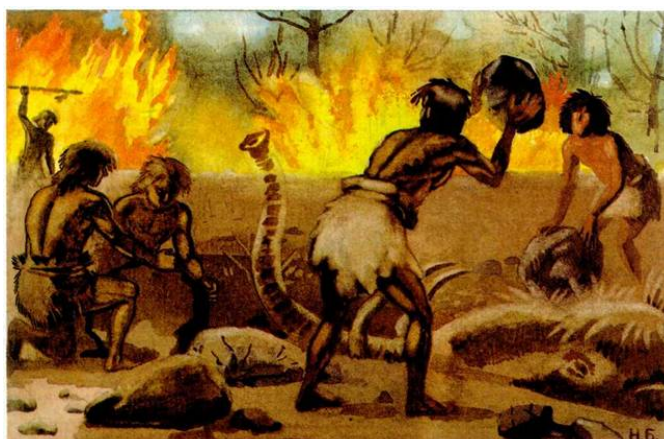


Неандертальцы

Развитая рука с хорошо выраженной хватательной функцией позволила человеку успешно использовать, а затем и изготавливать орудия. Предки человека вели стадный образ жизни, их сообщество было сложно организовано, это способствовало развитию средств коммуникации и, в конечном счете, привело к возникновению речи.

Таким образом, современный человек как биологический вид появился более 40 (до 100) тыс. лет назад. Человеческое общество в своем развитии прошло ряд этапов, на каждом из которых оказывало определенное воздействие на биосферу.

1 этап – этап охотничества-собираательства. Большую часть своего развития человек был охотником-собирателем. Как собиратели люди имели кормовую территорию более 500 га и проходили в сутки 25–30 км. На Земле в то время проживало не более 2 млн чел. Влияние человека на окружающую среду было весьма ограниченным. Но как только первобытные охотники научились пользоваться огнем, они начали разрушительное наступление на окружающую природу: заселили территории с умеренным климатом, использовали огонь для загона и ловли дичи, что вызывало пожары и, как следствие, разрушение растительных сообществ в различных районах земного шара и обеднение видового состава крупных позвоночных.



Охота на мамонта

2 этап – этап аграрной цивилизации – ~10 тыс. лет назад. На этом этапе происходит переход к ведению сельского хозяйства, развивается скотоводство и земледелие. Положительным результатом ведения сельского хозяйства явились следующие события:

- увеличение численности населения;
- возникновение ремесел;
- совершенствование орудий труда;
- зарождение процесса урбанизации.

Первые земледельческие цивилизации возникли в районах недостаточного увлажнения, что привело к созданию оросительных систем. Это вызвало локальные экологические катастрофы в бассейнах рек Тигр и Евфрат, которые привели к ослаблению или гибели государств в результате эрозии и засоления почв.



Развитие сельского хозяйства

Земледелие стало продвигаться на территории достаточного увлажнения, т. е. в зоны лесостепи и леса, в результате началась интенсивная вырубка лесов. Сведение лесов резко сокращает влагооборот, что способствовало увеличению площади пустынь.

Сельское хозяйство развивалось по следующей схеме:
 лес → пастбище → поля сельскохозяйственных культур → пустыни.

Неумелое использование земель, безжалостная эксплуатация пастбищ часто приводила к бесплодности и превращению территорий, отведенных под культурные растения и пастбища, в пустыни. Воздействие человека на биосферу увеличилось во много раз.

Таким образом, негативными последствиями воздействия человека на биосферу на этом этапе являются:

- разрушение экосистем: уничтожение лесов, засоление почв и опустынивание;
- вымирание крупных представителей фауны – конкурентов домашних животных.

Несмотря на изменение экосистем в локальном масштабе, деятельность человека вписывалась в биогеохимический круговорот веществ и не изменяла притока энергии в биосфере. Использовались в основном растительные материалы (биodeградирующие) и металлы, полностью осуществлялось самоочищение вод и земель.

3 этап – этап индустриальной цивилизации. В XIX в. происходит зарождение и развитие промышленности.

Строятся города, улучшается медицинское обслуживание, качество питания, люди получают образование. В результате повышается уровень жизни людей, увеличивается продолжительность жизни.



Современный этап

Отрицательные последствия:

- наблюдается резкий рост населения – демографический взрыв;
- уменьшается разнообразие естественной среды (уничтожаются леса и болота, вытесняются дикие животные из развитых районов);
- нарушается круговорот веществ, так как отходы деятельности человека больше не минерализуются деструкторами. В процессе промышленного производства образуется большое количество веществ, которые невозможно разложить биологическим путем. Эти вещества накапливаются в биосфере, нарушая жизнедеятельность экосистем;
- потребление энергии резко возрастает, что встает вопрос об исчерпаемости запасов угля, нефти и природного газа.

1.4. Современные проблемы экологии

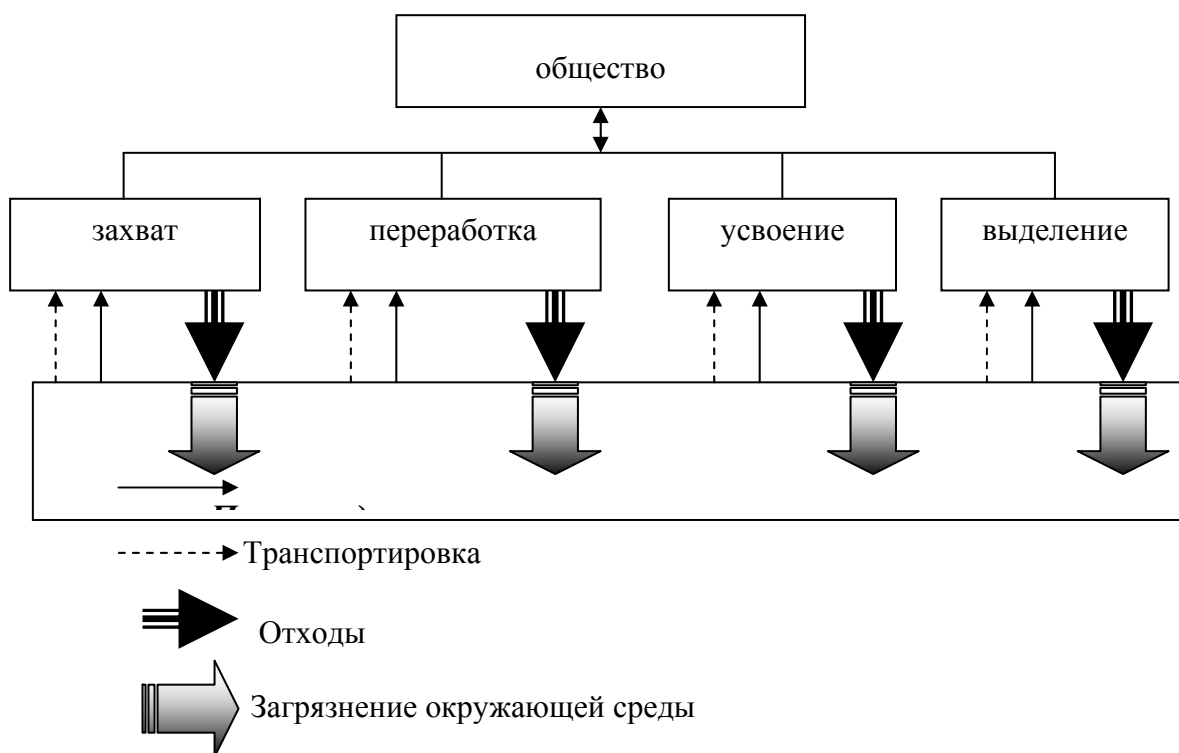
Взаимодействие общества и природы можно представить в виде схемы социального обмена веществ и энергии.

Схема отражает изъятие из природы веществ и энергии, переработку веществ, усвоение обществом переработанных элементов природы, сброс в окружающую среду отходов. На всех этапах взаимодействия общества и природы происходит загрязнение окружающей природной среды, которая, в свою очередь, воздействует на общество.

В настоящее время более 1/3 части суши (~ 60 млн км²) охвачено хозяйственной деятельностью. В результате горных и строительных работ, опустынивания и засоления ежегодно утрачивается от 50 до 70 тыс. км² земель. При строительстве и горных работах перемещается более 4 тыс. км³ породы в год. Из недр земли ежегодно извлекают 100 млрд т руды, сжигают 7 млрд т условного топлива, выплавляют более 800 млн т различных металлов, вносят свыше 500 млн т минеральных удобрений и более 4 млн т химических средств защиты растений, около 1/3 которых

уносится поверхностными стоками в водоемы или задерживается в атмосфере.

Схема социального обмена веществ и энергии



Годовое потребление характеризуется следующими показателями: на каждого человека добывают и выращивают ~20 т сырья, перерабатываемого в продукты массой 2 т, которые непосредственно идут на потребление. Для этого затрачивается 800 т воды. Около 90 % сырья идет в отходы, так же как и основная масса воды. В окружающую среду выбрасываются продукты, чуждые природе, ПАВ, тепло. В процессе переработки сырья возникает множество побочных веществ. Человек умеет синтезировать около 10 млн веществ, производит в больших масштабах ~50 тыс., в особо крупных масштабах ~5 тыс. наименований. При этом, как уже сказано, в отходы уходит ~90 % сырья. Из 2 т конечного продукта в течение того же года выбрасывается не менее 1 т.

Масштабы антропогенного загрязнения на современном этапе развития общества достигли таких размеров, что в большинстве районов нашей планеты, особенно в крупных промышленных центрах, уровни загрязнения существенно превышают санитарно-гигиенические нормы.

Можно дать следующую *характеристику современного состояния биосферы*:

1. Преобразуется облик планеты: уничтожаются леса; истощаются залежи полезных ископаемых; создаются новые водохранилища; на месте первичных биоценозов создаются вторичные агроценозы.

2. Изменяется химический состав воздуха, воды, почвы. Биосфера загрязняется веществами, которые не вовлекаются в круговорот и накапливаются в ней: пестициды, удобрения, отходы промышленности, радиоактивные вещества.

3. Снижаются темпы процесса самоочищения. Главную опасность представляет изменение не количества, а качества отходов, которые не используются микроорганизмами, не распадаются, не окисляются. Вот почему в биосфере снизились темпы природного процесса биологической очистки, процесса самоочищения.

Своей хозяйственной деятельностью люди изменяют биосферу, создают новую среду обитания для всего живого, в том числе и для себя. Но ресурсы биосферы не беспредельны. Биосфера теряет свою способность к восстановлению. Под устойчивостью биосферы понимается способность активной части биосферы – биоты на основе жестких обратных связей гасить возникшее возмущение (*принцип Ле-Шателье* в биологии). На современном этапе биота перестает выполнять принцип Ле-Шателье и теряет устойчивость.

Таким образом, научно-техническая революция и бурный рост промышленного производства в XX в. способствовали не только росту благосостояния человека, но и поставили окружающую среду на грань экологической катастрофы.

Катастрофической является ситуация с существенными необратимыми негативными последствиями, для ликвидации которых требуется принятие инженерных и административных решений. Если после негативного воздействия сохраняется возможность восстановления (хотя бы частичного) нарушенных структурно-функциональных характеристик системы, то состояние соответствует кризисному. Т. е. катастрофа – необратимое явление, кризис – обратимое состояние, в котором человек выступает активно действующей стороной.

Нынешнюю ситуацию можно охарактеризовать как экологический кризис. **Экологический кризис** – стадия взаимодействия между обществом и природой, на которой до предела обостряются противоречия между экономикой и экологией, а способности саморегулирования экосистем в условиях антропогенного воздействия существенно подорваны.

Наша планета уже претерпела несколько экологических кризисов, среди которых можно выделить следующие:

1. Кризис собирательства и обеднения доступных человеку ресурсов промысла, который не привел даже к региональным изменениям окружающей среды (30–50 тыс. лет назад);

2. Экологический кризис в связи с массовым уничтожением крупных животных («кризис консументов»); причиной его стал перепромысел крупных растительноядных животных человеком-охотником, а вместе с крупными растительноядными исчезли и крупные хищники. Этот кризис также не имел ни глобальных, ни региональных последствий (10–50 тыс. лет назад);

3. Следующий кризис – это кризис примитивного земледелия, выразившийся в засолении почв и деградации примитивного поливного земледелия (1,5–2 тыс. лет назад). Это сугубо локальное явление, которое прослеживается в очень небольшом числе мест развития поливного земледелия. На некоторых участках остались следы засоления и эрозии;

4. Так называемый «кризис продуцентов» связывают с массовым уничтожением лесов для освобождения территорий под сельскохозяйственные поля и пастбища, для использования древесины в качестве топлива, для строительства. Следы сведения лесов видны на всем земном шаре. Этот процесс начал развиваться около 2–4 тыс. лет назад и охватил практически всю планету 150–350 лет назад, когда в ходе промышленной революции человечество стало интенсивно использовать минеральные (ископаемые) источники энергии. Несмотря на это, «кризис продуцентов» считается региональным или локальным, т. к. биосфера справлялась с теми выбросами биогенов, которые были связаны с уничтожением биомассы лесов и истощением почвы на сельскохозяйственных угодьях;

5. Современный глобальный кризис связан с глобальным загрязнением биосферы Земли. Его часто называют «кризисом редуцентов», поскольку природные редуценты уже не успевают очищать биосферу от антропогенных отходов или потенциально не способны это делать в силу чуждого природе характера выбрасываемых синтетических веществ. Одновременно с «кризисом редуцентов» проявляется термодинамическое (или тепловое) экологическое напряжение и снижение надежности крупных экологических систем. Связаны эти напряжения с выделением в окружающую среду большого количества тепла, с парниковым эффектом, а также с нарушением природного экологического равновесия.

Экологический кризис вызвал ряд глобальных экологических проблем.

Современные проблемы экологии:

- демографическая проблема (проблема, связанная с ростом населения);
- истощение природных ресурсов;
- проблемы энергетики;
- загрязнение биосферы (кислотные дожди, разрушение озонового слоя, парниковый эффект и др.);
- проблемы здоровья человека.

1.5. Пути выхода из экологического кризиса

Выход из глобального экологического кризиса – важнейшая научная и практическая проблема современности. Существует пять основных направлений для выхода из экологического кризиса:

1. Экологизация технологий (создание экологически чистой технологии, внедрение малоотходных, ресурсосберегающих технологий).
2. Экономизация производств (развитие и совершенствование экономического механизма охраны окружающей среды).
3. Административно-правовое воздействие (применение мер административной и юридической ответственности за экологические правонарушения).
4. Экологическое просвещение (гармонизация экологического мышления, отказ от потребительского отношения к природе).
5. Международно-правовая защита (гармонизация экологических международных отношений).

Опыт человечества показывает, что стремление людей к материальному обогащению и безграничному потреблению ресурсов является естественной чертой человека. С экологических позиций экономический рост представляет собой постоянное и все ускоряющееся увеличение потребления природных ресурсов. При этом прогресс нельзя запретить – он будет сопровождать человека всегда.

Остановить стихийное развитие событий помогут лишь знания. Экологические знания позволяют понять, каким образом происходит воздействие человека на окружающую среду, и найти те пределы изменения условий, которые не допустят экологического кризиса. Т. о., главная цель экологии – вывести человечество из глобального экологического кризиса на путь устойчивого развития, при котором достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения без лишения такой возможности будущих поколений.

Концепция устойчивого развития была принята на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.).

В широком смысле стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между людьми (друг с другом) и между Обществом и Природой. В основе устойчивого развития лежит неразрывность эколого-экономических связей.

В рамках Глобального экологического форума в Рио-де-Жанейро были сформулированы следующие основные принципы о неразрывности эколого-экономических связей:

- экономическое развитие в отрыве от экологии ведет к превращению планеты в пустыню;
- упор на экологию без экономического развития закрепляет нищету и несправедливость.

Переход к устойчивому развитию обеспечивается сбалансированным решением социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущего поколений людей.

Именно движение человечества к устойчивому развитию, в конечном счете, должно привести к формированию предсказанной В.И. Вернадским сферы разума (ноосферы), к достижению гармонии между Обществом и Природой.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое экология? Кто ввел в науку термин «экология»?
2. Назовите этапы исторического развития экологии как науки.
3. Какой вклад в развитие экологии внесли ученые древнего мира?
4. Какова роль отечественных ученых в становлении и развитии экологии?
5. Назовите и охарактеризуйте экологические кризисы в истории человечества.
6. Дайте общую характеристику современного экологического кризиса.
7. Назовите глобальные экологические проблемы.
8. В чем смысл концепции устойчивого развития?
9. Каковы особенности изучения экологии на современном этапе?
10. Почему каждому члену общества необходима экологическая культура и экологическое образование?

2. БИОЭКОЛОГИЯ

2.1. Учение о биосфере

2.1.1. Структура биосферы и ее границы

Термин «биосфера» был предложен и введен в геологию австрийским ученым – геологом и палеонтологом Э. Зюссом (1875 г.). Хотя задолго до этого под другими названиями, в частности, такими как «пространство жизни», «живая оболочка Земли» его содержание рассматривалось многими другими естествоиспытателями, например, Ж.Б. Ламарком. Современное учение о биосфере разработал академик В.И. Вернадский.



Э. Зюсс
(1831 – 1914 гг.)

Биосфера – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Земля сформировалась как планета ~4,7 млрд лет назад. Масса Земли составляет $6 \cdot 10^{21}$ т, объем – $1,083 \cdot 10^{12}$ км³, площадь поверхности $510,2 \cdot 10^6$ км².

Наша планета имеет неоднородное строение и состоит из концентрических оболочек или геосфер – внутренних и внешних. К внутренним геосферам относятся ядро, мантия; а к внешним – литосфера, гидросфера, атмосфера и биосфера.

Литосфера – твёрдая наружная оболочка Земли, состоящая из осадочных пород и расположенных под ними гранитов и базальтов, гидросфера включает в себя все океаны, моря, озёра и реки, атмосфера – газовая оболочка Земли.

В состав биосферы входят верхние слои литосферы, нижний слой атмосферы и вся гидросфера.

Биосфера включает в себя следующие части:

1. АэробIOSфера – нижняя часть атмосферы до нижней границы озонового экрана.
2. Гидробиосфера – вся гидросфера, совокупность всех вод Земли.
3. Литобиосфера – верхние горизонты твердой земной оболочки литосферы (до глубины 3 км на суше и ~1–2 км ниже дна океана).
4. Террабиосфера – поверхность суши, зона обитания наземных растений, и тонкий слой почвы.



Все названные части биосферы связаны между собой сложными круговоротами веществ и энергии. Ни одна из составляющих биосферу оболочек не может развиваться изолированно друг от друга. Любое изменение одной из этих геосфер сказывается на другой.

В пределах указанных частей биосферы выделяют *две категории слоев*:

- 1) собственно биосфера, где живые организмы встречаются регулярно – эубиосфера;
- 2) слои, в которые живые организмы попадают случайно и где они могут временно существовать, но не могут нормально жить и размножаться:
 - парабиосфера (слой, расположенный выше эубиосферы);
 - метабиосфера (слой, расположенный ниже биосферы).

За пределами указанных слоев жизнь невозможна.

Слои, в пределах которых живые организмы не встречаются, называются следующим образом: *аобиосфера* (расположена над парабиосферой) и *абиосфера* (расположена под метабиосферой).

Верхняя граница распространения жизни в атмосфере определяется губительным действием солнечной радиации. Озоновый слой является преградой для мощного УФ-излучения Солнца, губительного для всего живого. Считается, что выше озонового слоя существование жизни без специальной защиты невозможно. Озоновый слой располагается на разной высоте от поверхности Земли. Высота озонового слоя у полюсов оценивается в 7–8 км, у экватора – 17–18 км, максимальная высота, где

встречается озон, равна 45–50 км. Слой максимальной концентрации озона на высоте 22–26 км получил название озонового экрана. Если бы можно было извлечь весь озон, находящийся в атмосфере, и сжать под нормальным давлением, то получился бы слой, покрывающий поверхность Земли с шириной всего 3 мм. Для сравнения, вся сжатая под нормальным давлением атмосфера составляла бы слой в 8 км.

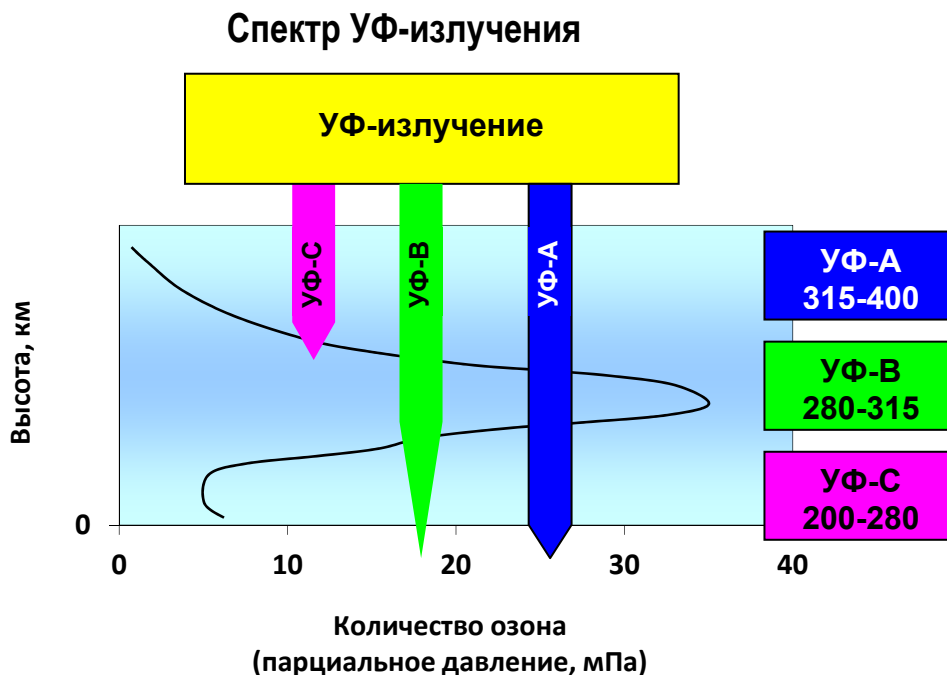


Рис. 2.1. Зависимость проникновения УФ-излучения в атмосферу Земли от концентрации озона

Всю область УФ-излучения (длина световой волны $\lambda = 200\text{--}400$ нм) принято делить на три основных диапазона УФ-С ($\lambda = 200\text{--}280$ нм), УФ-В ($\lambda = 280\text{--}315$ нм), УФ-А ($\lambda = 315\text{--}400$ нм). Считается, что УФ-С-диапазон излучения практически полностью поглощается озоновым слоем атмосферы.

Нижняя граница биосферы (метабиосфера) не опускается ниже 10–15 км. Обусловлена эта величина глубиной гидросферы и повышением температуры в литосфере: на глубине 3–3,5 км температура в земных недрах достигает 100 °С.

С учетом протяженности всех названных слоев мощность биосферы по вертикали оценивается в 33–35 км. Хотя реально границы распространения живых организмов намного уже: общая толщина эубиосферы составляет 12–17 км.

2.1.2. Категории веществ в биосфере

Согласно учению Вернадского В.И. биосфера состоит из нескольких компонентов.

1. Живое вещество – совокупность живых организмов, населяющих планету Земля. Живое вещество или биотические компоненты биосферы включают в себя растения, животные и микроорганизмы. Кроме того, Вернадский включает сюда и человечество, влияние которого на геохимические процессы отличается от воздействия остальных живых существ, во-первых, своей интенсивностью, увеличивающейся с ходом геологического времени; во-вторых, специфичностью воздействия деятельности людей на остальное живое вещество.

В отличие от живых существ, изучаемых в биологии на всех уровнях организации, живое вещество по Вернадскому как биогеохимический фактор косвенно выражается в элементарном химическом составе, массе и энергии.

Суммарная масса живых организмов (биомасса) оценивается в $\sim 2,42 \cdot 10^{12}$ т – это около 0,01 % массы всей биосферы, ~ 97 % из этого количества составляют растения, ~ 3 % – животные.

Места наибольшей концентрации живых организмов в биосфере Вернадский назвал «пленками жизни». Если живое вещество распределить по всей поверхности планеты, то получится слой всего в полтора сантиметра. Эта «пленка жизни» составляет менее 10–6 массы других оболочек Земли и является «одной из самых могущественных геохимических сил нашей планеты».

2. Косное вещество – неживое вещество, которое формируется без участия живых организмов (магматические горные породы).

3. Биокосное вещество – структура из живого и косного вещества, которая создается одновременно живыми организмами и косными процессами, представляя динамические равновесные системы тех и других. Это результат жизнедеятельности живых организмов и небиологических процессов. Примером является почва, состоящая на 93 % из минеральных, косных веществ, на 7 % – из живых и биогенных веществ; природная вода, ил.

4. Биогенное вещество – вещество, создаваемое и перерабатываемое жизнью, т. е. живыми организмами; это вещество, которое возникло в результате разложения остатков живых организмов, но еще не полностью минерализовано (каменный уголь, нефть, торф и др.)

5. Радиоактивное вещество – вещество, находящееся в радиоактивном распаде в форме относительно прочных радиоактивных элементов.

6. Вещество космического происхождения, поступающее на поверхность Земли из космоса (метеориты, космическая пыль).

7. Рассеянные атомы, непрерывно создающиеся из всякого рода земного вещества под влиянием космических излучений. Рассеянными атомами «проникнуто все вещество биосферы».

Все эти семь различных категорий веществ геологически связаны между собой.

2.1.3. Учение Вернадского В.И. о биосфере

Учение Вернадского В.И. о биосфере – это целостное фундаментальное учение, органично связанное с важнейшими проблемами сохранения и развития жизни на Земле, знаменующее собой принципиально новый подход к изучению планеты как развивающейся саморегулирующейся системы в прошлом, настоящем и будущем.

Главнейшие аспекты учения Вернадского:

1. Признание исключительной роли «живого вещества», преобразующего облик планеты. Суммарный результат его деятельности за геологический период времени огромен. По словам В.И. Вернадского, «на земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом». Именно живые организмы улавливают и преобразуют лучистую энергию Солнца и создают бесконечное разнообразие нашего мира.

2. Представление об организованности биосферы, являющейся продуктом сложного превращения вещественно-энергетического и информационного потоков живым веществом за время геологической истории Земли. Организованность проявляется в согласованном взаимодействии живого и неживого, взаимной приспособляемости организма и среды. В.И. Вернадский писал в 1934 г.: «Организм имеет дело со средой, к которой он не только приспособлен, но которая приспособлена к нему».

В.И. Вернадский обосновал также важнейшие представления о формах превращения вещества, путях биогенной миграции атомов (т. е. миграции химических элементов при участии живого вещества), накоплении химических элементов, о движущих факторах эволюции.

2.1.4. Живое вещество. Классификация и функции

Классификация живого вещества по характеру питания (по трофическому статусу)

В любой экологической системе живое вещество по характеру питания или по трофическому статусу представлено двумя группами организмов:

1. Автотрофы – это организмы, которые используют неорганические источники для своего существования, создавая органическую материю из неорганической. К ним относятся фотосинтезирующие зеленые растения, синезеленые водоросли, некоторые хемосинтезирующие бактерии (получающие энергию в результате некоторых химических реакций, эта группа немногочисленна и не играет принципиальной роли в биосфере).

2. Гетеротрофы – потребляют только готовые органические вещества – животные, человек, грибы и др.

Классификация живого вещества по экологическим функциям

Все живые организмы выполняют определенные экологические функции и делятся на три группы.

1. Продуценты – производители органических веществ из неорганических соединений – или продукции, которой потом питаются остальные организмы (т. е. по типу питания это автотрофы). Это наземные зеленые растения, микроскопические водоросли.

2. Консументы – это потребители готовых органических веществ (гетеротрофы). Среди них есть животные, употребляющие только растительную пищу – травоядные (корова), или питающиеся только мясом других животных – плотоядные (хищники), а также употребляющие и то и другое – всеядные (медведь). Человек также является всеядным консументом.

3. Редуценты (деструкторы) – восстановители (разрушители органического вещества), в ходе своей жизнедеятельности разлагают органические остатки до простых неорганических соединений и элементов (например, до CO₂ и H₂O), которыми могут опять питаться продуценты (по типу питания – гетеротрофы). Возвращая в почву или в водную среду биогенные элементы, они, тем самым, завершают биохимический круговорот. Это грибы, бактерии, некоторые насекомые (навозный жук).

Внешняя (солнечная) энергия фиксируется продуцентами для собственных потребностей и для дальнейшего использования животными. Консументы поэтапно изменяют первичное органическое вещество и

извлекают из него энергию. Часть этой энергии тратится на собственную жизнедеятельность, часть в виде тепла уходит во внешнюю среду, и третья часть сохраняется в мертвых остатках. Полученная редуцентами энергия используется на их жизнедеятельность и в итоге рассеивается в разных оболочках биосферы – литосфере, гидросфере, атмосфере, а освобожденные неорганические вещества вновь поступают к продуцентам.

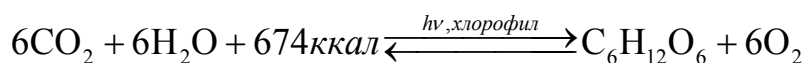
Таким образом, все организмы связаны переносом вещества и энергии, через них и через внешнюю среду совершается глобальный круговорот материи на Земле. Основным источником энергии для поддержания этого круговорота выступает Солнце.

2.1.5. Энергия в экосистемах

Процессы, протекающие в экосистеме (число живых организмов, скорость их развития и т. д.), зависят от циркуляции веществ в экосистеме. Рассмотрим схему, отражающую потоки вещества и энергии в биосфере.

На рисунке приведена упрощенная схема потоков вещества и энергии в экосистеме. Движущей силой всех процессов является солнечная энергия. Зеленые растения-продуценты улавливают солнечную энергию посредством фотосинтеза и используют ее для образования органического вещества.

Непрерывный поток солнечной энергии воспринимается молекулами живых клеток и преобразуется в энергию химических связей. Так, например, при фотосинтезе из простых веществ создается органическое вещество:



Исходными веществами для фотосинтеза служат диоксид углерода атмосферы и вода. Часть синтезируемой при фотосинтезе глюкозы является источником энергии для всех последующих процессов жизнедеятельности растений, в том числе для их роста. Для синтеза более сложных органических веществ растения наряду с первичным строительным материалом – глюкозой – используют неорганические вещества: азотистые, фосфорные, сернистые соединения.

Создаваемые таким образом химические вещества и связанная в них энергия последовательно переходят от одних организмов к другим (от растений к растительноядным животным, затем к плотоядным и т. д.). Этот переход рассматривается как последовательный упорядоченный поток вещества и энергии.

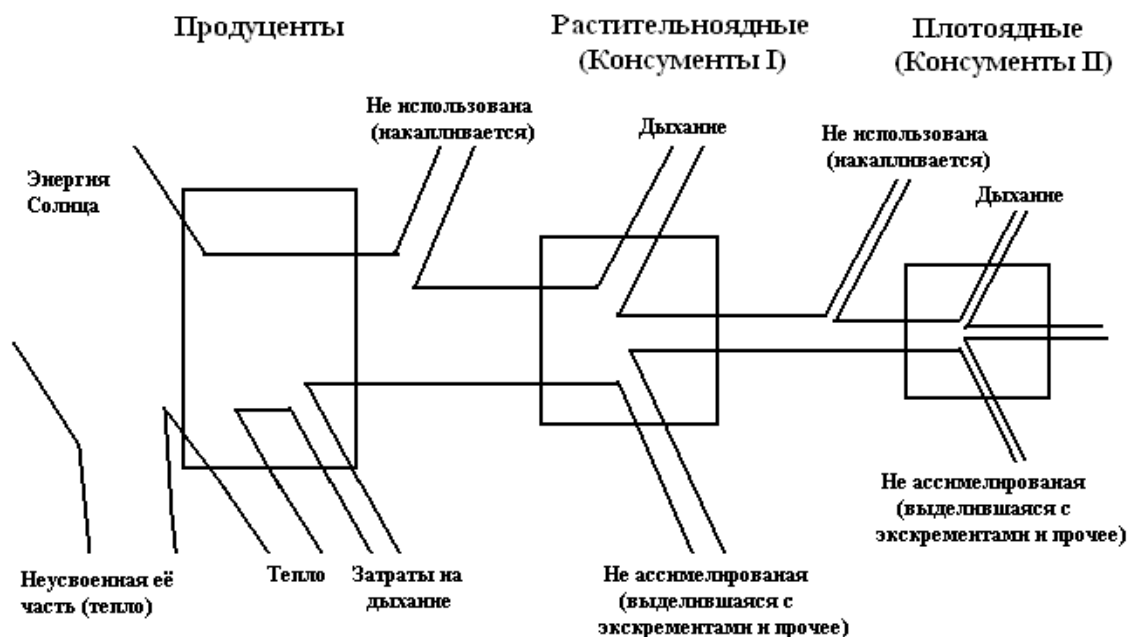


Рис. 2.2. Упрощенная диаграмма потока энергии (по Ю. Одум, 1963)

В любой экосистеме и в биосфере в целом действуют законы термодинамики.

I закон термодинамики – закон сохранения энергии: в любых процессах энергия не создается и не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую или от одного тела к другому. При этом количество энергии, поступающей в экосистему, должно быть равно количеству энергии, покидающей экосистему, и количеству энергии, остающейся в экосистеме.

II закон термодинамики – любое действие, связанное с преобразованием энергии, не может происходить без ее потери в виде рассеянного в пространстве тепла, т. е. 100%-й переход одного вида энергии в другой невозможен.

Другими словами, энергия любой системы стремится к состоянию, называемому термодинамическим равновесием, что равнозначно максимальной энтропии. Энтропия рассматривается как мера неупорядоченности системы.

Часть потенциальной химической энергии пищи, высвобождаясь, позволяет организму осуществлять свои жизненные функции, и при этом теряется в виде тепла, увеличивая энтропию.

Так как в соответствии с законом сохранения энергии общее количество энергии в системе должно быть постоянным, необходим внешний источник энергии – Солнце, за счет поступления энергии Солнца энтропия системы уменьшается. Упорядоченность деградировавших ор-

ганизмов и минеральных веществ повышается в процессе автотрофного питания растений в начале потока энергии (фотосинтез).

Таким образом, биосфера является энергетически незамкнутой системой, в которой идет поглощение энергии из внешней среды. Все живые организмы в процессе своей жизнедеятельности потребляют и рассеивают энергию. Без постоянного поступления свободной энергии извне ни одна живая система не может существовать в течение сколь угодно продолжительного времени. Практически единственным источником такой свободной энергии для Земли является солнечный свет.

2.1.6. Эволюция биосферы

Существует много теорий возникновения жизни на Земле. Среди многочисленных гипотез можно выделить следующие:

1. *Креационизм*, в соответствии с которым жизнь была создана сверхъестественным существом в определенное время.
2. *Теория стационарного состояния*; согласно этой теории Земля никогда не возникала, а существовала вечно; она всегда способна поддерживать жизнь, которая, если и изменялась, то очень мало.
3. *Теория спонтанного зарождения*; ее последователи считали, что жизнь возникала неоднократно из неживого вещества.
4. *Теория панспермии*; сторонники теории панспермии предполагают, что жизнь на нашу планету занесена извне с метеоритами, кометами или даже инопланетянами (НЛО). Астрономические исследования показали, что в составе некоторых метеоритов и комет имеются органические соединения (в частности, аминокислоты), которые могли сыграть роль «семян» при падении на Землю. Однако доводы панспермистов пока не считаются убедительными. Кроме того, эта теория не даёт ответа на вопрос, откуда взялась жизнь в других мирах.
5. *Биохимическая эволюция*. Эта гипотеза кажется наиболее состоятельной. В 20-е годы XX в. гипотеза возникновения жизни на основе химической эволюции была детально разработана российским академиком А.И. Опариным (1894–1980 гг.) и, независимо от него, англичанином Дж. Холдейном (1892–1964 гг.). Согласно этой гипотезе, жизнь возникла из неорганических веществ в несколько этапов, причем химическая эволюция перешла в биологическую эволюцию. Данная теория была проверена опытным путем в 1953 г. американским ученым Стэнли Миллером, который сумел воспроизвести в колбе искусствен-

ный абиогенный синтез органических веществ. Из метана, аммиака, водорода и воды при температуре 80 °С, при высоком давлении и при пропускании электрических разрядов напряжением 60000 В он получил жирные кислоты, мочевины, уксусную кислоту и некоторые аминокислоты.

Но еще никому не удалось опытным путем создать живое существо.

Представление о возникновении и развитии биосферы является важнейшей частью учения Вернадского о биосфере. Современная биосфера возникла не сразу, а в результате длительной эволюции, в процессе постоянного взаимодействия абиотических и биотических факторов.

Основные этапы эволюции биосферы как глобальной среды жизни на Земле мы рассмотрим с точки зрения закономерности и последовательности формирования основных сред жизни.

Солнечная система – Земля, другие планеты и Солнце – образовалась одновременно и как единое целое из пылегазового облака около 5 млрд лет назад. Первоначально температура поверхности Земли была очень высокой. По мере её остывания образовалась твёрдая поверхность (литосфера) 4 млрд л. н. Атмосфера, первоначально состояла из лёгких газов (водород, гелий), эти газы постепенно заменялись более тяжёлыми: водяным паром, углекислым газом, аммиаком и метаном. Когда температура Земли опустилась ниже 100 °С, водяной пар начал конденсироваться, образуя мировой океан.

Атмосферными газами 4 млрд лет назад были метан CH_4 , аммиак NH_3 , пары воды H_2O , углекислый газ CO_2 , водород H_2 , азот N_2 , сероводород H_2S . В атмосфере древней Земли гремели грозы, ее пронизывало мощное УФ-излучение Солнца, на планете извергались вулканы. Под влиянием этих воздействий из первичных соединений образовывались сложные органические соединения, которыми насыщались воды океана.

Белковые молекулы, притягивая молекулы воды, образовывали коллоидные гидрофильные комплексы. Дальнейшее слияние таких комплексов друг с другом приводило к отделению коллоидов от водной среды и формированию сгустков – коацерватных капель.

Коацерваты – это обособленные в растворе органические многомолекулярные структуры. Это еще не живые существа. Их возникновение рассматривают как стадию развития преджизни. На границе между коацерватом и средой выстраивались молекулы липидов – примитивная клеточная мембрана. Предполагается, что коллоиды могли обмениваться молекулами с окружающей средой (что являлось прообразом гетеротрофного питания) и накапливать определённые вещества. Такие комплексы были прообразом будущих клеток.

Наиболее важным этапом в происхождении жизни было возникновение механизма воспроизведения себе подобных и наследования свойств предыдущих поколений. Это стало возможным благодаря образованию сложных комплексов нуклеиновых кислот и белков. Нуклеиновые кислоты, способные к самовоспроизведению, стали контролировать синтез белков, определяя в них порядок аминокислот. А белки-ферменты осуществляли процесс создания новых копий нуклеиновых кислот. Так возникло главное свойство, характерное для жизни – способность к воспроизведению подобных себе молекул.

Примерно 3,5 млрд лет назад появились первые простейшие живые организмы, анаэробные бактерии. Питались эти простейшие органическими веществами, содержащимися в воде. В атмосфере не было кислорода, а, следовательно, и озонового слоя, который мог защитить от жесткого УФ-излучения. Жизнь могла существовать в бескислородной атмосфере только под защитой слоя воды. Слой воды толщиной 2–3 м поглощает кванты жесткого излучения, как и озоновый слой. Таким образом, древнейшая биосфера возникла в гидросфере, существовала в ее пределах и носила гетеротрофный характер. ***Вода является первой средой жизни на Земле.***

По мере истощения первичных запасов органического вещества в воде возникли автотрофные фотосинтетические клетки – синезеленые водоросли. Это *прокариоты* – организмы, не обладающие оформленным клеточным ядром. Побочным продуктом их жизнедеятельности был кислород.

Первые *эукариоты* – живые организмы с обособленным клеточным ядром и внутриклеточными органоидами – могли появиться в результате симбиотического объединения различных прокариотных клеток или путем их постепенного усложнения. Развиваются примитивные многоклеточные организмы – например, нитчатые водоросли. 1,5–2 млрд лет назад произошел мощный популяционный взрыв автотрофных водорослей.

1,4 млрд лет назад происходит расцвет зеленых растений – водорослей. Это привело к избытку кислорода в воде и его выделению в атмосферу. Появляются губки, кораллы, черви, моллюски, первые позвоночные животные – рыбы. ***Формируется вторая среда жизни – живой организм*** (развиваются паразиты).

600 млн лет назад содержание кислорода в атмосфере достигло 0,6 % (современный уровень ~ 21 %). Часть кислорода преобразуется в озон, формируется озоновый экран

В результате выхода растений на сушу резко возрастает концентрация кислорода в атмосфере, становится возможным выход животных

на сушу. *Происходит формирование еще двух сред жизни – почвы и воздушно-наземной среды.*

400–350 млн лет назад концентрация кислорода достигла современного уровня (21 %). В этот период появляется наземная растительность, пресмыкающиеся, происходит бурный рост лесов, затем появляются первые насекомые, крупные животные.

Таким образом, в пределах биосферы сформировались *четыре среды жизни*: две мертвые – вода и воздух, одна биокосная – почва и одна живая – живой организм.

Движущими силами биологической эволюции являются геологические процессы и собственно биологические. Каждая очередная крупномасштабная перестройка земной поверхности влекла за собой неизбежные эволюционные преобразования в живом мире. Каждое новое похолодание приводило к вымиранию неприспособленных организмов. Дрейф материков определил различие темпов и направлений эволюции в изолятах. С другой стороны, прогрессивное развитие и размножение групп растений и животных сказывалось и на самой геологической эволюции. Так, накопление кислорода в атмосфере привело к образованию озонового экрана, что оградило живые организмы от солнечной радиации и изменило уровень эволюционных преобразований. Многие продукты жизнедеятельности организмов оставались навсегда в земных недрах, преобразуя их необратимо. Это и органогенные железные руды, и залежи серы, мела, каменного угля и многое другое. Живое, порожденное из неживой материи, эволюционирует вместе с ней, в едином биогеохимическом потоке вещества и энергии.

Появление человека как биологического вида открывает социальный этап эволюции биосферы.

Ноосфера

Сегодняшний период развития биосферы называется техносферой. Этот этап ставит задачи срочного принятия мер по охране окружающей среды – внедрение малоотходных технологий, оборотного водоснабжения, рационального природопользования.

Следующий этап эволюции биосферы связан с ее переходом под влиянием разумной деятельности человека в состояние ноосферы, т. е. сферы разума. Это сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором развития. Природные процессы обмена веществ и энергии будут контролироваться обществом. Биосфера будет преобразовываться людьми соответственно познанным и освоенным законам ее строения и развития. Именно движение человечества к устойчивому раз-

виту должно привести к достижению гармонии между Обществом и Природой, к формированию предсказанной В.И. Вернадским сферы разума.

Труды В.И. Вернадского позволяют обоснованно ответить на вопрос: что же ноосфера: утопия или реальная стратегия выживания, поскольку в них указан ряд конкретных условий, необходимых для становления и существования ноосферы. Перечислим эти условия.

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

В современном мире часть этих условий выполнена (1–6), некоторые выполнены не полностью (7–12).

Таким образом, мы видим, что имеются все те конкретные признаки и почти все условия, на которые указывал В.И. Вернадский для того, чтобы отличить ноосферу от существовавших ранее состояний биосферы. Процесс ее образования постепенный, и, вероятно, никогда нельзя будет точно указать год или даже десятилетие, с которого переход биосферы в ноосферу можно будет считать завершенным. Но, конечно, мнения по этому вопросу могут быть разные. Сам В.И. Вернадский, замечая нежелательные, разрушительные последствия хозяйствования человека на Земле, считал их некоторыми издержками. Он верил в чело-

веческий разум, гуманизм научной деятельности, торжество добра и красоты. Что-то он гениально предвидел, в чем-то, возможно, ошибался. Ноосферу следует принимать как символ веры, как идеал разумного человеческого вмешательства в биосферные процессы под влиянием научных достижений. Надо в нее верить, надеяться на ее пришествие, предпринимать соответствующие меры.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое биосфера и чем она отличается от других оболочек Земли?
2. Кто впервые ввел в науку термин «биосфера»?
3. Какова структура биосферы?
4. Назовите категории веществ биосферы по В.И. Вернадскому. Приведите примеры.
5. Дайте классификацию живого вещества по типу питания и по экологическим функциям. Приведите примеры различных групп организмов.
6. Каковы важнейшие аспекты учения В.И. Вернадского о биосфере?
7. Что такое ноосфера?
8. Дайте характеристику основных теорий происхождения жизни.

2.2. Организм и среда

Жизнь на Земле существует в виде отдельных организмов.

Живой организм – целостная биологическая система, состоящая из взаимозависимых и соподчиненных элементов, взаимоотношения и особенности строения которых определены их функционированием как целого.

Для живого характерен ряд свойств, таких как самовоспроизведение, целостность и дискретность, рост и развитие, обмен веществ и энергии, наследственность и изменчивость, раздражимость, движение, внутренняя регуляция, специфичность взаимоотношений со средой.

Независимо от строения и размеров организмы всегда обособлены от окружающей их среды, при этом постоянно находятся во взаимодействии с ней.

Среда – весь спектр окружающих организм элементов и условий в той части пространства, где обитает организм, все то, среди чего он живет и с чем взаимодействует. При этом организмы, приспособившись к определенному комплексу конкретных условий, в процессе жизнедеятельности сами постепенно изменяют эти условия, т. е. среду своего существования.

Составные части и свойства среды многообразны и изменчивы. Окружающая среда складывается из множества динамичных во времени условий, которые рассматриваются в качестве экологических факторов.

2.2.1. Классификация экологических факторов

Экологические факторы – это определенные условия и элементы среды, которые оказывают специфическое воздействие на живой организм. Организм реагирует на действие экологических факторов приспособительными реакциями. Экологические факторы определяют условия существования организмов.

Классификация экологических факторов (по происхождению)



1. Абиотические факторы – это совокупность факторов неживой природы, влияющих на жизнь и распространение живых организмов. Среди них различают:

1.1. *Физические факторы* – такие факторы, источником которых служит физическое состояние или явление (например, температура, давление, влажность, движение воздуха и др.).

1.2. *Химические факторы* – такие факторы, которые обусловлены химическим составом среды (соленость воды, содержание кислорода в воздухе и др.).

1.3. *Эдафические факторы (почвенные)* – совокупность химических, физических, механических свойств почв и горных пород, оказывающих воздействие как на организмы, для которых они являются средой обитания, так и на корневую систему растений (влажность, структура почвы, содержание биогенных элементов и др.).

2. Биотические факторы – совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую компоненту среды обитания.

2.1. *Внутривидовые взаимодействия* характеризуют взаимоотношения между организмами на популяционном уровне. В основе их лежит внутривидовая конкуренция.

2.2. **Межвидовые взаимодействия** характеризуют взаимоотношения между различными видами, которые могут быть благоприятными, неблагоприятными и нейтральными. Обозначим характер воздействия знаком + (положительный результат взаимодействия), знаком – (отрицательный результат), 0 – нейтральный результат. Тогда возможны следующие типы комбинаций межвидовых взаимоотношений:

00 нейтрализм – оба вида независимы и не оказывают никакого действия друг на друга; в природе встречается редко (белка и лось, живущие в одном лесу и не контактирующие друг с другом);

+0 комменсализм – форма взаимодействия, при которой один вид извлекает пользу, а для другого такое взаимодействие безразлично; (крупные млекопитающие (собаки, лисы, олени) служат разносчиками плодов и семян растений (репейник), не получая ни вреда, ни пользы);

–0 аменсализм – один вид испытывает от другого угнетение роста и размножения, другой же не получает ни вреда, ни пользы; (светлюбивые травы, растущие под елью, страдают от затенения, а дереву это безразлично);

++ симбиоз – взаимовыгодные отношения:

– **мутуализм** – виды не могут существовать друг без друга; *лишайник*; Тело лишайника состоит из густого сплетения грибных нитей и разбросанных между ними клеток водоросли.

– **протокооперация** – совместное существование выгодно обоим видам, но не является обязательным условием выживания; *опыление пчелами разных луговых растений*;

– – **конкуренция** – каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное воздействие. Многие виды животных и растений, особенно близкие по своим экологическим особенностям, могут конкурировать за пищу, воду или свет. В результате конкуренции один вид может полностью вытеснить другой из экосистемы; *растения конкурируют между собой за свет и влагу*.

+– хищничество – такие отношения, при которых особи одного вида поедают особей другого; *хищный вид питается своей жертвой*; Хищники встречаются не только в животном царстве. Растущая на бедных болотистых почвах росянка в качестве дополнительного источника питания использует насекомых. Ее листья покрыты волосками с липкими каплями. Насекомые садятся на лист и прилипают к нему. Растение выделяет ферменты, переваривающие насекомое.

+– паразитизм – один из видов получает из организма другого питательные вещества, принося ему вред, но не вызывая его немедленной гибели.

2.3. Воздействие на неживую природу (микроклимат). Например, в лесу под влиянием растительного покрова создаётся особый микроклимат, или микросреда, где по сравнению с открытым местообитанием создаётся свой температурно-влажностной режим: зимой здесь на несколько градусов теплее, летом – прохладнее и влажнее. Особая микросреда создаётся также в кроне деревьев, в норах, в пещерах и т. п.

3. Антропогенные факторы – факторы, порожденные деятельностью человека и воздействующие на окружающую природную среду.

Хозяйственная деятельность человека является мощнейшим фактором воздействия на среду обитания живых организмов, причем сила этого воздействия постоянно нарастает и во многих случаях значительно превышает силу воздействия других факторов. К числу наиболее интенсивно действующих антропогенных факторов можно отнести загрязнение атмосферы, водоемов и поверхности суши отходами промышленного производства, вырубку лесов, оказывающую влияние на состояние почвы и режим водоемов, интенсивный выпас скота, приводящий к нарушению биотических связей в луговых экосистемах, распашку земель, строительство гидротехнических сооружений и ряд других. Под влиянием деятельности человека происходит быстрая смена биоценозов, в результате численность многих видов животных и растений сокращается вплоть до их полного исчезновения.

Кроме представленной классификации экологические факторы подразделяются на периодические и непериодические, что имеет значение при изучении приспособленности организмов к условиям жизни. Большинство факторов качественно и количественно изменяется во времени. Например, климатические факторы (температура, освещённость и др.) меняются в течение суток, сезона, по годам. Факторы, изменение которых во времени повторяется регулярно, называют *периодическими*. К ним относятся не только климатические, но и некоторые гидрографические – приливы и отливы, некоторые океанские течения. Факторы, возникающие неожиданно (извержение вулкана, нападение хищника и т. п.) называются *непериодическими*.

2.2.2. Закономерности действия экологических факторов

Экологические факторы динамичны, изменчивы во времени и пространстве. Влияние экологических факторов на живые организмы характеризуется некоторыми количественными и качественными закономерностями.

Немецкий агрохимик Ю. Либих, наблюдая за влиянием на растения химических удобрений, обнаружил, что ограничение дозы любого из

них ведет к замедлению роста. Эти наблюдения позволили ученому сформулировать правило, которое носит название закона минимума (1840 г.).

Закон минимума: жизненные возможности организма (*урожай, продукция*) зависят от фактора, количество и качество которого близко к необходимому организму или экосистеме минимуму (*несмотря на то, что другие факторы могут присутствовать в избытке и не использоваться в полной мере*).

Те же самые вещества, находясь в избытке, также снижают урожай. Продолжая исследования, в 1913 г. американский биолог В. Шелфорд сформулировал закон толерантности.

Закон толерантности: *жизненные возможности организма определяются экологическими факторами, находящимися не только в минимуме, но и в максимуме, то есть определять жизнеспособность организма может как недостаток, так и избыток экологического фактора.* Например, недостаток воды затрудняет ассимиляцию минеральных веществ растением, а избыток вызывает гниение, закисание почвы.

Факторы, сдерживающие развитие организма из-за их недостатка или избытка по сравнению с потребностью (оптимальным содержанием), называются *лимитирующими*.

В характере воздействия экологических факторов на организм и в ответных реакциях можно выявить ряд общих закономерностей, которые укладываются в некоторую общую схему действия экологического фактора на жизнедеятельность организма.

На рис. 2.3 по оси абсцисс отложена интенсивность фактора (например, температура, освещенность и т. д.), а по оси ординат – реакция организма на воздействие экологического фактора (например, скорость роста, продуктивность и т. д.).

Действие экологического фактора характеризуется наличием трех зон:

- 1 – зона оптимума или зона нормальной жизнедеятельности;
- 2 – зоны угнетения (зона минимума и зона максимума) – зоны нарушения жизнедеятельности вследствие недостатка или избытка фактора;
- 3 – зоны гибели.

При значениях фактора, соответствующих зонам минимума и максимума, организм может жить, но не достигает расцвета (стрессовые зоны).

Диапазон экологического фактора между минимальным и максимальным значениями, в пределах которого возможна выживаемость организма, называется пределом толерантности.

Толерантность – способность организма выносить отклонения значений экологических факторов от оптимальных для него значений.

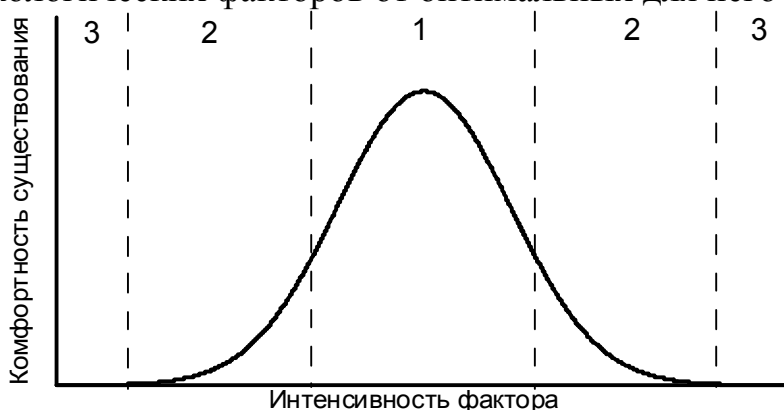


Рис. 2.3. Схема действия экологического фактора на живые организмы

Закон толерантности дополняют ряд положений (Ю. Одум):

- Организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий диапазон в отношении другого;
- Организмы с широким диапазоном толерантности в отношении всех экологических факторов обычно наиболее распространены;
- Диапазон толерантности может сузиться и в отношении других экологических факторов, если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для организма;
- Многие факторы среды становятся ограничивающими в особо важные (критические) периоды жизни организмов, особенно в период размножения.

2.2.3. Адаптация живых организмов

Динамичность экологических факторов во времени и пространстве зависит от астрономических, гелиоклиматических, геологических процессов, которые выполняют управляющую роль по отношению к живым организмам. Животные и растения вынуждены приспосабливаться к множеству факторов непрерывно изменяющихся условий жизни.

Процесс приспособления организма к определенным условиям окружающей среды называется **адаптацией**. Особи, не приспособленные к данным или изменяющимся условиям, вымирают.

Основные типы адаптации:

- поведенческая адаптация (затаивание у жертв, выслеживание добычи у хищников);
- физиологическая адаптация (зимовка – спячка, миграция птиц);

- морфологическая адаптация (изменение жизненных форм растений и животных – у растений в пустыне нет листьев, у водных организмов строение тела приспособлено к плаванию).

2.2.3. Экологическая ниша

Каждый отдельный вид может существовать в пределах определенной совокупности значений экологических факторов.

Экологическая ниша – это совокупность всех факторов и условий среды, в пределах которых может существовать вид в природе. Экологическая ниша определяет не только положение вида в пространстве, но и его функциональную роль в сообществе, а также его положение относительно абиотических факторов.

Фундаментальная экологическая ниша определяется физиологическими особенностями организмов.

Реализованная ниша представляет собой условия, при которых вид реально встречается в природе, это часть фундаментальной ниши.

2.2.4. Характеристика абиотических факторов

Рассмотрим экологические факторы, характерные для трех основных сред обитания – наземно-воздушной, водной и почвенной.

Абиотические факторы наземной среды (климатические)

Температура является важнейшим климатическим фактором. От нее зависит интенсивность обмена веществ организмов и их географическое распространение. Любой организм способен жить в пределах определенного диапазона температур. И хотя для разных видов организмов эти интервалы различны, для большинства из них зона оптимальных температур, при которых жизненные функции осуществляются наиболее эффективно, сравнительно невелика. Нижний предел выносливости по отношению к температуре лимитируется точкой замерзания внутриклеточной жидкости, при достижении которой клетка обычно физически повреждается и гибнет в результате образования кристаллов льда. В Антарктиде, при температуре до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ обитают отдельные виды водорослей, лишайники, пингвины. Некоторые организмы в состоянии анабиоза, когда клетки и ткани обезвоживаются и все жизненные процессы приостанавливаются или полностью прекращаются, выдерживают температуры, приближающиеся к абсолютному нулю ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Верхний предел накладывает процесс денатурации ферментов. Хотя отдельные виды микроорганизмов, главным образом, бактерии и во-

доросли способны жить и размножаться при высоких температурах, близких к температуре кипения воды.

Свет – это первичный источник энергии, без которого невозможна жизнь на Земле. Свет участвует в процессе фотосинтеза, обеспечивая создание растительностью органических соединений из неорганических. В этом заключается его важнейшая экологическая функция. В фотосинтезе участвует лишь часть спектра с длиной волны λ в пределах от 380 до 760 нм, которую называют *областью физиологически активной радиацией*.

Инфракрасное излучение ($\lambda > 760$ нм) воспринимается всеми организмами как тепло. Воздействуя на тепловые центры нервной системы животных, эти лучи регулируют окислительные процессы и двигательные реакции в отношении источников тепла.

Ультрафиолетовые лучи ($\lambda < 380$ нм) в умеренных дозах стимулируют рост и размножение клеток, способствуют синтезу биологически активных веществ и тем самым повышают устойчивость к болезням. Короткие волны этого излучения ($\lambda = 200\text{--}320$ нм) обладают канцерогенным действием, но большая часть их поглощается озоновым слоем атмосферы. До поверхности Земли доходят в основном волны с длиной волны более 300 нм.

Интенсивность освещения имеет важное значение для живых организмов, особенно для растений. Так, по отношению к освещенности растения подразделяются на светолюбивые, которые не выносят тени – это растения открытых, хорошо освещаемых мест: береза белая подсолнечник; тенелюбивые, которые не выносят яркого солнечного света: зеленый мох папоротники, хвощи; теневыносливые, имеющие широкий диапазон толерантности, хорошо растут на свету, но и переносят затенение. Это большинство лесных растений – клены, липа, лианы, многие травы, кустарнички. На интенсивность света влияет широта местности, время дня и года, характер рельефа, наклон поверхности по отношению к горизонтали и т. д.

Организмы физиологически адаптированы к смене дня и ночи. Практически у всех живых организмов существуют суточные ритмы активности, связанные со сменой дня и ночи. Также организмы приспособлены к сезонным изменениям длины дня (начало цветения, созревания).

Для животных световой режим не является таким необходимым экологическим фактором, но он необходим для ориентации в пространстве.

Количество осадков. Осадки определяют перемещение и распространение вредных веществ в окружающей среде, являясь одним из звеньев круговорота воды на Земле.

Для живых организмов важнейшим лимитирующим фактором является распределение осадков по сезонам года. Этот фактор определяет разделение экосистем на лесные, степные и пустынные. Так, если количество осадков составляет > 750 мм/год – формируются леса, $250\text{--}750$ мм/год – степи, саванны, < 250 мм/год – пустыни. Максимальное количество осадков характерно для тропических влажных лесов и составляет примерно 2500 мм/год, минимальное количество зарегистрировано в пустыне Сахара – $0,18$ мм/год.

Среди других климатических факторов, оказывающих существенное воздействие на живые организмы, можно назвать влажность воздушной среды, движение воздушных масс (ветер), атмосферное давление, высота над уровнем моря, рельеф местности.

Абиотические факторы почвенного покрова

Абиотические факторы почвенного покрова называют эдафическими (от греч. *edaphos* – почва).

Почва – это особое природное образование, возникшее в результате изменения поверхностного слоя литосферы совместным воздействием воды, воздуха и живых организмов. Почва является связующим звеном между биотическим и абиотическим факторами биогеоценоза.

Важнейшее свойство почвы – плодородие, то есть ее способность удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе и других факторах, и на этой основе обеспечивать урожай сельскохозяйственных культур, а также продуктивность диких форм растительности.

Свойства почвы

Физические характеристики: структура, пористость, температура, теплоемкость, влажность.

Механическая структура почвы имеет очень большое значение для сельского хозяйства, определяет усилия, требуемые для обработки почвы, необходимое количество поливов и т. д. Обычно частицы, составляющие почву, делят на глину (мельче $0,002$ мм в диаметре), ил ($0,002\text{--}0,02$ мм), песок ($0,02\text{--}2,0$ мм) и гравий (больше 2 мм). Хорошие почвы содержат примерно одинаковое количество песка и глины; они называются суглинками. Преобладание песка делает почву более рассыпчатой и лёгкой для обработки; с другой стороны, в ней хуже удерживается вода и питательные вещества. Глинистые почвы плохо дренируются, являются сырыми и клейкими, но содержат много питательных веществ и не выщелачиваются. Каменистость почвы (наличие крупных частиц) влияет на износ сельскохозяйственных орудий.

Химические характеристики: химический состав, реакция среды, степень засоления.

$pH = -\lg H$, $pH = 7$ – нейтральная среда, $pH < 7$ – кислая, $pH > 7$ – щелочная.

По химическому составу минеральной компоненты почва состоит из песка и алеврита (формы кварца (кремнезёма) SiO_2 с добавками силикатов ($Al_4(SiO_4)_3$, $Fe_4(SiO_4)_3$, Fe_2SiO_4) и глинистых минералов (кристаллические соединения силикатов и гидроксида алюминия)).

Биологические характеристики: живые организмы черви, населяющие почву (грибы, бактерии, водоросли).

Абиотические факторы водной среды

Плотность. Водная среда очень своеобразна, например, плотность воды в 800 раз больше плотности воздуха, а вязкость – в 55 раз. Это влияет на образ жизни и жизненные формы ее обитателей. Плотность как экологический фактор определяет условия передвижения организмов, причем некоторые из них (головоногие моллюски, ракообразные и т. д.), обитающие на больших глубинах, могут переносить давление до 400–500 атмосфер.

Теплоемкость. Обладая высокой теплоемкостью, вода является главным приемником и аккумулятором солнечной энергии.

Подвижность способствует поддержанию относительной гомогенности физических и химических свойств.

Температура. Температурная стратификация (изменение температуры по глубине) оказывает влияние на размещение в воде живых организмов, на перенос и рассеивание примесей. Существуют периодические изменения температуры воды (годовые, суточные, сезонные).

Прозрачность воды зависит от содержания взвешенных веществ. От прозрачности зависит фотосинтез растений. Световой режим играет важную роль в распределении водных организмов. Так, водоросли в океане обитают в освещаемой зоне, чаще всего на глубине до 40 м, а если прозрачность воды велика, то и до 200 м.

Соленость. Содержание в воде карбонатов, сульфатов, хлоридов имеет большое значение для живых организмов. В пресных водах солей мало, в основном это карбонаты. В морских водах преобладают сульфаты и хлориды. Содержание солей в водах Мирового океана – 35 г/л, в Черном море – 19, в Каспийском море – 14, в Мертвом море – 240 г/л.

Пресноводные виды не могут обитать в морях, а морские – в реках. Однако, такие рыбы, как лосось, сельдь всю жизнь проводят в море, а для нереста поднимаются в реки.

2.3. Популяции: структура и динамика

Популяция – это совокупность особей одного вида, объединяемых общей территорией и генофондом, т. е. более или менее изолированная в пространстве и во времени от других аналогичных совокупностей одного и того же вида и способная к самовоспроизведению. Популяция является основным элементом каждой экосистемы. Свойства популяции значительно отличаются от свойств отдельных особей, например, толерантность (устойчивость) к факторам среды значительно шире.

Каждая популяция характеризуется количественными показателями. Количественные показатели популяции разделяются на статические и динамические.

Статические показатели характеризуют состояние популяции в какой-то определенный момент времени. Это такие показатели как численность, плотность и показатели структуры.

Численность популяции – это общее количество особей (животных или растений) на данной территории или в данном объеме.

Плотность – число особей, приходящихся на единицу занимаемого пространства (кол-во чел/км², кол-во рыб/м³) (это численность популяции, отнесенная к единице занимаемого пространства). Зная изменение плотности во времени или пространстве, можно установить, увеличивается или уменьшается численность особей.

Показатели структуры. Каждая популяция имеет определенную структуру. Структура может быть

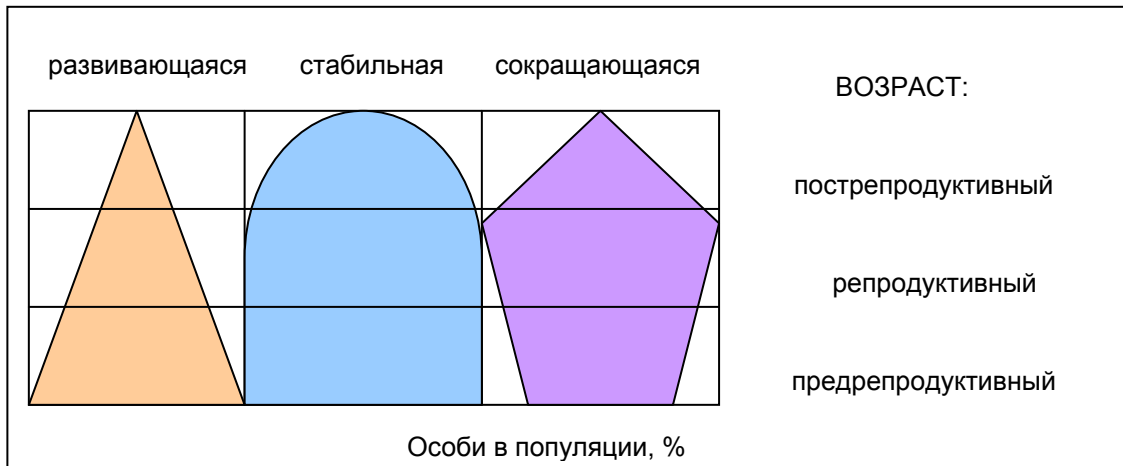
- возрастной, т. е. показывать соотношение количества особей разного возраста;
- половой – отражает соотношение полов;
- пространственной – отражает характер размещения и распределения отдельных особей популяции и их группировок на популяционной территории (*ареале*). Различают скученное (неравномерное), случайное, равномерное распределение особей в популяции.

Возрастная структура популяции характеризует общее количество представленных в ней возрастных групп и соотношение их численности или биомассы.

Выделяют три экологические возрастные группы:

1. Предрепродуктивная (молодые особи).
2. Репродуктивная (взрослые особи).
3. Пострепродуктивная (старые особи).

Виды популяций



В быстрорастущих, развивающихся популяциях доминируют молодые особи. В стабильных популяциях соотношение молодых и взрослых особей равно примерно 1:1. В деградирующих, сокращающихся популяциях преобладают старые особи, неспособные к интенсивному размножению.

С течением времени в пределах одной и той же популяции могут происходить значительные изменения возрастной структуры. В таких случаях «включаются механизмы», автоматически возвращающие популяцию к некоторому нормальному для данной популяции возрастному распределению. Популяции, включающие множество возрастных групп, в меньшей степени подвержены воздействию факторов, влияющих на размножение в конкретном году. Однако, следы изменений условий жизни сохраняются в облике сложных популяций гораздо дольше, чем у простых.

Для роста численности популяций большое значение имеет соотношение особей по полу. Генетический механизм обеспечивает примерно одинаковое соотношение особей разного пола при рождении. Однако исходное соотношение нарушается в результате различных физиологических, поведенческих и экологических реакций самцов и самок, вызывающих неравномерную смертность.

Динамические показатели характеризуют процессы, протекающие в популяции за некоторый промежуток времени. Это рождаемость, смертность, скорость роста популяции.

Рождаемость – это число особей ΔN_n , родившихся в популяции за некоторый промежуток времени Δt :

$$P = \Delta N_n / \Delta t.$$

Смертность – это число особей ΔN_m , погибших в популяции за некоторый промежуток времени Δt :

$$C = \Delta Nm / \Delta t.$$

Для сравнения рождаемости и смертности в разных популяциях используют удельные показатели.

Удельная рождаемость – отношение рождаемости к исходной численности N

$$b = P/N = \Delta Nn/N\Delta t.$$

Удельная смертность – отношение смертности к исходной численности:

$$d = C/N = \Delta Nm/N\Delta t.$$

Скорость изменения численности популяции: $\Delta N/\Delta t$.

Удельная скорость изменения численности:

$$r = b - d.$$

Если $b = d$, то $r = 0$, и популяция находится в стационарном состоянии. Если $b > d$, то $r > 0$, имеем рост популяции. Если $b < d$, то $r < 0$, имеем снижение численности.

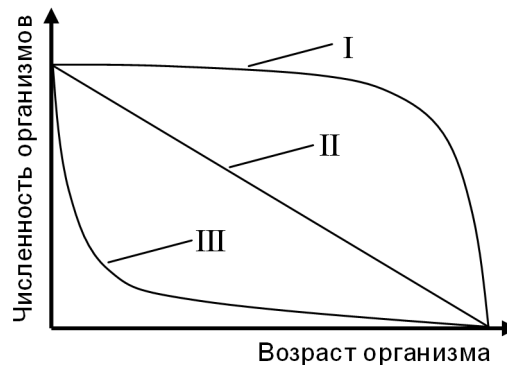


Рис. 2.4. Кривые выживания

Численность популяций определяется двумя противоположными процессами – рождаемостью и смертностью.

Смертность и рождаемость особей изменяются с возрастом и оказывают большое влияние на численность популяции. Существуют виды, у которых смертность в раннем возрасте бывает большей, чем у взрослых особей, а бывает и наоборот. При одной и той же рождаемости, чем выше смертность, тем ниже численность популяции и наоборот. Фактической характеристикой состояния популяции является выживаемость. Это доля особей в популяции, доживших до определенного момента времени. Зависимость числа выживших особей от времени (или возраста) называют **кривыми выживания**. Кривые выживания подразделяют на три основных типа:

1) Кривая I типа – выпуклая кривая, характерна для видов, у которых на протяжении всей жизни смертность мала и резко возрастает в конце жизни (дрозофила, человек, крупные млекопитающие).

- 2) Кривая II типа – диагональная, характерна для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни (гидра, чернохвостый олень, птицы).
- 3) Кривая III типа – вогнутая кривая, характерна для видов с высокой смертностью в начальный период жизни (устрицы, рыбы).

Форма кривых выживания часто меняется при изменении плотности популяции. Например, при увеличении плотности организмов их смертность возрастает, а кривая выживания становится более вогнутой.

2.3.1. Динамика роста численности популяций

Жизнь популяции проявляется в ее динамике, наиболее значимом биологическом и экологическом явлении.

Динамика популяции – это процессы изменения ее основных биологических характеристик во времени. Можно выделить два основных типа кривых роста численности популяции.

1. Экспоненциальный рост численности (*J*-образная кривая):

$$N_t = N_0 e^{rt},$$

где N_t – численность популяции в момент времени t , N_0 – численность популяции в начальный момент времени t_0 , e – основание натурального логарифма, r – показатель, характеризующий темп размножения особей в данной популяции (удельная скорость изменения численности).

Если $r > 0$, то численность популяции растет, при $r < 0$ – сокращается. Экспоненциальный рост возможен лишь при отсутствии лимитирующих факторов. Такой рост в природе не происходит, либо происходит в течение очень непродолжительного времени (например, популяции одноклеточных организмов, водорослей, мелких ракообразных при благоприятных условиях размножаются по экспоненциальному закону). Это рост численности особей в неизменяющихся условиях.

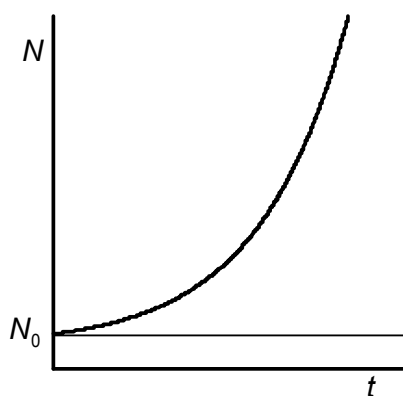


Рис. 2.5. *J*-образная кривая роста численности популяции

Воздействие экологических факторов на скорость роста популяции может довести численность популяции до стабильной ($r = 0$) или уменьшить ее, т. е. экспоненциальный рост замедляется или останавливается. J -образная кривая превращается в S -образную.

2. Логистическая кривая роста (S -образная кривая): скорость роста популяции линейно снижается по мере роста численности до 0 при некоторой предельной численности K . K – поддерживающая емкость среды, максимальный размер популяции, которая может существовать в данных условиях, удовлетворяя свои потребности неопределенно долго. При $N_0 r = \max$, а при $N = K$ $r = 0$. В дифференциальной форме логистическое уравнение выглядит следующим образом:

$$\frac{dN}{dt} = rN(K - N) / K .$$

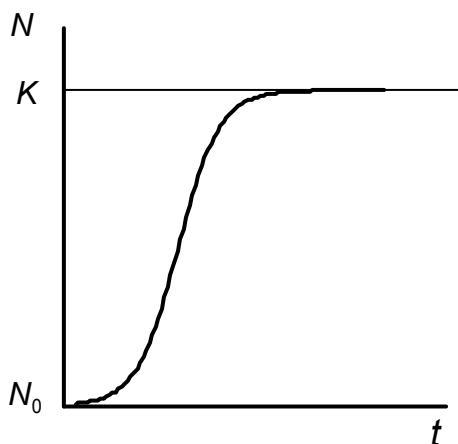


Рис. 2.6. S -образная кривая роста численности популяции

По достижении заключительной фазы роста размеры популяции продолжают колебаться от поколения к поколению вокруг некоторой более или менее постоянной величины. Следует отметить, что численность одних видов изменяется нерегулярно с большой амплитудой колебаний (насекомые-вредители, сорняки и т. д.), колебания численности других видов имеют относительно постоянный период, существуют также популяции с незначительным колебанием численности видов от года к году. В природе в основном встречаются три вида колебаний численности популяций: относительно стабильный, скачкообразный, циклический (рис. 2.7).

Кривая 1. Стабильные популяции. Такое постоянство встречается нередко в природе, например в тропических лесах, где климатические условия меняются крайне мало.

Кривая 2. Правильный циклический характер. Например, колебания связанные с сезонными изменениями климата: комары, цветы на

полях; система «хищник – жертва»; циклические колебания численности леммингов (травоядный грызун в северной Америке и Скандинавии).

Кривая 3. Скачкообразный рост численности. Например, это характерно для енотов, имеющих относительно стабильную численность, но время от времени происходит всплеск численности. Такой всплеск связан с временным повышением емкости среды (улучшение климатических условий, питания, резкое уменьшение численности хищников).

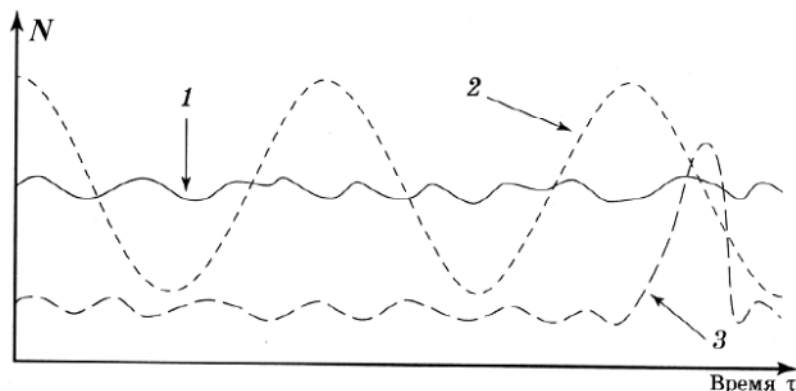


Рис. 2.7. Основные типы кривых изменения численности популяций (по Н.И. Николайкину, 2008):
1 – стабильный, 2 – циклический, 3 – скачкообразный

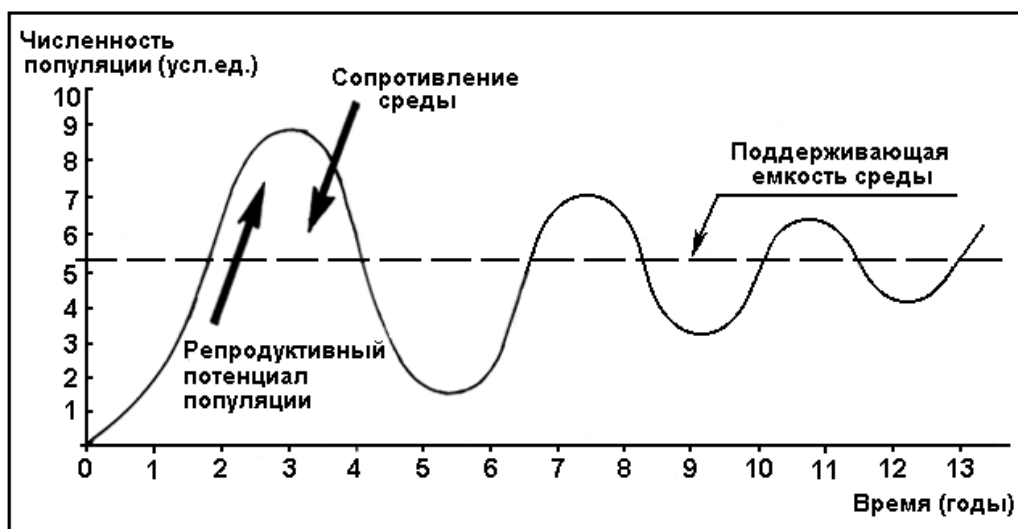


Рис. 2.8. Саморегуляция численности особей в популяции (по А.П. Анисимову «Концепции современного естествознания»)

Периодические и непериодические колебания численности популяций под влиянием абиотических и биотических факторов среды называются **популяционными волнами**. Популяции обладают способностью

к саморегуляции, и их плотность при более или менее значительных колебаниях остается в устойчивом состоянии между своими нижним и верхним пределами (динамическое равновесие). Оптимальная численность (поддерживающая емкость среды) устанавливается на протяжении многих лет и зависит от двух противодействующих начал: репродуктивного потенциала популяции и сопротивления среды.

2.3.2. Изменение численности в системе «хищник-жертва»

Межвидовые взаимоотношения играют большую роль в динамике численности организмов. Хищники, уничтожая своих жертв, влияют на их численность. Такое же действие оказывают и паразиты.

Математики А. Лотка (1880–1949 гг.) и В. Вольтерра (1860–1940 гг.) независимо друг от друга разработали математические модели взаимодействия животных в системе «паразит – хозяин» (А. Лотка) и в системе «хищник – жертва» (В. Вольтерра). Различия в этих системах состоят лишь в количественном соотношении: один хищник уничтожает много жертв, а паразитов может быть много на одном хозяине.

В системе «хищник – жертва» численности хищника соответствует определенная численность жертвы и по мере возрастания плотности популяции жертвы увеличивается и плотность популяции хищника. Повышение же численности хищника приводит к снижению численности жертвы, что опять снижает количество хищников. Так происходят периодические колебания численности популяций хищника и жертвы с небольшими отклонениями от какого-то оптимального уровня.

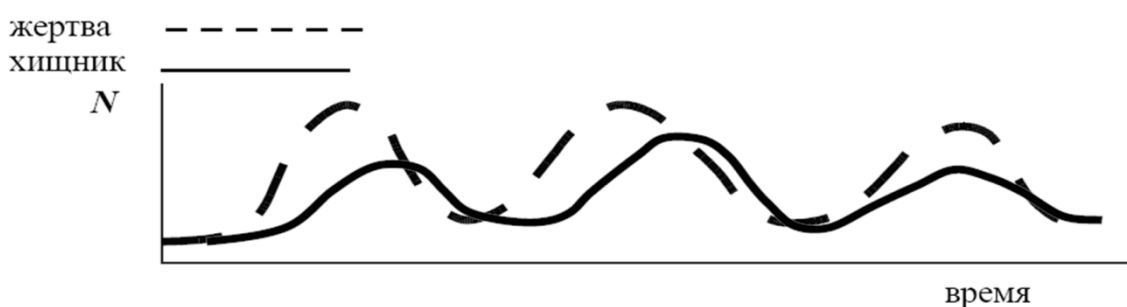


Рис. 2.9. Колебания численности в системе «хищник – жертва»

Уравнения Лотки и Вольтерры, описывающие численность популяций в системах «паразит – хозяин» и «хищник – жертва»:

$$\begin{aligned} dN_1/dt &= r_1N_1 - k_1N_1N_2 \\ dN_2/dt &= k_2N_1N_2 - d_2N_2, \end{aligned}$$

где N_1 и N_2 – плотность популяции соответственно жертвы и хищника; r_1 и d_2 – удельная скорость увеличения популяции жертвы и гибели популяции хищника, соответственно; k_1 и k_2 – константы хищничества.

Из этих уравнений следует, что при отсутствии хищника популяция жертвы растет экспоненциально с потенциально неограниченной скоростью. Произведение $M1N2$ отражает количество контактов между двумя видами. Если умножить его на $k2$, получится максимальная скорость увеличения популяции хищника, а на $k1$ – скорость роста популяции жертвы.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение понятия «экологический фактор».
2. Приведите классификацию экологических факторов с примерами.
3. Охарактеризуйте действие абиотических факторов: климатических, почвенных, водной среды.
4. Как называют совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других?
5. Типы межвидовой конкуренции.
6. Как формулируется закон минимума? Кто его автор?
7. Сформулируйте закон толерантности. Кто установил эту закономерность?
8. Что такое лимитирующий фактор? Какой диапазон значений экологического фактора называется пределами толерантности? На какие группы подразделяются организмы в зависимости от величины пределов толерантности?
9. В чем различие между местообитанием и экологической нишей?
10. Дайте определение популяции.
11. Что отражают статические и динамические показатели популяции?
12. Назовите основные типы кривых роста численности популяции.

2.4. Экологические системы

2.4.1. Классификация природных экосистем

Экологическая система – это взаимосвязанная, единая функциональная совокупность живых организмов и среды их обитания. Составными частями экосистемы являются биоценоз (совокупность живых организмов) и биотоп (место их жизни, неживые компоненты).

Термин «экосистема» предложен в 1935 г. английским экологом А. Тенсли. Экосистема – понятие очень широкое и применимо как к естественным, так и к искусственным комплексам. Для обозначения природных экосистем используется термин «биогеоценоз» (автор термина – В.Н. Сукачев).

Природные экосистемы

Классификация природных экосистем базируется на ландшафтном подходе. *Ландшафт* – природный географический комплекс, в котором все основные компоненты (рельеф, верхние горизонты литосферы, климат, воды, почвы, растительность, животный мир) находятся в сложном взаимодействии, образуя однородную по условиям развития единую систему.



Самая крупная природная экосистема на Земле – биосфера. Граница между крупными экосистемами и более мелкими достаточно условна.

Биомы – наиболее крупные наземные экосистемы, соответствующие основным климатическим зонам Земли. Каждый биом включает в себя ряд меньших по размеру, связанных между собой экосистем. Четкие границы между экосистемами встречаются редко, обычно между ними находится переходная зона со своими особенностями. На границе двух экосистем наблюдается контрастность среды, а потому большее обилие экологических возможностей порождает «сгущение жизни».

Наземные природные экосистемы

Основными лимитирующими факторами суши являются неодинаковые средние температуры и количество осадков.

Кратко охарактеризуем основные наземные природные экосистемы.

Тундра. Количество осадков – 200–300 мм/год. Холодный климат и почвы, подстилаемые вечной мерзлотой, определяют здесь преобладание мхов, лишайников, травянистых растений и низкорослых кустарников. Фауна представлена северными оленями, песцами, мелкими млекопитающими, а также множеством птиц – это гуси, куропатки, утки. Из насекомых обильны комары.

Бореальные хвойные леса. Тайга. Распространены в северной части умеренной климатической зоны. Осадки составляют 250–750 мм/год. Характерна долгая холодная зима, много осадков в виде снега (который сохраняет тепло в почве). Растительность представлена вечнозелеными хвойными, такими как кедр, сосна, ель, пихта, лиственница. Травоядные животные – лось, заяц, белка, грызуны. Хищники – волк, медведь, нор-

ка, россомаха. Птицы – рябчик, глухарь, дятел. Особенностью является множество озер и болот.

Листопадный лес умеренной зоны. Произрастают в условиях более мягкого климата, с осадками 750–1500 мм/год, с умеренными температурами и четко выраженными сезонами. Растительность представлена листопадными деревьями – береза, дуб, липа, клен. Среди животных распространены хищные (волк, лиса, медведь, рысь), копытные (олени, кабаны), певчие птицы.

Особенностью является адаптация живых организмов к сезонному климату – сброс листьев, зимняя спячка, миграция в тёплые страны.

Степи. Это открытые пространства между лесами и пустынями с количеством осадков 250–750 мм/год. Среди растений преобладают злаки, среди животных – грызуны, хищные (волк, лисица, ласка), хищные птицы (орёл, ястреб), пресмыкающиеся (гадюки, полозы), жуки.

Большинство степей превращено в сельскохозяйственные поля, где выращивается кукуруза, пшеница, соя, а также в пастбища для овец, рогатого скота.

Саванны. Осадки составляют 900–1500 мм/год. Температура здесь достаточно высока круглый год и сезонность определяется только распределением осадков – сезоны влажные (дождливые) и сухие (засушливые). Это создает своеобразные условия для существования флоры и фауны. Растительность – травы и редкие листопадные деревья (акация, некоторые виды кактусов). Животный мир представлен крупными растительноядными животными – зебрами, антилопами, жирафами, из хищников обитают львы, леопарды, гепарды.

Пустыня. Пустынный климат характеризуется малым количеством осадков, менее 250 мм/год, большими суточными колебаниями температуры: жаркие дни, холодные ночи.

Растительность: редкостойный кустарник, кактусы, низкие травы, быстро покрывающие землю цветущим ковром после дождей. У растений обширная поверхностная корневая система, перехватывающая влагу редких осадков, или стержневые корни, проникающие до грунтовых вод (30 м и более).

Фауна отличается достаточным разнообразием, большинство видов приспособлено к обитанию в засушливых условиях. Это верблюды, разнообразные грызуны, ящерицы, змеи, орлы, грифы, мелкие птицы, насекомые.

Тропические влажные леса расположены вдоль экватора, где выпадает более 2000 мм/год осадков при достаточно равномерном распределении их по месяцам, среднегодовая температура приблизительно равна 28 °С.

Это самая большая по разнообразию видов и биомассе растений экосистема. Леса с деревьями до 60 м и выше. На стволах, ветвях деревьев – лианы. Животный мир также очень разнообразен: обезьяны, змеи, ящерицы, лягушки, пауки, муравьи, попугаи, колибри, много насекомых. Влажные тропические леса обладают большой биомассой и самой высокой продуктивностью из биоценозов суши.

Пресноводные экосистемы

Пресноводные экосистемы подразделяются:

- на лентические (стоячие водоемы) – озера, пруды, водохранилища;
- лотические (проточные водоемы) – реки, ручьи;
- болота.

Лимитирующие факторы водной среды: течение, глубина (увеличивается давление, уменьшается прозрачность), температура.

Проточные водоемы имеют две зоны:

- Мелководные перекаты (с быстрым течением),
- Глубоководные плёсы (спокойные реки).

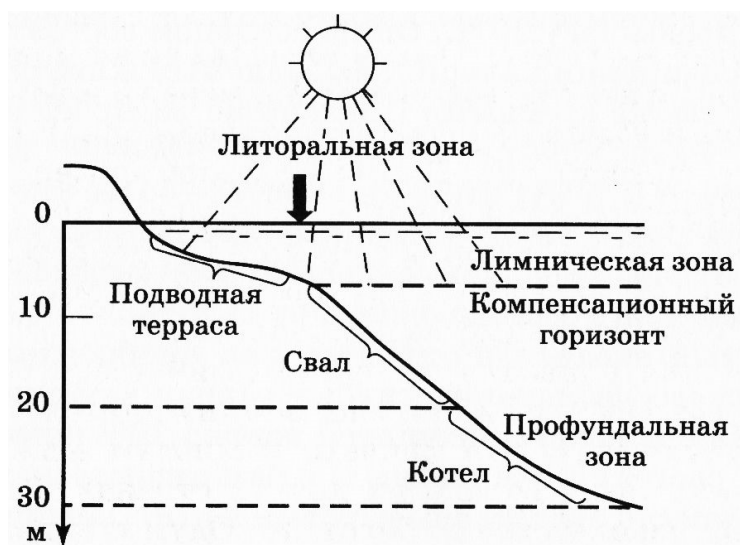


Рис. 2.10. Основные зоны в экосистеме непроточного континентального водоема (по Ю. Одуму)

- 1 – литоральная зона – толща воды, где солнечный свет доходит до дна;
- 2 – лимническая зона – толща воды до глубины, куда проникает всего 1 % от солнечного света и где затухает фотосинтез;
- 3 – профундальная зона – дно и толща воды, куда не проникает солнечный свет.

Каждой из этих зон свойственны свои обитатели и свои сообщества организмов. В зависимости от глубины и строения водоема профундальная зона и литоральная зона могут отсутствовать.

Морские экосистемы

Морские экосистемы подразделяются на открытый океан, область континентального шельфа, эстуарии.

Экосистема океана – одна из самых больших экосистем. Жизненная среда океана непрерывна, в ней отсутствуют границы, препятствующие расселению живых организмов (на суше граница – океан между материками, на материке – реки, горы). В океане вода находится в постоянном движении. Существуют горизонтальные и вертикальные течения.

Эти особенности создают благоприятные условия для образования и развития разнообразных организмов.

В океане обитает порядка десяти тысяч видов растений и сотни тысяч видов животных (в том числе более 15 тысяч видов позвоночных). Органическая жизнь распределяется по горизонтали и вертикали неравномерно. В зависимости от абиотических факторов (световой режим, температура, солёность и т. д.) океан подразделяют на несколько зон.

Растения и животные заселяют в мировом океане две сильно отличающиеся друг от друга области – **пелагиаль** (область распространения организмов в толще воды или на ее поверхности) и **бенталь** (дно океана, заселенное организмами, обитающими на грунте или в грунте).

В зависимости от степени освещенности пелагиаль по вертикали делится на следующие зоны:

- эвфотическая – верхняя, хорошо освещенная зона (до 200 м);
- афотическая – нижняя, лишённая света (более 200 м).

Прибрежная зона (область континентального шельфа) имеет оптимальные условия для жизни по сравнению с открытым океаном (свет, температура, достаточное количество питательных веществ и др.), поэтому здесь наблюдается максимальное видовое разнообразие флоры и фауны.

Эстуарии – это прибрежные области смешивания речных вод с морскими. В эстуариях происходит смешивание соленой морской воды во время приливов с пресной, стекающей с материка. Это высокопродуктивные системы, которые являются своего рода ловушками для биогенных элементов.

Лимитирующие факторы морских экосистем: солёность, глубина, прозрачность, температура.

Пространственная структура экосистем

Природные сообщества отличаются пространственной и видовой структурой. Пространственная структура характеризуется вертикальным расслоением системы на ярусы. Например, в лесу выделяют до 6 ярусов. Одни деревья располагают свои кроны ветвей и листьев на высоте 20–30 м – это первый ярус. Под ними располагаются кроны других пород деревьев, образуя второй ярус, под ними еще ниже размещаются кроны кустарников (третий ярус), затем травы и кустарнички, еще ниже – мхи, лишайники.

Ярусно располагаются и подземные части растений.

Растения каждого яруса обуславливают особый микроклимат и создают определенную среду (экологическую нишу) для обитания в ней строго специфических животных.

2.4.2. Устойчивость и динамика экосистем

Естественные экосистемы существуют в течение десятков, сотен и более лет, т. е. обладают определенной стабильностью во времени и пространстве. Для поддержания стабильности системы необходима сбалансированность потоков вещества и энергии, процессов обмена веществ между организмами и окружающей средой. При этом ни одна экосистема не бывает абсолютно стабильной, неподвижной. Может периодически увеличиваться численность популяций одних видов животных и растений, но уменьшаться численность других. Подобные процессы имеют более или менее правильную периодичность и в целом не выводят систему из равновесия. Состояние подвижно-стабильного равновесия экосистемы носит название гомеостаза.

Гомеостаз – способность биологических систем – организмов, популяций, экосистем – противостоять изменениям и сохранять равновесие. Гомеостаз обеспечивается механизмами обратной связи.

Например, рассмотрим условную экосистему, состоящую из двух популяций – жертвы и хищника. Управление в системе осуществляется посредством положительных и отрицательных связей.

Когда численность популяции жертвы невелика, каждый из них может найти достаточно пищи и удобных укрытий для себя и своих детёнышей. Сопротивление среды невысоко, и численность данной популяции увеличивается, несмотря на присутствие хищника. В результате численность хищника также возрастает. В этом проявляется обратная положительная связь. Но с ростом численности жертвы уменьшается количество корма, убежищ и усиливается хищничество, т. е. усиливается сопротивление среды. В результате численность жертвы снижается. Охотиться хищникам становится труднее, они испытывают нехватку

пищи и их численность падает. В этом проявляется обратная отрицательная связь, которая компенсирует отклонения и возвращает экосистему в исходное состояние.

Система «хищник-жертва»

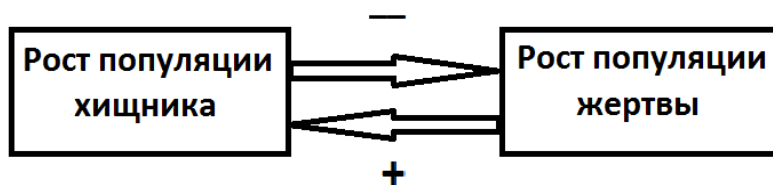


Рис. 2.11. Взаимодействие положительной (+) и отрицательной (-) обратных связей в системе хищник-жертва

Нарушение сбалансированности системы могут вызвать другие факторы (засуха, вмешательство человека).

Устойчивость экосистемы может быть нарушена в основном в двух случаях: во-первых, при сильных изменениях внешней среды – пожары, наводнения, продолжительные засухи и другие природные катаклизмы; во-вторых, при резких изменениях состава сообществ – обычно человеком, например, в результате массового отстрела хищников, заселения новых видов, вырубки лесов и т. д. При этом происходит смена экосистем, их переход в новое качество, что означает новый цикл развития в направлении повышения устойчивости. Идет восстановление биоценоза, но уже с новыми сообществами организмов, с новыми прямыми и обратными связями. Этот процесс смены экосистемы и ее развития к новому состоянию устойчивости происходит поэтапно и очень медленно и обозначается понятием сукцессия.

Сукцессия – последовательная смена биоценозов на одной и той же территории.

Сукцессия представляет уже не саморегуляцию, а ее противоположность – самоорганизацию, развитие, так как при перестройке системы преобладают обратные положительные связи, вместо обратных отрицательных, и изменяются ее количественные и качественные характеристики. Изменения происходят медленно, на всех стадиях процесса экосистема сбалансирована.

Виды сукцессии

Различают первичную и вторичную сукцессии.

Первичная сукцессия – процесс развития и смены биоценозов на первоначально свободном субстрате: скальная порода, образовавшаяся в ходе геологических разломов земной коры; дно высохшего водоема; пустой карьер после выработки полезных ископаемых и т. д.

Приведем для примера типичную динамику первичной сукцессии.

→ Первичный субстрат *скала* разрушается под действием ветра, воды, перепада температур, заселяется бактериями, водорослями, что ведет к фиксации азота и формированию почвы.

→ Следующий этап: *поселение лишайников, мхов*, увеличение слоя почвы

→ *Поселение трав*, формирование лугов, одновременное заселение мелких животных – червей, насекомых, грызунов.

→ *Поселение кустарников*, увеличение разнообразия животных.

→ *Поселение деревьев*.

→ *Формирование лесного сообщества*.

Это конец развития – сформирована новая устойчивая саморегулирующаяся экосистема, с новым экологическим гомеостазом. Такое законченное, сбалансированное сообщество животных, растений, грибов, микроорганизмов называется климаксным сообществом. Однако конечный состав экосистемы зависит от географической широты, климата. На формирование первичной сукцессии обычно уходит несколько тысяч лет.

Вторичная сукцессия – процесс восстановления экосистемы после повреждений, причиненных внешним воздействием: после бури, пожара, вырубки леса.

Смена фаз сукцессии идет в соответствии с определенными правилами. Каждая предыдущая фаза готовит среду для возникновения последующей, постепенно нарастают видовое многообразие и ярусность. Вслед за растениями в сукцессию вовлекаются представители животного мира, а развивающийся биоценоз становится более богатым видами; цепи питания в нем усложняются и развиваются. Активизируется деятельность редуцентов, возвращающих органическое вещество из почвы в состав биомассы, ее объем неуклонно растет. Процесс практически прекращается, когда добавление или исключение видов не приводит к изменению среды развивающейся экосистемы.

Роль вторичных сукцессий возрастает с увеличением человеческого населения Земли, особенно с развитием городов, промышленного производства и интенсивного земледелия. Влияние человека на состояние экосистем стало сегодня решающим. Вторичные сукцессии развиваются в течение нескольких лет или десятилетий.

2.4.3. Трофические цепи и сети. Продуктивность экосистем

Жизнь на Земле существует за счет солнечной энергии. Фотосинтезирующие растения создают органическое вещество, которым питаются другие организмы. Растения поедаются животными, которых, в свою

очередь, поедают другие животные. Цепь последовательной передачи вещества и эквивалентной ему энергии от одних организмов к другим называется **трофической цепью** (пищевой цепью).

Каждое звено пищевой цепи называется **трофическим уровнем**. Трофические уровни характеризуются различной интенсивностью протекания потоков веществ и энергии.

Простейшая цепь питания состоит из трех основных звеньев:

1. Продуценты.
2. Консументы.
3. Редуценты.

Организмы 1-го трофического уровня являются продуцентами. На суше большую часть продуцентов составляют растения лесов и лугов; в воде это, в основном, зелёные водоросли. Кроме того, производить органические вещества могут синезелёные водоросли и некоторые бактерии.

Организмы 2-го трофического уровня называются первичными консументами, 3-го трофического уровня – вторичными консументами и т. д. Первичные консументы – это травоядные животные или фитофаги и паразиты растений. Вторичные консументы – это плотоядные организмы: хищники или паразиты.

Например, морковь – это продуцент, организм 1-го трофического уровня; кролик, питающийся морковкой – это консумент первого порядка, организм 2-го трофического уровня; лиса, охотящаяся за кроликом, – консумент второго порядка, организм 3-го трофического уровня.

Виды, употребляющие в пищу как растения, так и животных, относятся к всеядным, например, это человек.

Существует ещё одна группа организмов, редуценты. Это организмы, которые питаются остатками мертвых растений и животных.

Мертвые растительные и животные остатки – опавшие листья, трупы животных, продукты систем выделения – называются детритом. Он содержит достаточное количество энергии и веществ, которые используются редуцентами.

Животные, питающиеся детритом, называются детритофагами – это грифы, шакалы, черви. Животных-детритофагов в экологии традиционно относят к консументам. В то же время все организмы выделяют углекислый газ и воду, а часто и другие неорганические (аммиак) или простые органические (мочевина) молекулы и таким образом принимают участие в разрушении (деструкции) органического вещества.

Редуценты (деструкторы, сапротрофы, сапрофиты, сапрофаги) – это организмы (бактерии и грибы), разрушающие отмершие остатки

мёртвых существ, превращающие их в неорганические соединения и простейшие органические соединения.

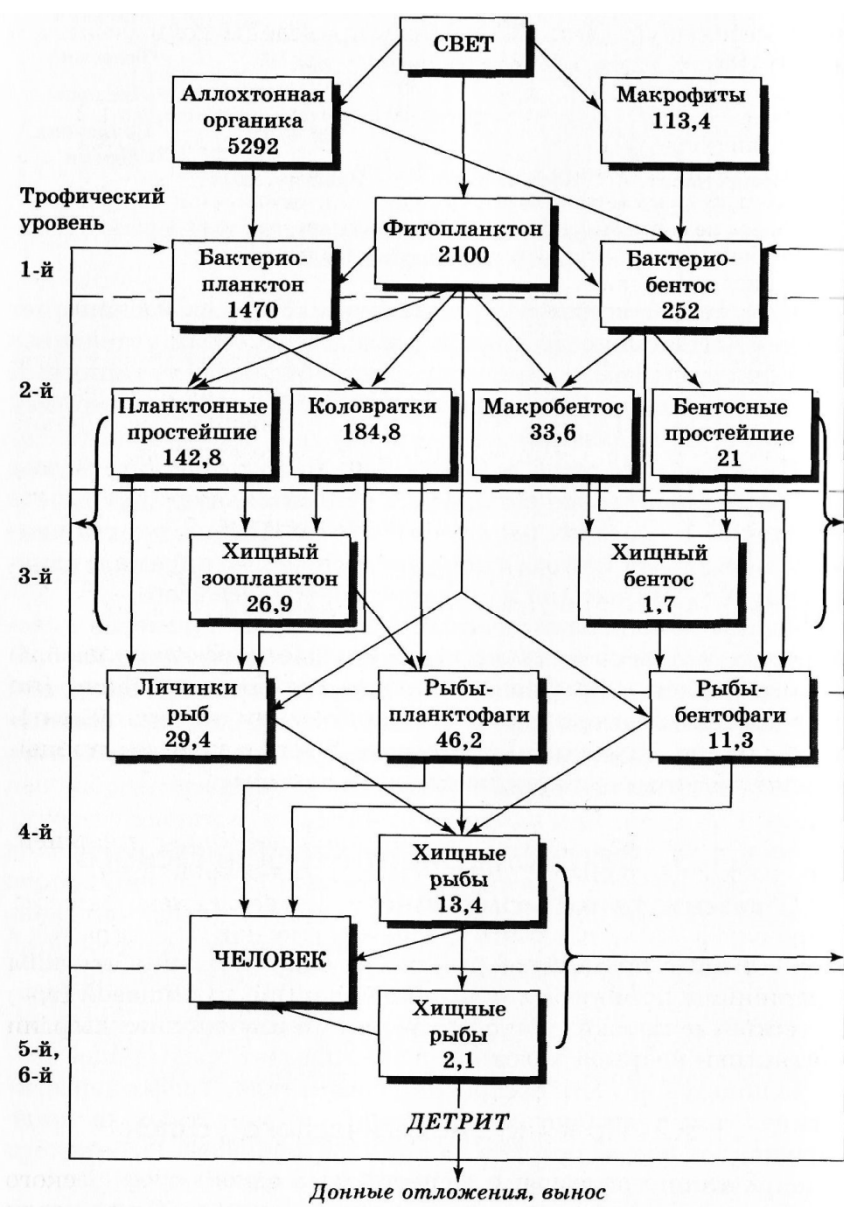


Рис. 2.12. Пример трофической сети: схема потоков энергии в трофической сети (с указанием годичной продукции популяции, кДж/м²) (по Н.В. Бутурину, А.Г. Поддубному)

Таким образом, движение энергии в экосистемах происходит посредством двух связанных типов пищевых цепей: пастбищной и детритной. Пастбищные пищевые цепи начинаются с продуцентов, то есть с живого органического вещества, которые поедаются фитофагами и т. д. Детритные пищевые цепи или цепи разложения начинаются с детрита, с мёртвой органики, которая разлагается редуцентами до простых неор-

ганических соединений. В итоге деятельности детритной цепи в экосистеме восстанавливается запас неорганических веществ, необходимых растениям.

При передаче энергии с одного трофического уровня на другой происходит ее потеря (затраты на дыхание, рост), поэтому цепи питания не могут быть длинными и состоят из 4–6 звеньев.

В природе трофические цепи связаны между собой общими звеньями и образуют **трофические сети**.

Продуктивность экосистемы

Это скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество, которое может быть использовано в качестве пищи.

Первичная продукция – органическая масса, создаваемая продуцентами в единицу времени.

Вторичная продукция – прирост массы консументов за единицу времени.

Изучение продуктивности экосистем важно для их рационального использования. Эффективность экосистем может быть повышена за счёт повышения урожайности, уменьшения помех со стороны других организмов (например, сорняков по отношению к сельскохозяйственным культурам), использования культур, более приспособленных к условиям данной экосистемы. По отношению к животным необходимо знать максимальный уровень добычи (то есть количество особей, которые можно изъять из популяции за определённый промежуток времени без ущерба для её дальнейшей продуктивности).

Продуктивность экосистем выражается в виде экологических пирамид.

Экологические пирамиды

Экологические пирамиды представляют собой графическое изображение функциональной взаимосвязи в экосистеме. Основой для построения экологических пирамид служат трофические сети. Основанием пирамиды служит уровень продуцентов, а последующие уровни питания образуют этажи и вершину пирамиды. Известны три основных типа экологических пирамид:

- 1) пирамида чисел, отражающая численность организмов на каждом уровне;
- 2) пирамида биомассы, характеризующая массу живого вещества;
- 3) пирамида энергии, показывающая изменение первичной продукции на последовательных трофических уровнях.

Пирамида численности (пирамида Элтона) отражает следующую закономерность, обнаруженную Ч. Элтоном: количество особей, составляющих последовательный ряд звеньев от продуцентов к консументам, неуклонно уменьшается. Для удобства анализа количество организмов на каждом трофическом уровне отображается прямоугольниками, длина которых пропорциональна числу этих организмов.

В пирамидах численности каждый организм учитывается одинаково, например, дерево и колосок, несмотря на их различную массу. Поэтому более удобно использовать **пирамиды биомассы**, которые рассчитываются не по количеству особей на каждом трофическом уровне, а по их суммарной биомассе.

Так, для трофической цепочки дуб-гусеница-синица-коршун пирамида численности выглядит следующим образом: в основании пирамиды – одно дерево, которое служит пищей для множества гусениц и т. д. А пирамида биомассы выглядит вот так: масса одного продуцента во много раз превышает массу всех питающихся на нем мелких организмов. Такая пирамида биомассы в отличие от пирамиды численности почти никогда не бывает перевернутой.

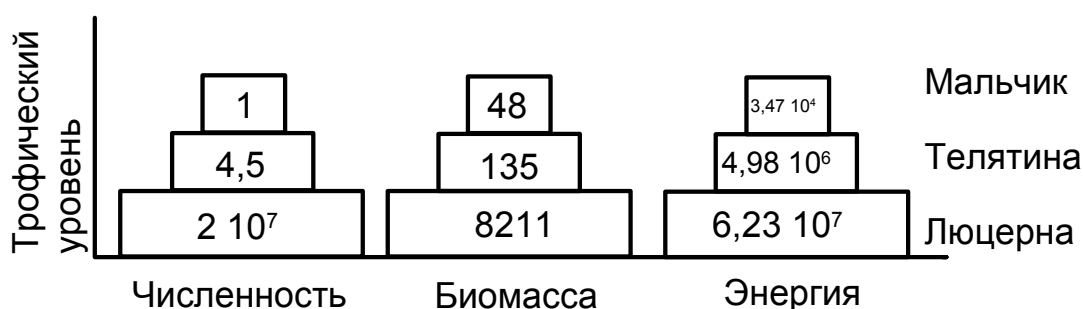


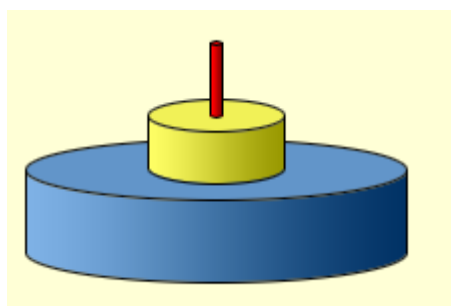
Рис. 2.13. Экологические пирамиды численности, биомассы (кг), энергии (кДж) (по Ю. Одуму, 1975)

В наземной экосистеме действует правило: суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса превышает всю биомассу хищников.

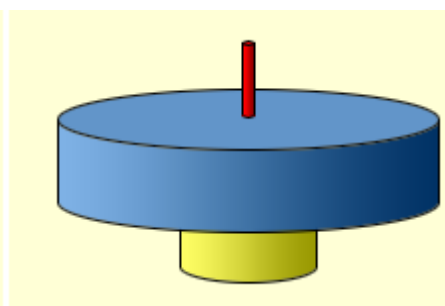
Пирамиды биомассы не отражают энергетической значимости организмов и не учитывают скорость потребления биомассы. Это может приводить к аномалиям в виде перевернутых пирамид. Для океана пирамида биомасс имеет перевернутый вид, что объясняется высокой скоростью оборачиваемости, восстановления численности популяции фитопланктона.

Выходом из положения является построение наиболее сложных пирамид – **пирамид энергии**. Они показывают количество энергии, прошедшее через каждый трофический уровень экосистемы за опреде-

лѐнный промежуток времени (например, за год – чтобы учесть сезонные колебания). Если учтены все потоки энергии, то пирамида энергий всегда будет иметь правильный вид. (рис. 2.13). В основание пирамиды энергии часто добавляют прямоугольник, показывающий приток солнечной энергии.



Пирамида биомассы наземной экосистемы



Пирамида биомассы водной экосистемы

Пирамиды энергий позволяют сравнивать различные биоценозы, выявлять относительную значимость популяций в пределах одного сообщества.

Автотрофные организмы поглощают около 1% падающей на Землю солнечной энергии и используют ее для синтеза органических соединений, составляющих основу биомассы этих организмов. Далеко не вся эта биомасса и, следовательно, не вся запасенная энергия может быть употреблена животными второго трофического уровня: часть растений погибнет, не будучи съеденными, часть энергии рассеется в виде теплоты и т. д. Подсчитано, что с одного трофического уровня экологической пирамиды на другой переходит от 6 до 15 % энергии, в среднем – 10 % энергии. Полученное соотношение носит название **закона 10 %** (1942 г. французский эколог Р. Линдеман). Поэтому первичных консументов, как правило, значительно меньше, чем продуцентов. Соответственно потребителей второго порядка меньше, чем потребителей первого порядка, и т. д.

Пищевая пирамида экосистемы, как отражение ее структуры, сохраняет саморегуляцию и устойчивое развитие. Характерная пропорция разных обитателей биоценоза устанавливается сама по себе, в результате процессов саморегуляции и отражает в целом поддерживающую емкость среды. Во всех популяциях происходит колебание численности особей, причем колебания на низшем уровне неизменно ведут к таким же колебаниям на следующем уровне, а в целом система поддерживает равновесное состояние.

Основные принципы функционирования экосистем

1. Экосистемы существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно.
2. Чем больше биомасса популяции, тем ниже занимаемый ею трофический уровень.
3. Получение ресурсов и избавление от отходов происходит в рамках круговорота всех элементов.

2.4.4. Круговорот веществ в биосфере

Взаимообмен веществом между отдельными резервуарами – оболочками планеты имеет циклический характер. Все вещества на планете находятся в процессе непрерывного круговорота. В природе имеется два основных круговорота: большой или геологический и малый или биогеохимический.

Большой круговорот веществ

Большой круговорот длится миллионы лет. Он заключается в том, что горные породы подвергаются разрушению, переносу, отложению, окаменению, трансформации в новые осадочные породы. В подвижных зонах земной коры они погружаются в зону высоких температур и давлений. Там они переплавляются и образуют магму – источник новых магматических пород. И процессы начинаются вновь.

Малый круговорот веществ

Малый круговорот (биогеохимический) совершается в пределах биосферы, т. е. в его функционировании участвует биота. Сущность его заключается в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза и в превращении органического вещества при разложении вновь в неорганические соединения.

Главным источником энергии круговорота является солнечная радиация, которая порождает фотосинтез. Питательные вещества почвы, вода, углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на построение тела и жизненные процессы. Продукты распада почвенной микрофлоры разлагаются до минеральных компонентов, доступных растениям и вновь вовлекаются в поток вещества.

Биогеохимические циклы

Круговорот отдельных химических элементов В.И. Вернадский назвал **биогеохимическими циклами**. Химические элементы, поглощен-

ные организмом, впоследствии его покидают, уходя в абиотическую среду. Затем, через какое-то время, снова попадают в живой организм и т. д. Этими циклами и круговоротом в целом обеспечиваются важнейшие функции живого вещества в биосфере. Вернадский выделяет пять таких функций.

Функции живого вещества в биосфере (по В.И. Вернадскому)

- 1) *Газовая* – основные газы атмосферы (азот и кислород) – биогенного происхождения, как и все подземные газы – продукты разложения отмершей органики.
- 2) *Концентрационная* – организмы накапливают в своих телах многие химические элементы (на первом месте стоит углерод, кальций, концентраторами йода являются морские водоросли, фосфора – скелеты позвоночных животных).
- 3) *Окислительно-восстановительная* – заключается в химическом превращении в основном веществ, содержащих атомы с переменной валентностью (соединения железа, марганца, серы и др.). Например, организмы, обитающие в водоемах, регулируют кислородный режим и создают условия для растворения или осаждения указанных элементов.
- 4) *Биохимическая* – размножение, рост и перемещение в пространстве живого вещества
- 5) *Биогеохимическая деятельность человека* – для своих хозяйственных и бытовых нужд человек охватывает все разрастающееся количество веществ земной коры, в том числе таких концентраторов углерода, как уголь, нефть, газ.

Следует отметить, что существует лишь один-единственный на Земле процесс, который не тратит, а, наоборот, связывает солнечную энергию и даже накапливает ее – это создание органического вещества в результате фотосинтеза. В связывании и запасании солнечной энергии и заключается основная планетарная функция живого вещества на Земле.

Биогеохимические циклы некоторых наиболее жизненно важных веществ

Круговорот воды – это часть большого круговорота. Основными процессами этого круговорота являются испарение, конденсация, осадки и сток воды.

Под воздействием поступающей солнечной энергии вода испаряется с поверхности океанов, рек, озер, почв и растений и поступает в атмосферу. Ветры и воздушные массы переносят водяной пар в различные районы Земли. Понижение температуры в отдельных частях атмосферы

приводит к конденсации водяного пара, образованию облаков и туманов и выпадению атмосферных осадков. Вода стекает в ближайшие озера, реки, которые несут ее назад в океан, тем самым замыкая кольцо круговорота. Такой сток пресных вод с поверхности суши вызывает также эрозию почв, которая приводит к перемещению различных химических веществ в рамках других биогеохимических циклов. Значительная часть возвращаемой на сушу воды просачивается глубоко в грунт. Там происходит накопление грунтовых вод в водоносных горизонтах. Подземные источники и водотоки в итоге возвращают воду на поверхность суши и в реки, озера, ручьи, откуда она вновь испаряется или стекает в океан.

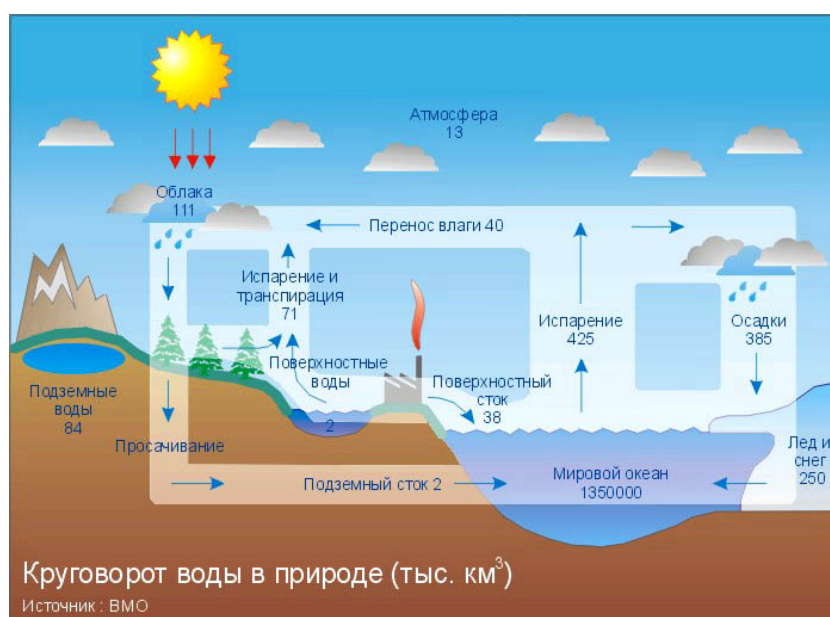


Рис. 2.14. Круговорот воды в природе (Хатчинсон, 1957)

Вмешательство человека в естественные круговороты основных веществ в биосфере резко возросло, начиная с 50-х гг. XX в., из-за быстрого роста населения и интенсивного использования природных ресурсов.

Человек вмешивается в круговорот воды двумя способами:

1. забором большого количества пресной воды из рек, озер и водоносных горизонтов;
2. уничтожением растительного покрова суши. Это приводит к уменьшению просачивания поверхностных вод под землю, что сокращает пополнение запасов грунтовых вод.

Круговорот азота.

Азот входит в структуру белков и нуклеиновых кислот всех без исключения живых организмов и вместе с тем является наиболее лимитирующим из биогенных элементов. Огромнейший резервуар свободного

молекулярного азота находится в атмосфере и лишь в ничтожной мере затрагивается биотическим круговоротом. Живыми организмами азот усваивается только в форме соединений с водородом и кислородом.

Фиксация азота в химические соединения происходит в результате вулканической (аммиак) и грозовой (нитраты) деятельности, но большей частью – в результате деятельности микроорганизмов – фиксаторов азота (бактерии и синезеленые водоросли). Самые известные бактерии, связывающие азот, находятся в клубеньках бобовых растений. Азот поступает к корням растений в форме нитратов, которые используются для синтеза органики (белков). Животные потребляют азот с растительной или животной пищей. Особые бактерии – редуценты – превращают органические азотсодержащие соединения биологических отходов в неорганические вещества: аммиак, нитриты, нитраты. Некоторые бактерии способны разлагать нитраты до газообразного азота, замыкая цикл.

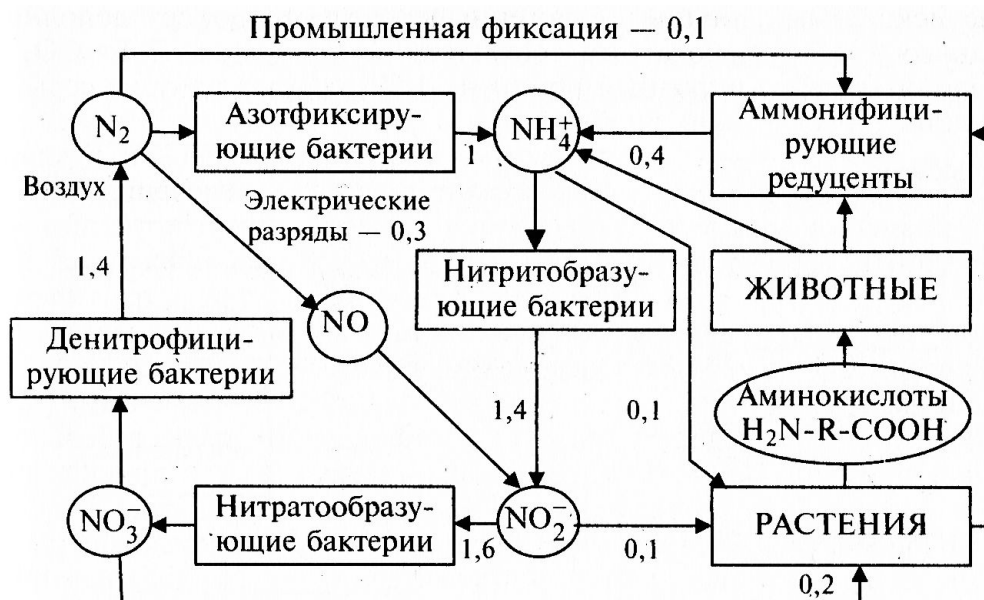


Рис. 2.15. Круговорот азота: потоки указаны в Гт (по Т.А. Акимова, В.В. Хаскин)

Техногенная деятельность человека нарушает естественный баланс круговорота азота:

- при сжигании ископаемого топлива в атмосферу выбрасывается большое количество оксидов азота (выхлопные газы автомобилей, выбросы промышленных предприятий и ТЭЦ);
- при попадании в водные экосистемы загрязненных стоков с ферм в них увеличивается количество ионов аммония и нитратов;
- при внесении минеральных удобрений на сельскохозяйственные поля.

Круговорот углерода. Углерод – главный участник биотического круговорота, основа всех органических веществ. Среди химических элементов углерод обладает самой высокой биофильностью (отношение содержания компонента в живом веществе к содержанию в литосфере, гидросфере или атмосфере). Углерод, содержащийся в виде CO_2 в атмосфере, служит сырьем для синтеза органических соединений посредством фотосинтеза на уровне продуцентов – зеленых растений, а затем углерод в составе органических веществ потребляется консументами разных трофических уровней. При дыхании растений, животных, по мере разложения мертвого вещества выделяется CO_2 , в форме которого углерод возвращается в атмосферу. Большая часть углерода содержится в водах океана (в 100 раз больше, чем содержится в атмосфере). Океан поглощает избыток CO_2 из воздуха, с образованием карбонат- и бикарбонатионов. Существует и обратный процесс, в ходе которого CO_2 выделяется из океана в атмосферу. Океаны играют роль своеобразного буфера, поддерживая концентрацию CO_2 в атмосфере на постоянном уровне.

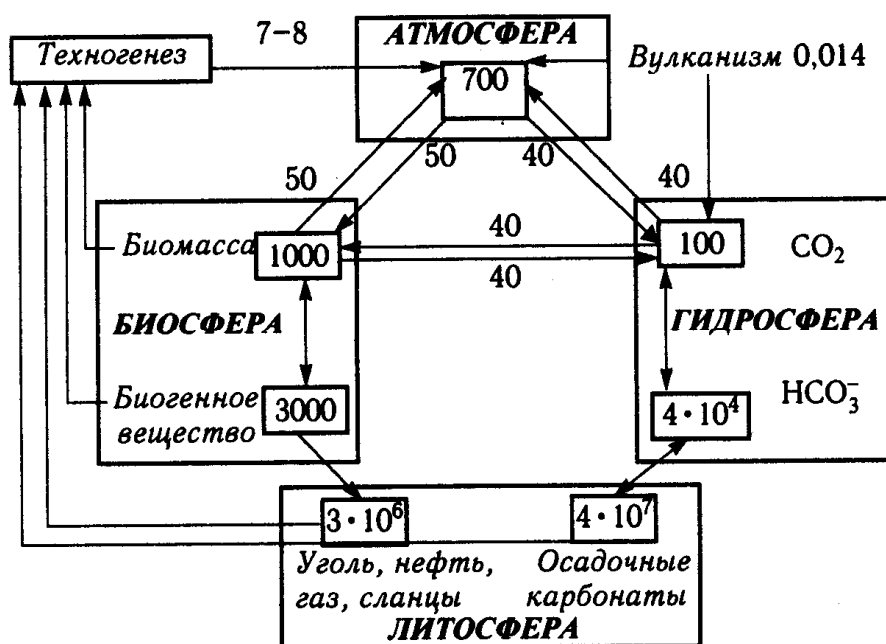


Рис. 2.16. Глобальный круговорот углерода: основные резервуары (Гт) и потоки (Гт/год) (по Т.А. Акимова, В.В. Хаскин)

Масса углерода в биосфере в настоящее время составляет около 3800 Гт. Из них около пятой части приходится на биомассу. Ежегодная масса биопродукции по углероду примерно равна количеству углерода, высвобождаемому в процессах дыхания и деструкции. 60 % этого обмена осуществляет биота суши, 40 % – биота океана. Таким образом, мож-

но говорить биомасса живых организмов содержит менее 0,001 % углерода Земли, но практически полностью определяет его планетарный круговорот.

Человек вмешивается в круговорот углерода следующим образом:

1. Сжигание ископаемого топлива и древесины. Только при сгорании органического топлива ежегодно в атмосферу выбрасывается около 6 млрд т CO₂:
 - при производстве электроэнергии на ТЭЦ;
 - с выхлопными газами автомобилей;
 - при обогреве домов и промышленных предприятий;
2. Уничтожение лесов и другой растительности:
 - с целью расширения сельскохозяйственных земель;
 - для производства изделий из древесины.

Естественным источником поступления CO₂ в атмосферу являются лесные пожары.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое экологическая система? Из каких компонентов состоят экосистемы?
2. Назовите основные экосистемы Земли и охарактеризуйте их особенности.
3. Что такое пространственная структура экосистем и чем она обусловлена?
4. С помощью каких механизмов обеспечивается саморегуляция экосистем?
5. Дайте определение сукцессии. Какие виды сукцессии вы знаете?
6. Как распределяется энергия в трофических цепях? Что такое трофический уровень? Как меняются количество и качество энергии при переходе с одного трофического уровня на другой?
7. Что такое первичная и вторичная продукция?
8. Что такое экологические пирамиды и какую закономерность они отражают?
9. Назовите функции живого вещества в биосфере.
10. Что такое биогеохимические циклы?
11. Чем отличаются большой и малый круговороты веществ?
12. Опишите круговороты воды, углерода, азота, кислорода, фосфора. Какое влияние на круговороты веществ оказывает человек?

3. ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

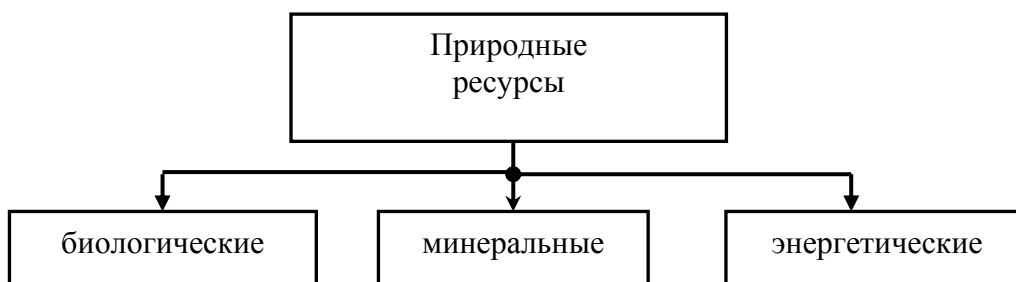
3.1. Классификация природных ресурсов

Рост популяции человека ограничен некоторыми лимитирующими факторами. Одним из важнейших лимитирующих факторов выживания человека как биологического вида является ограниченность и исчерпаемость важнейших для него природных ресурсов.

Природные ресурсы – это совокупность природных объектов и явлений, которые используются человеком для поддержания своего существования.

Природные ресурсы можно классифицировать по трем признакам: по источникам происхождения, по использованию в производстве и по степени истощаемости.

3.1.1. Классификация природных ресурсов по источникам происхождения

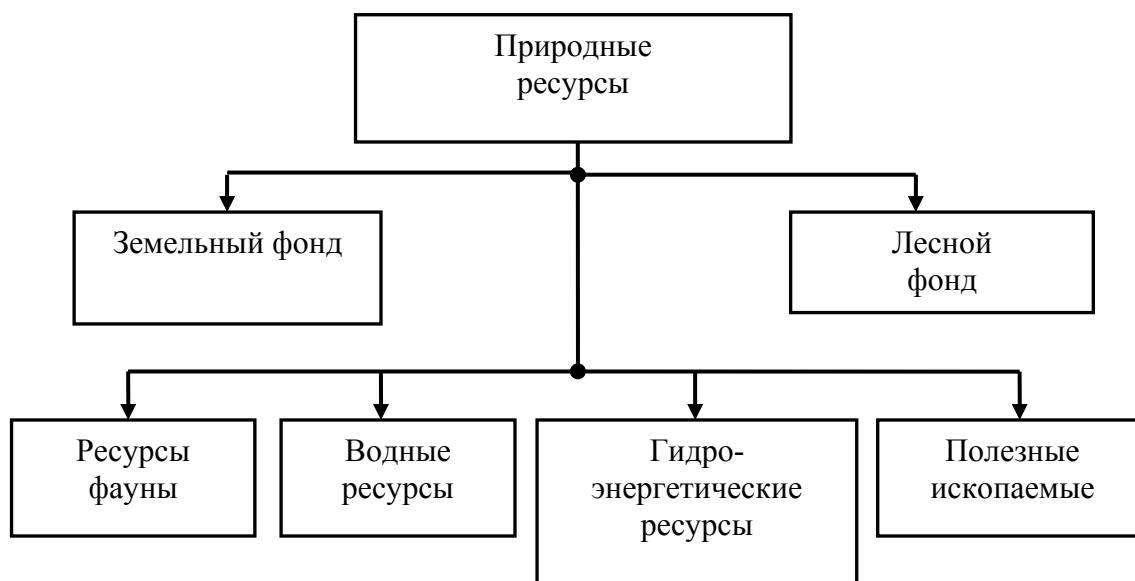


- биологические – это все живые компоненты биосферы (растения, животные, микроорганизмы), являющиеся источниками получения людьми материальных и духовных благ;
- минеральные – это все пригодные для употребления составляющие литосферы, т. е. рудное и нерудное сырье;
- энергетические ресурсы – совокупность энергии Солнца и космоса, атомно-энергетических, топливно-энергетических, термальных и других источников энергии.

3.1.2. Классификация природных ресурсов по использованию в производстве

- *земельный фонд* – сельскохозяйственные земли, земли населенных пунктов, земли несельскохозяйственного назначения (промышленности, транспорта);
- *лесной фонд* – земли, на которых произрастают или могут произрастать леса;

- *водные ресурсы* – подземные и поверхностные воды, которые могут быть использованы для различных целей в хозяйстве;
- *гидроэнергетические ресурсы* – реки, приливно-отливная деятельность океана;
- *ресурсы фауны* – количество обитателей, которые может использовать человек, не нарушая экологического равновесия,
- *полезные ископаемые* – природное скопление минералов в земной коре, которое может быть использовано в хозяйстве.



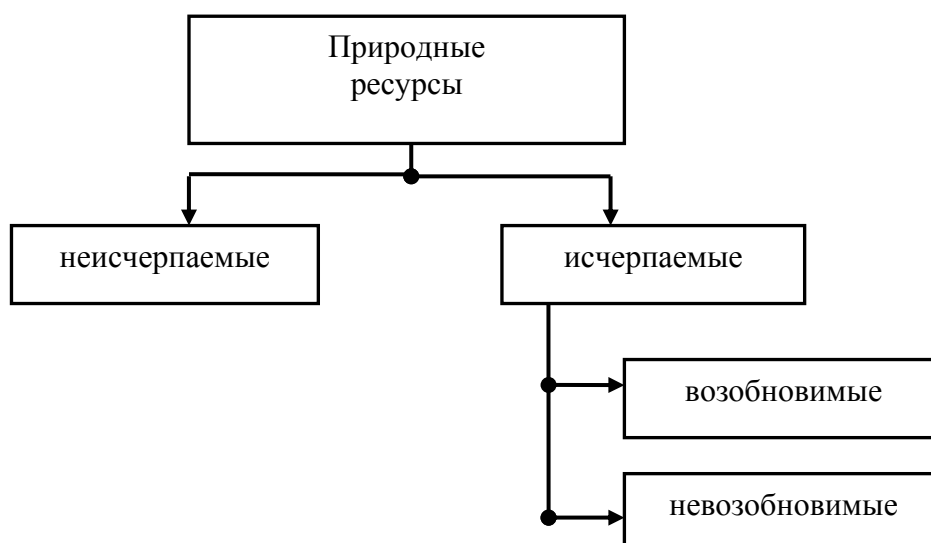
3.1.3. Классификация природных ресурсов по степени истощаемости

Неисчерпаемые ресурсы – это ресурсы, использование которых человеком не приводит к видимому истощению их запасов ныне или в обозримом будущем: это непосредственно солнечная энергия и вызванные ею природные силы, например, ветер, приливы, тепло земных недр. Эта группа ресурсов существует вечно и в неограниченных количествах.

Исчерпаемые возобновимые ресурсы – это ресурсы, которым свойственна способность к восстановлению: растительный и животный мир, плодородие почв, пресная вода, чистый воздух. Количество исчерпаемых возобновимых ресурсов ограничено, но они могут возобновляться естественным путем или с помощью человека (искусственная очистка воды и воздуха, повышение плодородия почв, восстановление поголовья диких животных и т. д.).

Исчерпаемые невозобновимые ресурсы – это ресурсы, не способные к самовосстановлению за сроки, соизмеримые со сроками потребления,

непрерывное использование может уменьшить их до уровня, при котором дальнейшая эксплуатация становится экономически нецелесообразной: полезные ископаемые.



3.2. Состояние природных ресурсов

3.2.1. Состояние флоры и фауны

Эволюционные процессы, происходившие в различные геологические периоды, привели к существенным изменениям видового состава обитателей Земли. Под воздействием активной деятельности человеческого общества биологические ресурсы утрачиваются быстрее.

В настоящее время идентифицировано около 1,75 млн видов растений и животных. Однако из-за деградации природной среды биосфера ежегодно теряет 10–15 тысяч биологических видов, преимущественно низших форм. Это беспрецедентная скорость утраты видов, сравнимая лишь с последствиями глобальной катастрофы невиданного масштаба. Считается, что такой волны исчезновения не было со времен вымирания динозавров в конце мелового периода 65 млн лет назад. К такому заключению пришли прежде всего из-за скорости, с которой исчезают экологические ниши. В качестве примера можно привести Мадагаскар, который является настоящей биологической сокровищницей. В восточных лесах острова встречается 12000 изученных видов растений и 190000 изученных видов животных, как минимум 60 % из них нигде больше на Земле не встречаются. Более 90 % этих лесов вырублены, чтобы расчистить место для сельского хозяйства.

В последней Красной книге Международного союза охраны природы (МСОП) показано, что около 24 % видов млекопитающих и 12 % ви-

дов птиц в настоящее время находится на грани исчезновения (табл. 3.1). Только за последние 30 лет зафиксировано исчезновение 58 видов рыб, 9 видов птиц и 2 видов млекопитающих.

Таблица 3.1

Количество видов позвоночных, находящихся под угрозой полного исчезновения, по регионам

Регион	Млекопитающие	Птицы	Рептилии	Амфибии	Рыбы	Всего
Африка	294	217	47	17	148	723
Азия и Океания	526	547	136	75	256	1540
Европа	82	54	31	10	83	260
Латинская Америка	275	361	77	28	132	873
Северная Америка	51	50	27	24	117	269
Полярные регионы	0	6	7	0	1	14

Особенно невосполнима утрата редких эндемических и древних примитивных форм растений, насекомых, рыб и других животных, как это происходит в районах со своеобразной флорой и фауной – в Австралии, Западном Эквадоре, ряде тропических озер и на многих тропических островах.

Считается, что под угрозой уничтожения сейчас находится более 10 тыс. видов, в основном высших растений, позвоночных животных и некоторых групп насекомых. Постоянно уменьшаются или находятся под угрозой: 53 % рыб, 45 % рептилий, 40 % птиц и 40 % млекопитающих.

3.2.1.1. Основные причины утраты биологического разнообразия

1. Нарушение или уничтожение среды обитания вследствие вырубки лесов, распашки степей, осушения болот, создания водохранилищ и т. д., что коренным образом меняет условия размножения диких животных, пути их миграции. Разрушение местообитаний признается главной причиной исчезновения видов или сокращения их численности.
2. Чрезмерное добывание, промысловая охота. Под чрезмерным добыванием имеется в виду изъятие животных и растений из природной среды для различных целей: пищевых, хозяйственных, медицинских и др. Заметное снижение численности ряда животных связано с возросшей незаконной добычей с целью получения высокой прибыли. Например, из-за искателей слонов

вой кости ежегодно гибнет 60 тыс. слонов. За всю историю охоты на животных человеком уничтожены десятки видов крупных млекопитающих и птиц. В их числе носорог Мерка, ирландский олень, тур, сумчатый волк, птица моа, бескрылая гагарка и др. Почти полностью истреблены и спасены лишь в состоянии крайнего коллапса природных популяций такие виды, как бизон, зубр, американский бобр, олень Давида, кулан, сайгак, выхухоль и др.

3. Третья причина сокращения численности и исчезновения видов – интродукция (введение) чуждых видов и их акклиматизация к новым условиям существования – чуждые растения и животные в новых местах обитания, не имея врагов, способствуют полному исчезновению или вытеснению местных видов.

Например, в 1859 г. в Австралию из Англии завезли кроликов для спортивной охоты. Природные условия оказались для них благоприятными, а местные хищники – дикая собака динго – не опасными, собаки предпочитали охотиться на овец. В результате кролики расплодились настолько, что уничтожили обширные территории пастбищ. Самым эффективным средством против кроликов оказалась болезнь – вирусное заболевание миксоматоз. В 1938 г. решили дать волю вирусу. Оказалось, что возбудителю болезни необходим промежуточный хозяин. Лишь в 1953 г. установили, что переносчиками инфекции миксоматоза служат блохи. Узнав о блохах, австралийцы завезли их из Англии. Но европейские блохи никак не хотели размножаться в австралийских условиях. В 1960 г. узнали, что самки блох откладывают яйца только после того, как укусят беременную крольчиху. Это объяснило, почему не болеют кролики, обитающие в засушливых местах: в жаркие периоды они прекращают детопроизводство, нет беременных самок, и блохи становятся редкостью. При дальнейшем изучении обнаружили, что спаривание блох происходит только на телах новорожденных крольчат одно-двухдневного возраста. Когда в Австралии разразился, наконец, «кроличий мор», погибло 98,8 % зараженных животных.

Однако через три года оставшиеся в живых кролики полностью окрепли после перенесенного миксоматоза. У них выработался иммунитет. И все пошло по новой.

Затем сделали еще одну попытку – завезли лис: они должны были заменить не оправдавших надежд диких собак динго. Но и на этот раз судьба оказалась благосклонной к кроликам: лисы предпочитают ловить мелких грызунов и других животных, а не гоняться за шустрými зверьками. Противостояние продолжается, и, кто знает, будет ли ему конец.

Среди других причин можно отметить:

- Прямое уничтожение с целью защиты сельскохозяйственной продукции и промысловых объектов хищных птиц, сусликов, ластоногих, койотов и др.
- Случайное (непреднамеренное) уничтожение: на автомобильных дорогах, в ходе военных действий, на ЛЭП и др.
- Загрязнение окружающей среды пестицидами, нефтью и нефтепродуктами, свинцом и другими токсикантами.

3.2.1.2. Защита флоры и фауны

1. Наиболее эффективной формой сохранения природных экосистем являются *особо охраняемые природные территории* – это участки суши или водной поверхности, которые в силу своего природоохранного и иного значения полностью или частично изъяты из хозяйственного пользования и для которых установлен режим особой охраны. Различают следующие основные категории указанных территорий:

- *государственные природные заповедники*, в том числе биосферные. Это участки территории, которые полностью изъяты из обычного хозяйственного использования с целью сохранения в естественном состоянии природного комплекса;
- *национальные парки* – это обширные территории и акватории, где обеспечивается выполнение следующих целей: экологической (сохранение природных экосистем), рекреационной (регулируемый туризм и отдых людей), научной (разработка методов сохранения природного комплекса в условиях массового допуска посетителей) (*национальный парк Лосиный остров в Московской области, Национальный природный парк Зюраткуль в Челябинской области*);



а



б

Рис. 3.1. Государственные природные заповедники:
а – Алтайский заповедник; б – Курильский заповедник



а



б

Рис. 3.2. Национальные парки:

а – национальный парк Лосиный остров; б – Национальный природный парк Зюраткуль

- **природные парки** – территории, отличающиеся особой экологической и эстетической ценностью, с относительно мягким охранным режимом и используемые преимущественно для организованного отдыха населения (*Вепсский лес*);
- **государственные природные заказники** – территории, созданные на определенный срок для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса (*Заказник Южно-Камчатский*). Существуют ландшафтные, лесные, ихтиологические и другие типы заказников. После восстановления плотности популяций животных и растений заказники закрываются;



а



б

Рис. 3.3. а – Вепсский лес; б – Заказник Южно-Камчатский

- **памятники природы** – уникальные, невозпроизводимые природные объекты, имеющие научную, экологическую, культурную и эстетическую ценность. Например, в Томской области геологическим памятником природы является Лагерный Сад, объект особой охраны – геологическое обнажение;

- **дендрологические парки и ботанические сады** – коллекции деревьев и кустарников, созданные человеком с целью сохранения биоразнообразия и обогащения растительного мира, а также в научных, учебных и культурно-просветительных целях (*Сибирский ботанический сад Томского государственного университета*).



а



б

Рис. 3.4. Сибирский ботанический сад

2. **Красная книга** содержит сведения о редких, исчезающих или находящихся под угрозой исчезновения видов растений, животных и других организмов с целью введения режима их особой охраны и воспроизводства. Существует несколько вариантов Красных книг: Международная, федеральная и республиканская (областная). Первая международная Красная книга была выпущена Международным союзом охраны природы (МСОП) в 1966 г. Ежегодно в Международную Красную книгу вносятся изменения и новые виды, нуждающиеся в особой заботе. Красная книга России содержит разделы, аналогичные Международной Красной книге. В книгу включены 562 вида растений и 246 видов животных, в том числе уссурийский тигр, белый медведь и др.

Красные книги субъектов Федерации призваны способствовать усилению охраны редких и исчезающих видов растений и животных непосредственно в регионах. В 2002 г. вышла в свет Красная книга Томской области, составленная учеными Томского госуниверситета и НИИ биологии и биофизики ТГУ как официальный справочник о нуждающихся в охране видах флоры и фауны территории области. В Красной книге Томской области приведены сведения о 180 редких и исчезающих видах животных, растений и грибов;

3. В случае, когда исчерпаны все резервы сохранения видов растений, создают специальные хранилища – генетические банки, где генофонд видов сохраняется в виде семян;

4. Принятие законов, направленных на сохранение биоразнообразия. Базовым документом в области экологического законодательства является Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от

10.01.2002 г., который регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы с целью сохранения природных богатств и естественной среды обитания человека. В законе РФ «О животном мире» (1995 г.) содержатся эколого-правовые и административные нормы с учетом новых экономических отношений. Согласно закону к эколого-правовым нарушениям отнесены: незаконный лов рыбы, уничтожение редких и исчезающих животных и т. д.;

5. Снижение уровня загрязнения окружающей среды.

3.2.2. Состояние земельных ресурсов

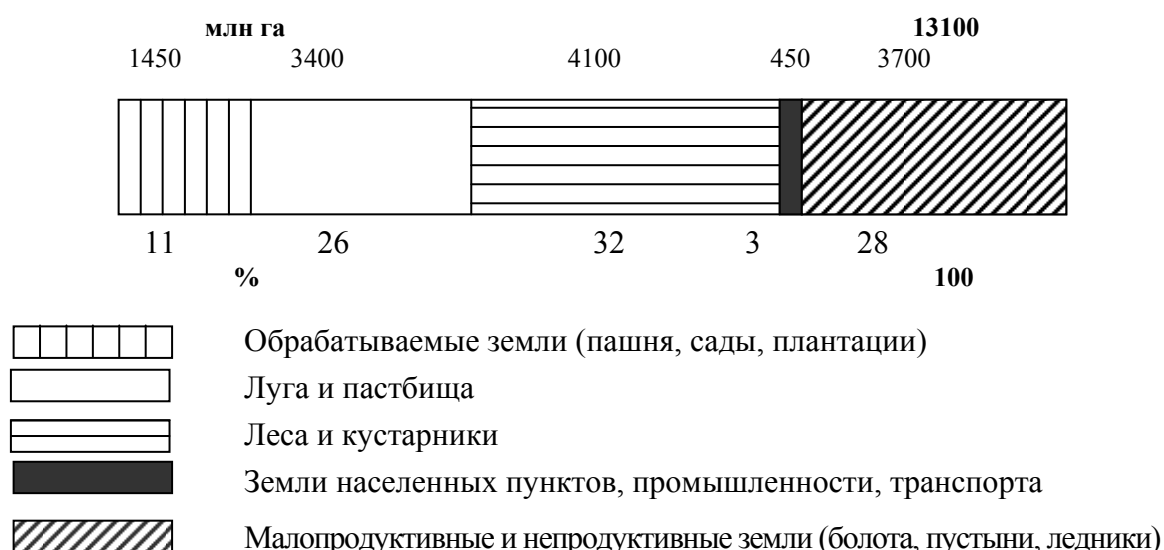
Обеспеченность человечества земельными ресурсами определяется мировым земельным фондом, составляющим 13,1 млрд га. Обрабатываемые земли дают человечеству 88 % необходимых продуктов питания. Луга и пастбищные земли обеспечивают 10 % пищи, потребляемой человечеством, 2 % – ресурсы Мирового океана.

Леса играют важную роль в глобальных круговоротах углерода и кислорода, регулируют сток вод, предотвращают эрозию почв, служат местообитанием большого числа диких растений и животных. Площадь лесов в мире ежегодно уменьшается на 20 млн га или на 0,5 %.

Главные причины сведения лесов:

- освоение новых территорий под сельское хозяйство;
- получение древесины для строительства, деревообрабатывающей, бумажной промышленности;
- получение топлива;
- лесные пожары.

Размеры и структура мирового земельного фонда



3.2.2.1. Деградация почв

Плодородие почвы – это обобщающий показатель, характеризующий основные экологические функции почвы. Используя почву для сельскохозяйственной и иной деятельности, человек нарушает биологический круговорот веществ, способность почвы к саморегуляции и снижает ее плодородие. Происходит деградация почв, т. е. ухудшение их свойств.

Основные виды антропогенного воздействия на почвы:

- эрозия (ветровая и водная);
- загрязнение почв;
- вторичное засоление;
- опустынивание;
- отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.

Эрозия почв

Это разрушение и снос верхних наиболее плодородных горизонтов и подстилающих пород ветром (*ветровая эрозия*) или потоками воды (*водная эрозия*). Выделяют также промышленную эрозию (разрушение сельскохозяйственных земель при строительстве и разработке карьеров), военную (воронки, траншеи), пастбищную (при интенсивном выпасе скота), ирригационную (разрушение почв при прокладке каналов и нарушении норм поливов) и др.

Основные виды почвенной эрозии – водная (31 % поверхности суши подвержен этому виду эрозии) и ветровая (34 %).

По разным оценкам от 40 до 60 % сельскохозяйственных земель в мире эродированы.

Загрязнение почв

К основным загрязнителям почвы относятся пестициды (ядохимикаты); минеральные удобрения; отходы и отбросы производства; газодымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; нефть и нефтепродукты.

Пестициды

В среднем в мире около 1/3 урожая теряется за счет вредителей, болезней и т. д. Существуют различные пестициды, которые делятся на следующие основные группы:

- инсектициды – предназначены для уничтожения насекомых;
- фунгициды – используются для борьбы с грибами и бактериями;

- гербициды – применяются для уничтожения растительности, прежде всего сорняков;
- зооциды – служат для уничтожения грызунов.

Пестициды действуют на все живые организмы, хотя предназначены для ограниченного числа видов. Использование пестицидов отрицательно влияет на экосистемы любого уровня, т. к. многие пестициды обладают мутагенными и канцерогенными свойствами. Даже малые исходные концентрации в результате биологического накопления могут стать опасными для жизни организмов. По пищевым цепочкам пестициды попадают и в организм человека. Опасность пестицидов состоит еще и в том, что они распространяются далеко за пределы тех агроэко-систем, где они применяются. До 2 млн чел. ежегодно в мире подвергаются отравлению пестицидами, из них 40 тыс. – с летальным исходом. В России поступление пестицидов в окружающую среду составляет до 2 кг на 1 га, а на 1 жителя в год приходится от 1 до 20 кг пестицидов.

Минеральные удобрения

Использование минеральных удобрений, включающих такие основные элементы в состав сельскохозяйственных продуктов как азот, фосфор, калий, позволяет повысить плодородие почвы. Азот преимущественно участвует в формировании массы листьев, фосфор – в процессе дыхания и цветения растений, а также при образовании завязи плодов, калий – в строении всего растения и придании ему крепкой основы.

Неумеренное использование минеральных удобрений нарушает биогеохимические круговороты азота, фосфора, калия, серы и некоторых других элементов; способствует повышенному выделению в атмосферу парниковых газов (закиси азота, метана) – например, потери внесенного азота за счет образования газообразных оксидов (NO, NO₂) достигают 30–40 %; приводит к снижению содержания кислорода в почве; вызывает нежелательное подкисление почвы и сокращение урожая.

Кроме того, избыток в почве азотных удобрений приводит к насыщению овощей нитратами. Если растения не страдают от избытка в них нитратов, то для животных и человека эти соединения токсичны. Практически вся овощная продукция РФ содержит нитраты в количествах, превышающих ПДК в 2–5 раз.

Отходы производства

Отходы производства – это остатки сырья, материалов, химических соединений, образовавшиеся при производстве или выполнении работ и утратившие целиком или частично исходные свойства. Отходы производства и потребления являются вторичными материальными ресурса-

ми, которые в настоящее время могут использоваться в народном хозяйстве.

В России ежегодно образуется свыше 1 млрд т промышленных отходов. Огромные площади земель заняты свалками, золоотвалами, хвостохранилищами и др., которые интенсивно загрязняют почвы, поверхностные и подземные воды, воздух.

Особую тревогу вызывает накопление в отвалах и свалках токсичных и экологически опасных элементов – Pb, As, Cd, Hg и др., что может привести к необратимому загрязнению окружающей среды. Из образующихся ежегодно в России более 75 млн т токсичных отходов обезвреживается лишь 15 %.

Следует также выделить проблемы, связанные с образованием твердых бытовых отходов (ТБО) и осадков сточных вод. Около 10 тыс. га дефицитных природных земель отчуждены для полигонов ТБО в России. Общая мощность мусороперерабатывающих заводов составляет около 5 млн м²/год, это всего 3,5 % общего объема ТБО.

Проблема скапливающихся отходов становится в современных условиях одной из первоочередных, которые необходимо решать немедленно для сохранения окружающей среды и своего собственного здоровья.

Газодымовые выбросы предприятий

В результате осаждения загрязняющих веществ из атмосферы происходит загрязнение земной поверхности серой, тяжелыми металлами – свинцом, ртутью, медью, кадмием и другими вредными веществами.

Как известно, мышьяк, свинец и некоторые другие токсиканты накапливаются в почве (обычно в слое толщиной 10–12 см) и могут находиться там в течение многих десятилетий. Аккумулируясь в почве, токсические вещества, произведенные человеком, передаются по пищевым цепям, оказывая губительное действие на все живое.

Мощными загрязнителями почвы являются окислы серы и азота, которые попадают в почву с осадками, повышают ее кислотность и тем самым снижают плодородие.

Нефть и нефтепродукты

Почва загрязняется нефтепродуктами в результате аварий на нефтепроводах, из-за несовершенства технологии нефтедобычи, аварийных выбросов и т. д. Например, в Томской области концентрации нефтепродуктов в почве превышают фоновые значения в 150–250 раз. Свыше 20 тыс. га в Западной Сибири загрязнены нефтью толщиной слоя около 5 см.

Вторичное засоление

Вторичное засоление (усиление природного засоления) развивается при неумеренном поливе орошаемых земель в засушливых районах. Вторичному засолению подвержено 30 % площади орошаемых земель в мире, 18 % – в России. Засоление почв приводит к изменению видового состава, к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Опустынивание

Опустынивание – это процесс необратимого изменения почвы и растительности и снижения биологической продуктивности, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню.

Причины опустынивания могут быть как антропогенными, так и природными: длительная засуха, засоление почв, снижение уровня подземных вод, ветровая и водная эрозия, сведение лесов, перевыпас скота, интенсивная распашка, нерациональное водопользование.

Отчуждение земель

Почвенный покров необратимо нарушается при строительстве промышленных объектов, городов, дорог, линий связи. Ежегодно в мире при строительстве дорог теряется более 300 тыс. га пахотных земель. Эти потери неизбежны, однако они должны быть сокращены до минимума.

Таким образом, почва – незаменимая основа продовольствия – нуждается в защите и сохранении.

3.2.2.2. Защита почв от деградации

В соответствии с рассмотренными видами антропогенных воздействий на почвы, можно предложить ряд защитных мероприятий:

1. Защита почв от водной и ветровой эрозии (лесозащитные полосы, лесные насаждения на оврагах, гидротехнические мероприятия – устройство каналов, террас и т. д.).
2. Организация севооборотов и системы обработки почв.
3. Мелиоративные мероприятия (борьба с засолением и заболачиванием).
4. Рекультивация нарушенного почвенного покрова.
5. Защита почв от загрязнения (использование экологических методов защиты растений).
6. Предотвращение необоснованного изъятия земель из сельхозоборота.

3.2.2.3. Состояние исчерпаемых невозобновимых ресурсов

Исчерпаемость природных ресурсов определяется их резервами в природе и интенсивностью использования человеческим обществом. К исчерпаемым невозобновимым ресурсам относятся полезные ископаемые:

- ископаемое топливо (например, каменный уголь);
- металлическое минеральное сырье (боксит);
- неметаллическое минеральное сырье (кварц).

Ресурсы полезных ископаемых возобновляемы в процессе эволюции литосферы, но время их возобновления (сотни тыс. и млн лет) несопоставимо со временем разработки месторождений и расходом минеральных богатств. Интенсивная разработка месторождений ведет к прогрессирующему истощению земных недр.

Ископаемое топливо

Месторождения ископаемых топлив расположены неравномерно. По 1/3 потенциальных мировых запасов угля и газа и более 20 % нефти находятся в России. Почти 35 % нефти и около 17 % газа сосредоточено на Среднем Востоке. Большими потенциалами угля, газа и нефти богата Северная Америка. Эти три региона располагают почти 70 % разведанных мировых запасов ископаемого топлива. Еще не полностью оцененные большие поля месторождений нефти и газа сосредоточены в районах континентального шельфа и подножия морей Северного полушария.

Большинство специалистов по энергетике ожидают, что мировое потребление энергии, а значит и ископаемого топлива, продолжит расти. Согласно расчетам Международного агентства по энергетике, в период с 2000 по 2030 г. предполагается рост потребления энергии от первичных источников (нефть, газ, уголь) на две трети. Подробный анализ, выполненный Датским агентством по энергетике, показывает, что для обеспечения 9 млрд человек (именно таким может быть население мира в 2050 г.) энергией, достаточной для удовлетворения основных потребностей, потребуется вырабатывать в шесть раз больше энергии, чем в 2000 г.

Более 80 % энергии, использованной в 2000 г., приходилось на невозобновимые ископаемые виды топлива: нефть, природный газ и каменный уголь. Природные запасы этих полезных ископаемых неумолимо истощаются. Между 1970 и 2000 гг. в мире было израсходовано 700 млрд баррелей нефти, 87 млрд т каменного угля и 51 трлн м³ природного газа. За те же 30 лет были обнаружены новые месторождения нефти, угля и газа, а также уточнились оценки объемов некоторых ста-

рых месторождений, и оказалось, что они больше, чем ожидалось. Оценка объемов запасов нефти и газа очень сильно варьируется, и такие оценки всегда имеют широкий диапазон неопределенности. В табл. 3.2 приведены оценочные данные о запасах и потреблении некоторых топливно-энергетических ресурсов, а также о примерном времени их истощения.

По мере истощения ресурса, стоимость его добычи будет, разумеется, возрастать. Истощение ресурса не будет выглядеть как резкая остановка добычи или внезапное опустошение месторождений ресурса. Скорее это выразится в уменьшении отдачи от инвестиций в добычу. На рис. 3.5 показаны два возможных сценария мировой добычи нефти. Производство нефти в мире до 2000 г. показано сплошной кривой. Пунктирная линия в правой стороне графика отражает вероятные объемы добычи.

Таблица 3.2

*Потенциальные и используемые ресурсы горючих ископаемых мира
(млрд т нефтяного эквивалента)*

Вид ресурсов	Оценка количества в недрах	Разведанные запасы	Потребление (1999 г.)	Ожидаемое время наличия ресурса, год
Нефть	430	310	3,8	50–80
Природный газ	330	110	2,3	150–300
Уголь	7800	1280	2,32	более 500

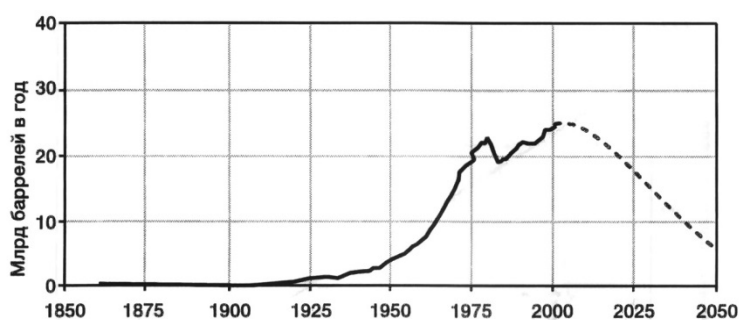


Рис. 3.5. Сценарии мировой добычи нефти (по Д. Медоуз, 2008 г.)

Предполагается, что потребление нефти больше увеличиваться не будет, оно останется на сегодняшнем уровне, а затем, через несколько десятилетий, добыча начнет постепенно уменьшаться, и это будет происходить в течение всего XXI века. Такие сценарии подтверждаются тем, что в мире максимум поиска новых месторождений был пройден в 60-е гг., что в ход идут все более труднодоступные месторождения, причем не только на Аляске, но и в глубоководной зоне Северного Ледовитого океана, и в удаленных районах Сибири.

Важное место в мировых энергоресурсах занимает ядерное топливо, главным источником которого является ископаемый уран. Большая часть урана в литосфере сильно рассеяна. По данным Мировой энергетической конференции (МИРЭК), общие геологические рудные запасы урана составляют 20,4 млн т, в том числе разведанные – 3,3 млн т.

В настоящее время в мире работает более 440 реакторов АЭС. Они потребляют в год около 60 тыс. т урана и вносят 10 процентный вклад в общее техногенное выделение теплоты от использования невозобновимых энергоресурсов.

Минеральное сырьё

Кислород, кремний и еще семь химических элементов составляют 99 % массы континентальной земной коры (рис. 3.6). К распространенным металлам (более 0,1 % средней концентрации), необходимым в первую очередь для металлургии, относятся алюминий, железо, магний, титан и марганец. Остальные металлы считаются геохимически редкими.



Рис 3.6. Содержание наиболее распространенных химических элементов в земной коре, % (по Т.А. Акимовой, 2008 г.)

Некоторое представление об относительной скудности ресурсов можно сформулировать на основе статистических данных, полученных в исследовании мировой добывающей промышленности, проведенным Международным институтом окружающей среды и развития (International Institute for Environment and Development, IIED). В табл. 3.3 приведены сводные данные по восьми важным металлам. С учетом того, что ежегодные темпы роста составляют примерно 2 % (для одних металлов меньше, для других больше, но в целом 2 % – довольно точное приближение), имеющиеся запасы способны обеспечить добычу на несколько десятилетий. Разумеется, технологии будут улучшаться и дальше, цены станут выше, производители освоят новые области добычи и разведают новые месторождения. Как видно из табл. 3.3, некоторые элементы, например, железо и алюминий, в природе встречаются в

изобилии. Другие же (например, свинец, олово, серебро, цинк) встречаются гораздо реже. Для них истощение источников – самая непосредственная угроза.

Таблица 3.3

Ожидаемые разведанные запасы по 8 металлам

	Среднее годовое производство, 1999 г.	Средние темпы роста производства, 1999 г.	Разведанные запасы, 1999 г.	Срок, на который хватит разведанных запасов, при ежегодном росте добычи на 2 %	Объемы ресурса	Срок, на который хватит объемов ресурса, при ежегодном росте добычи на 2 %
Металл	Млн т в год	% в год	Млрд т	Годы	Трлн т	Годы
Алюминий	124	2,9	25	81	2×106	1070
Медь	12	3,4	0,34	22	1500	740
Железо	560	0,5	74000	65	1,4×106	890
Свинец	3,1	-0,5	0,064	17	290	610
Никель	1,1	1,5	0,046	17	290	610
Серебро	0,016	3	0,00028	15	1,8	730
Олово	0,21	-0,5	0,008	28	40,8	760
Цинк	0,8	1,8	0,19	20	2200	780

Тенденции добычи и использования минералов, а также оценка объемов ресурсов в мире уменьшили опасения в отношении того, что мир останется без минерального сырья, но все больший вес приобретают потенциальные пределы возможностей окружающей среды и социальные факторы, влияющие на доступность сырья. Доступность минерального сырья могут ограничить следующие факторы:

- наличие энергии или воздействие на окружающую среду по мере роста затрат энергии на единицу продукции при обогащении бедных руд;
- наличие воды для добычи минерального сырья или воздействие на окружающую среду по мере роста затрат большого количества воды при обогащении бедных руд;
- социальные предпочтения по использованию земель на цели, отличные от добычи руд (ведение сельского хозяйства, производство продовольствия, сохранение биоразнообразия, нетронутых уголков дикой природы, территорий, имеющих культурное значение);
- ограничения экосистемы по усвоению присутствующих в воде, воздухе, почвах и растительности различных компонентов минерального сырья (особенно металлов) и сопутствующих соединений.

Непрерывный рост потребления ископаемого топлива и минерального сырья требует рационального использования недр и их охраны

Разработка недр оказывает вредное воздействие практически на все компоненты окружающей природной среды:



3.2.3. Пути решения проблемы ресурсов полезных ископаемых

3.2.3.1. Использование вод и шельфов Мирового океана

Использование вод и шельфов Мирового океана способствует увеличению запасов полезных ископаемых.

Воды океана содержат много растворимых веществ. Такие элементы как Na, Cl, Mg, S, Ca и K составляют 99,5 % всех растворенных веществ: Na – 30,62 %, Cl – 55,07 %, Mg – 3,68 %, S – 2,73 %, Ca – 1,18 %, K – 1,1 %.

Также содержатся значительные количества еще 64 элементов. 1 км³ морской воды содержит в среднем по 2000 кг Cu и Zn, 800 кг Sn, 280 кг Ag, 11 кг Au. Вся масса золота, содержащегося в водах Мирового океана, составляет 10 млрд т, в несколько раз больше запасов всех цветных металлов на континентах.

Потенциальные ресурсы океанов и морей огромны, но не могут интенсивно использоваться, пока не будут разработаны необходимые технологии их извлечения. В настоящее время могут добываться из воды с экономической выгодой четыре элемента – Na, Cl, Mg, Br.

Шельф – мелководная платформа, окаймляющая континенты и занимающая 7,5 % водной поверхности. На шельфах скапливается огромная масса осадочных пород и полезных ископаемых.

3.2.3.2. Охрана и рациональное использование недр

Можно выделить следующие основные направления охраны и рационального использования недр:

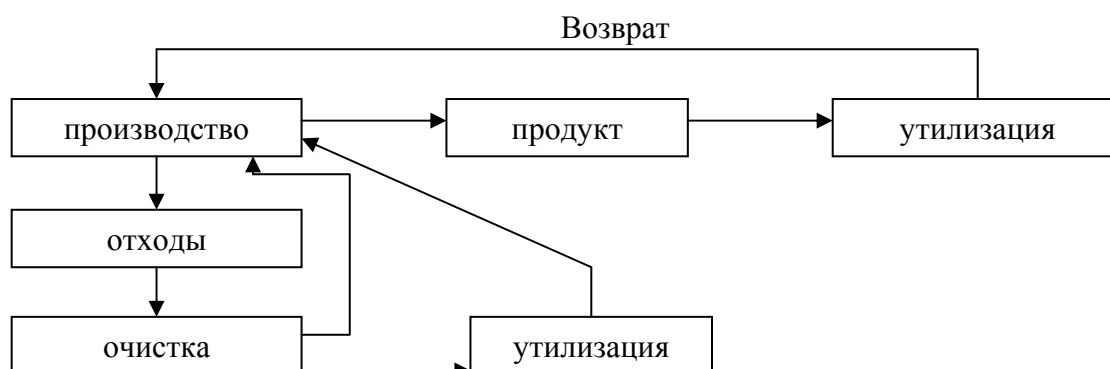
- Обеспечение полного и комплексного геологического изучения недр (для выявления и оценки месторождений полезных ископаемых, исследования закономерностей их формирования и размещения, выяснения условий разработки месторождений).
- Полное извлечение из недр и рациональное использование запасов основных и попутных компонентов.
- Охрана месторождений от затопления, обводнения, пожаров.
- Предотвращение загрязнения недр при подземном хранении веществ, захоронении отходов производства.

3.2.3.3. Использование вторичных ресурсов, создание малоотходных технологий

Вторичное использование материалов решает целый комплекс вопросов по защите окружающей среды:

1. Сокращается потребность в первичном сырье.
2. Уменьшается загрязнение вод и земель.
3. Сокращаются энергетические затраты на переработку сырья.

Истощение запасов первичного сырья требует перевода технологий на использование вторичного сырья, создания малоотходных технологий, основой которых является рациональное использование всех компонентов сырья в замкнутом цикле, аналогичном круговороту веществ и энергии в экосистемах.



Разработаны следующие рекомендации по организации малоотходных и ресурсосберегающих технологий:

- все производственные процессы должны осуществляться при минимальном числе технологических этапов, поскольку на каждом из них образуются отходы и теряется сырье;
- технологические процессы должны быть непрерывными, что позволяет наиболее эффективно использовать сырье и энергию;
- единичная мощность технологического оборудования должна быть оптимальной, что соответствует максимальному КПД и минимальным потерям;
- необходимо широко использовать автоматические системы управления, что обеспечит оптимальное ведение технологических процессов с минимальным выходом вредных веществ;
- выделяющаяся в различных технологических процессах теплота должна быть полезно использована, что позволит сэкономить энергоресурсы, сырье.

3.2.3.4. Использование альтернативных источников энергии

Альтернативная энергетика – совокупность перспективных способов получения энергии из нетрадиционным возобновляемым источникам, которые распространены не так широко, как традиционные, однако представляют интерес из-за выгоды их использования и, как правило, низком риске причинения вреда окружающей среде. К нетрадиционным возобновляемым источникам энергии (НВИЭ) относят биомассу, солнечную энергию, ветер, тепловую энергию недр Земли, а также приливы, волны и морские (океанические) течения.

Мировой потенциал НВИЭ составляет 20 млрд условных тонн (у.т.) (все энергоресурсы: нефть, газ, уголь и др.) в год, что в два раза больше нынешней добычи органического топлива в мире.

Доля НВИЭ в общем энергопотреблении в мире составляет 12–15 %, однако в мировом производстве электроэнергии она существенно ниже и равна 1,6 %, хотя в ряде стран ЕС она превосходит 5 %.

В табл. 3.4 приведены прогнозы оценки вклада возобновляемых источников энергии в мировой энергетический баланс до 2040 г.

В России технический потенциал НВИЭ равен 4,6 млрд у.т. в год, что в пять раз больше общего энергопотребления. По территории России НВИЭ распределены неравномерно, однако очень часто они дополняют друг друга и, что самое главное, уже сегодня способны заменить значительную часть традиционного топлива в наиболее энергодефицитных районах (северные районы), где цена 1 кВт·ч доходит до 10–18 руб. Уже сегодня специалисты оценивают экономически доступный потенциал альтернативной энергетики в России примерно в 30 % от общего

энергетического баланса страны. То есть каждая третья сжигаемая тонна нефти и кубометр газа могут быть замещены энергией ветра, солнца, биомассы. Сейчас в России совокупная мощность генерирующих установок и электростанций, использующих возобновляемую энергию (без учета гидроэлектростанций мощностью свыше 25 МВт) не превышает 2200 МВт. Ежегодно ими вырабатывается не более 8,5 миллиарда кВт·ч электроэнергии, что составляет менее 1 % от общего объема производства.

Таблица 3.4

Прогноз темпов роста вклада возобновляемых источников энергии в мировой энергетический баланс (%)

Технологии	Годы				
	1996–2001	2001–2010	2010–2020	2020–2030	2030–2040
Биомасса	2	2,2	3,1	3,3	2,8
ГЭС	6	8	10	8	6
Ветер	33	28	20	7	2
Фотоэлектричество (солнечная энергетика)	25	28	30	25	13
Геотермальная	6	8	8	6	4
Морская (приливы, волны)	–	8	15	22	21

Ветроэнергетика

Ветроэнергетика – отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, механическую, тепловую или в любую другую форму энергии, удобную для использования в народном хозяйстве. Такое преобразование может осуществляться такими агрегатами, как ветрогенераторы (для получения электрической энергии), ветряные мельницы (для получения механической энергии).

В конце 2002 года установленная мощность ветроэнергетики во всем мире превышала 1000 МВт, что эквивалентно более чем 30 ядерным реакторам, а на июнь 2012 года суммарные установленные мощности всех ветрогенераторов мира составили уже 254 ГВт. На ветроэнергетических установках вырабатывается 0,5 % всей электроэнергии в мире, в Европе – 3 %.

На сегодня в России введено 15 крупных ветроэнергетических установок, которые вырабатывают 0,01 % от всей электроэнергии.

Энергетические ветровые зоны в России расположены, в основном, на побережье и островах Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, в районах Нижней и Средней Волги и Дона,

побережье Каспийского, Охотского, Баренцева, Балтийского, Чёрного и Азовского морей. Отдельные ветровые зоны расположены в Карелии, на Алтае, в Туве, на Байкале.

Достоинства ветроэнергетики:

1. Ветряные генераторы в процессе эксплуатации не потребляют ископаемого топлива. Работа ветрогенератора мощностью 1 МВт за 20 лет позволяет сэкономить примерно 29 тыс. тонн угля или 92 тыс. баррелей нефти.
2. Себестоимость электричества, производимого ветрогенераторами в зависимости от скорости ветра может быть значительно ниже себестоимость электричества, произведенного с помощью традиционных источников. Например, при скорости ветра 9,3 м/с себестоимость электроэнергии (США, 2004 г.) равна 2,6 цента/кВт·ч, а себестоимость электроэнергии производимой из угля (США) равна 4,5–6 цента/кВт·ч.

Недостатки ветроэнергетики:

1. Ветроэнергетика является нерегулируемым источником энергии. Выработка ветроэлектростанции зависит от силы ветра – фактора, отличающегося большим непостоянством. Соответственно, производство электроэнергии ветрогенератором отличается большой неравномерностью.
2. Ветряные энергетические установки производят механические и аэродинамические шумы, а также инфразвук (низкочастотные колебания).
3. Ветрогенераторы могут наносить вред животным и птицам. Возле концов лопастей ветрогенератора образуется область пониженного давления, и животное, попавшее в неё, получает баротравму, птицы могут попадать во вращающиеся лопасти ветроустановок.

Солнечная энергетика

Солнечная энергетика – направление нетрадиционной энергетике, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде. Солнце – неисчерпаемый, экологически безопасный и дешёвый источник энергии. Каждый день Солнце излучает на Землю энергии в 20 тысяч раз больше, чем потребляет все человечество.

В настоящий момент коммерчески освоенными являются четыре основных метода преобразования солнечной энергии в электрическую и тепловую.

1. Фотоэлектрический метод основан на прямом преобразовании солнечной энергии в электрическую, которое осуществляется в фотоэлектрических преобразователях.
2. В термодинамическом методе солнечное излучение преобразуется в теплоту с последующим преобразованием ее в механическую энергию (в турбине или тепловой машине), а затем в электрическую (в генераторе). В качестве разновидности этого метода можно рассматривать комбинацию солнечной и ветровой энергетики, в которой нагретый солнцем воздух создает в трубе высокоскоростной поток, вращающий лопасти ветрогенератора.
3. Термальная энергетика основана на повышении энергосодержания теплоносителя под воздействием солнечного излучения (применяется для отопления помещений).
4. Фотосинтез рассмотрен в разделе биоэнергетика.

В 2010 г. 2,7 % электроэнергии Испании было получено из солнечной энергии, 2 % электроэнергии Германии было получено из фотоэлектрических установок. В 2011 г. около 3 % электроэнергии Италии было получено из фотоэлектрических установок.

Первая в России солнечная электростанция мощностью 100 кВт была запущена в сентябре 2010 г. в Белгородской области. Наиболее перспективными по климатическим условиям для солнечных электростанций в России являются территории Нижнего Поволжья и Северного Кавказа – в Европейской части страны; Южное Забайкалье, юг Хабаровского края – в её Азиатской части.

Достоинства солнечной энергетики:

1. Солнечное излучение – общедоступный и неисчерпаемый источник энергии.
2. При использовании солнечной энергетики в окружающую среду не поступают загрязняющие вещества и шумы, т. е. экологическая безопасность.

Недостатки солнечной энергетики

1. Нерегулярное поступление солнечного излучения к земной поверхности приводит и к нерегулярной выработке электроэнергии на солнечных электростанциях .
2. Для строительства солнечных электростанций требуются большие площади земли. К примеру, для электростанции мощностью 1 ГВт может понадобиться участок площадью несколько десятков квадратных километров.
3. Сравнительно высокая цена солнечных элементов, связанная с применением редких элементов при их изготовлении (к примеру, индий и теллур).

Биоэнергетика

Биоэнергетику можно рассматривать как один из вариантов солнечной энергетики, в основе которой лежит фотосинтез и последующее высвобождение запасенной в биомассе солнечной энергии в виде электричества и теплоты.

Под термином «биомасса» обозначают любые материалы биологического происхождения, а именно:

- 1) продукты естественной вегетации (древесина, древесные отходы, торф, листья и т. д.);
- 2) отходы жизнедеятельности людей, включая производственную деятельность (горючие бытовые отходы, отходы промышленного производства и лесопереработки и др.);
- 3) отходы сельскохозяйственного производства (стебли, ботва, навоз и др.);
- 4) специально выращиваемые высокоурожайные агрокультуры.

Биологическое топливо (биомасса) является четвертым по значению топливом в мире (после угля, газа, нефти) уже сейчас обеспечивающим 9 % общего потребления первичных энергоносителей в мире. На сегодняшний день сформировались три основных направления конверсии биомассы в технически удобные виды топлива или энергии:

- 1) получение моторного топлива из растительных углеводов (растительного масла, высокомолекулярных жирных кислот и их эфиров и т. д.);
- 2) термохимическое преобразование биомассы при высоких температурах для получения синтез-газа, метанола, тепла (газификация, пиролиз, прямое сжигание);
- 3) биотехнологическая конверсия биомассы в топливо с получением низкоатомных спиртов, биогаза, жирных кислот.

Лидирующее положение среди этих четырех технологий на сегодня занимает газификация – сжигание биомассы при температуре 800–1500 °С в присутствии воздуха или кислорода и воды.

Газогенераторы, объединенные в один энергетический комплекс с водяными котлами или дизель-генераторами, используются для получения тепловой или электрической энергии.

Мировыми лидерами по развитию биоэнергетики являются на сегодня Финляндия, где биомасса покрывает 21 % потребностей в энергоресурсах, и Швеция (19 %).

Для России биоэнергетика представляет собой перспективы благодаря огромной территории страны и низкой плотности населения. В нашей стране находятся 20% мировых запасов леса и 47 % мировых запасов торфа, однако биомасса занимает всего 0,2 % в общем произ-

водстве электроэнергии. На данный момент разработаны и находятся на разных стадиях реализации проекты использования биоресурсов для выработки электричества и тепловой энергии в Нижегородской, Архангельской, Московской и ряде других областей.

Достоинства биоэнергетики:

1. Биомасса является возобновимым источником энергии, что позволяет экономить ископаемые энергоресурсы (нефть, газ, уголь).
2. Нет избыточного поступления углекислого газа в атмосферу, поскольку весь CO₂, выделяющийся при сгорании биомассы, затрачивается на ее производство в процессе фотосинтеза.
3. Продукты горения биомассы характеризуются низким содержанием серы (при сжигании биомассы выделяется менее 0,2 % серы и 3–5 % золы в сравнении с 2–3 % и 10–15 %, соответственно, для угля).
4. Биомасса имеет повышенную, по сравнению с углем, способность к газификации.
5. Энергия, получаемая из биомассы, относительно дешева.
6. Имеются возможности накапливать промежуточный энергоноситель – биогаз.

Недостатки биоэнергетики:

1. Основной недостаток – низкие эффективность и скорость протекания фотосинтеза как способа превращения солнечной энергии в химическую.
2. Критики развития биотопливной индустрии заявляют, что растущий спрос на биотопливо вынуждает сельхозпроизводителей сокращать посевные площади под продовольственными культурами и перераспределять их в пользу топливных, что может привести к росту голодающих людей мире.

Геотермальная энергетика

Геотермальная энергетика – направление энергетики, основанное на производстве электрической энергии за счёт энергии, содержащейся в недрах земли, на геотермальных станциях. Тепло земных недр выходит на поверхность Земли, там, где имеются разломы в земной коре. Имеется значительное количество мелких разломов, где тепло Земли выходит на поверхность в виде пара и (или) горячей воды, или залегает на незначительной глубине. Этот тип геотермальной энергии наиболее удобен для преобразования в электрическую энергию. Если его источник дает пар, то последний либо непосредственно направляется в турбину, либо в теплообменник, где он используется для предварительного получения чистого пара, который затем направляется в турбину.

Число геотермальных электростанций (ГеоЭС) в мире невелико, их суммарная мощность оценивается величиной 4800–7072 МВт. На сегодняшний день геотермальные ресурсы Земли используются в энергетике 58 стран мира. Первой электростанцией, работающей на паре земных недр, в России является – геотермальная Паужетская станция мощностью 5 МВт на Камчатке. В 1998 году на Камчатке первый ток дала Верхне-Мутновская ГеоЭС мощностью 12 МВт, а в 2002 г. – Мутновская ГеоЭС мощностью 50 МВт. Перспективными регионами для строительства ГеоЭС в России кроме Камчатки являются Северный Кавказ, Курильские острова, Чукотка, Приморье, Прибайкалье, Западная Сибирь, Калининградская область. В настоящее время доля России в мировом объеме энергии, вырабатываемой с помощью геотермальных источников, достигает 10 %. Значительная доля электроэнергии вырабатывается на ГеоЭС в Исландии, Новой Зеландии (до 40 %) и Италии (6 %).

Достоинства геотермальной энергетики:

1. Геотермальная энергия является практически неиссякаемой и полностью независимой от условий окружающей среды, времени суток и года (в отличие, например от солнечной и ветроэнергетики).
2. Сравнительно низкая себестоимость электроэнергии, получаемой на ГеоЭС (цена на электроэнергию на Камчатке – около 3 руб/кВт·ч, а себестоимость электроэнергии, вырабатываемой Мутновской ГеоЭС, не превышает 1,6 руб/кВт·ч (2004 г.)).

Недостатком геотермальной энергетики является то, что этот вид энергетики не является экологически чистым. Отработанные пар и горячая вода, являющиеся отходами производства на ГеоЭС, содержат большое количество токсичных веществ, (например, соли свинца, кадмия, мышьяка, аммиак, фенол) что может привести к загрязнению поверхностных и грунтовые воды, а также почвы.

Энергия приливов и морских течений

Энергия морских приливов известна человечеству с давних времен, когда она использовалась для приведения в движение различных механизмов, в первую очередь мельниц. Потенциал приливной энергетики оценивается в 15 % от современного электропотребления.

Приливная электростанция (ПЭС) – особый вид гидроэлектростанции, использующий энергию приливов. Приливные электростанции выгодно отличаются от речных, тем, что их работа определяется силами притяжения Луны и Солнца и не зависит, как у речных, от многочисленных случайных погодных условий. Для получения энергии залив или устье реки перекрывают плотиной, в которой установлены гидроагрега-

ты, которые могут работать как в режиме генератора, так и в режиме насоса (для перекачки воды в водохранилище для последующей работы в отсутствие приливов и отливов). Энергетический потенциал приливных волн огромен и равен 3 млрд кВт. Потенциал России в области приливной энергетики в основном сконцентрирован на Северо-Западе – незамерзающие акватории Белого и Баренцева морей, а также на Дальнем Востоке в Охотском море. В России с 1968 года действует экспериментальная ПЭС в Кислой губе на побережье Баренцева моря. На 2009 г. её мощность составляет 1,7 МВт. На этапе проектирования находится Северная ПЭС мощностью 12 МВт. Из зарубежных ПЭС наиболее известны: «Ранс» (Франция), «Аннаполис» (Канада) и «Цзянсай» (Китай). По прогнозам специалистов существенного прироста суммарной мощности ПЭС следует ожидать после 2020 г. Во Франции и Англии начаты работы над проектом использования энергии морских течений. Согласно проекту, турбины установлены на неподвижном основании в полностью погруженном состоянии и используют энергию подводных течений, которые вращают винты. Франция располагает большими возможностями для развития этого вида возобновляемой энергетики, т. к. у берегов Нормандии и Бретани проходят мощные течения, связанные с приливами и отливами. Уже предусмотрено сооружение трех станций этого типа: двух в Бретани мощностью 1 ГВт и 2 ГВт, одной – у берегов полуострова Котантена. Скорость морских течений здесь достигает 5 м/с и поэтому 1500 турбин смогут обеспечить мощность 3 ГВт. Основным преимуществом приливных электростанций является экологическая безопасность. При их эксплуатации не загрязняется атмосфера вредными выбросами в отличие от тепловых станций, не затапливаются земли в отличие от гидроэлектростанций и нет потенциальной опасности в отличие от атомных станций.

Недостатки ПЭС:

1. Неравномерностью приливной энергии в течение лунных суток и лунного месяца не позволяет систематически использовать ее в периоды максимального потребления в энергосистемах. Однако это можно компенсировать совместив работу ПЭС с другой электростанцией, например ГЭС.
2. Большой объем требующихся капиталовложений при сооружении ПЭС.

Следует отметить, что возобновляемые источники энергии, несмотря на все их преимущества, конечно, имеют пределы использования; работать они могут вечно, но производить при этом только определенное количество энергии. Они не могут обеспечить бесконечный рост населения и высокий темп роста промышленности. Тем не менее, в бу-

дущем они вполне способны служить основой устойчивого общества. Их много, они широко распространены и разнообразны. Потоки загрязнений, связанные с их использованием, меньше и, как правило, менее вредны, чем потоки от использования ядерной энергии или энергии ископаемого топлива.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте классификацию природных ресурсов.
2. Назовите основные причины утраты биологического разнообразия.
3. Что такое деградация почв и каковы ее причины?
4. Охарактеризуйте основные виды антропогенного воздействия на почвы: эрозия, загрязнение, засоление и заболачивание, опустынивание, отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.
5. Назовите основные мероприятия по защите почв от деградации.
6. Назовите пути решения проблемы ресурсов полезных ископаемых.
7. Назовите основные виды альтернативной энергетики, их достоинства и недостатки.

4. ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

Экология человека – это наука о взаимодействии человека со средой обитания. Ее предмет состоит в изучении приспособительных изменений, происходящих в человеческом организме в зависимости от природных и социальных условий жизни.

Задачи экологии человека в теоретическом плане заключаются в познании механизмов адаптации организма человека к новой для него среде, а в прикладном плане направлены на разработку мероприятий, облегчающих его приспособление к окружающим условиям. Кроме того, важнейшей областью экологии человека является исследование динамики и прогноза здоровья.

4.1. Человек как биологический вид

Эволюция человека качественно отличается от эволюции организмов других видов, поскольку в ней действовали не только биологические, но и социальные факторы. Человек является биосоциальным существом. С одной стороны, он является биологическим существом, частью природы – представителем биологического вида «Человек разумный». Его место в системе животного мира определяется принадлежностью к типу Хордовых, классу Млекопитающих, подклассу Плацентарных, отряду Приматов, семейству Гоминид, роду Номо. С другой стороны человек социален, обращен в мир научных и технических достижений, культуры и т. д. Поэтому развитие человечества базируется на двух процессах – биологической эволюции и культурном прогрессе. Помимо биологической и социальной сущности, специфичность человека проявляется в его духовности.

Первые научные доказательства концепции о происхождении человека из мира животных представлены Ч. Дарвином в его труде «Происхождение человека и половой отбор» (1871). Ученый выдвинул теорию о симиальном (от лат. Simian – обезьяна) происхождении человека от высоко развитых обезьян третичного периода, но он не утверждал, что человек произошел от обезьяны. Дарвин считал, что человек и современные обезьяны – виды, относящиеся к двум разным ветвям эволюции, которые имеют далекого общего предка. Конечно же, различия между человеком и животными весьма велики, но и сходство таково, что гипотезы о происхождении человека от обезьяноподобных предков, безусловно, имеют основания. По мере развития анатомии и эмбриологии, эти доказательства пополнялись новыми данными, которые указывали на анатомическое сходство и сходство эмбрионального развития человека и животных.

Как у всех хордовых, в процессе эмбриогенеза внутренний скелет человека представлен хордой, в глотке имеются жаберные щели, нервная трубка закладывается на спинной стороне, тело двусторонне симметрично. Хорда в процессе развития заменяется на позвоночный столб, формируется череп, челюстной аппарат, парные свободные конечности и сердце на брюшной стороне. Как и у животных, у человека пять отделов головного мозга. По аналогии со всеми млекопитающими позвоночник разделен на пять отделов, имеется диафрагма, четырехкамерное сердце и постоянная температура тела. Развитие плода в теле матери и питание его через плаценту характерно для всех плацентарных животных. Как и у всего отряда приматов, у человека имеются передние конечности хватательного типа, ногти, пара молочных желез, расположение глаз в одной плоскости, обеспечивающее объемное зрение, смена молочных зубов и ряд других признаков.

Современные представления относительно отличий человека от животных основываются, прежде всего, на данных о различиях в развитии мозга. Наличие крупного, сложного, хорошо развитого мозга определило возможность человека обладать сознанием, способностью к абстрактному мышлению, общению с помощью речи и абстрактных символов, а также к восприятию и передаче информации.

Среди других отличительных признаков человека следует назвать особенности челюстей, строение и расположение зубов, дифференцировка верхних и нижних конечностей, характерные изгибы позвоночника, широкий таз. Только человек обладает способностью к прямохождению. Исключительное развитие получила дифференциация кисти, обеспечивающая хватательные движения, значительные размеры приобрел первый палец. Из-за расположения глаз в передней части головы человек обладает бинокулярным зрением, которое позволяет ему различать предметы в трех измерениях.

Благодаря высокому уровню интеллектуального развития человек создал культуру, развил технологию, создал города, литературу, музыку и т. д. Являясь социальным существом, человек способен думать о прошлом, анализировать прошлое и планировать будущее. Этими свойствами животные не обладают. Но, несмотря на свои уникальные свойства, человек не лишился биологической сущности, и все законы экологии для него справедливы полностью, как и для любого другого живого организма.

Человек появился в биосфере около 4 млн лет назад, по некоторым оценкам это произошло от 4 до 8 млн лет. Первые люди существовали в составе природы и в полном единении с ней. Их численность была невелика и контролировалась различными природными факторами такими

как: наличие хищников, паразитов, конкурирующих видов человекообразных, внутривидовой борьбой. С течением времени добавился еще один регулирующий численность человека фактор – истощение кормовых ресурсов. По возможностям географического распространения человек способен обитать на различных участках и в различных климатических зонах планеты, и в отличие от других представителей животного мира способен заселить любую экологическую нишу. Хотя как биологический вид человек может обитать только в пределах суши экваториального пояса (в тропиках и субтропиках) до высоты 3–3,5 км над уровнем моря.

Понятие экологической ниши человека и его разумной деятельности неразрывно связаны, именно благодаря разуму пространственной нишей человека стала вся Земля. Современный человек расширил границы местообитания: расселился во всех широтах, освоил глубины океана и космическое пространство. Однако за пределами первоначального ареала он может выжить не за счет биологических механизмов (биологической адаптации), а за счет технических средств, специальных защитных устройств и приспособлений, например, таких как отапливаемые жилища, одежда, кислородные приборы и т. д., хотя человеку удастся воспроизвести не все экологические факторы.

Человек расширил и трофические границы ниши. Социальные и технические возможности позволили использовать большинство продуктов, предоставляемых природой. Человек с каждым днем расширяет объемы и спектр продуктов, получаемых в культурном хозяйстве и промышленных условиях.

Экологическая ниша человека по поведенческому статусу больше обусловлена социальными условиями, такими как законы, правила и мораль, чем биологическими критериями и природными факторами. На сегодняшний день зависимость человека от природных условий минимальна. Широкая экологическая валентность, как и неограниченная экологическая ниша, позволили человеку перейти в ранг уникального вида, способного подчинять своим интересам другие виды, уничтожать их.

Несмотря на то, что с течением времени произошло превращение человека в гиперэврибионта, он остается частью биосферы. Человек как биологический вид может выжить и развиваться только при соблюдении законов устойчивости биосферы, которые должны быть положены в основу его духовного развития и практической деятельности. Создание системы экологического мировоззрения, экологической этики, экологически целесообразной экономики, экологического права – все это необходимые условия развития современного человеческого общества.

4.1.1. Антропогенез, его этапы и факторы

Антропогенез (от греч. *anthropos* – человек, *genesis* – развитие) – сложный процесс эволюционно-исторического формирования физического типа человека, первоначального развития его трудовой деятельности, речи.

Исследование факторов, путей и закономерностей этого процесса составляет задачу одного из основных разделов антропологии – учения об антропогенезе. К главным проблемам антропогенеза относятся: место (прародина) и время появления древнейших людей; непосредственные предки человека; основные стадии антропогенеза, движущие силы антропогенеза на различных его этапах; соотношение эволюции физического типа человека с историческим прогрессом его культуры, развитием первобытного общества и речи.

Предковой формой гоминид, т. е. человека и его вымерших близких родичей, считается рамапитек – человекообразная обезьяна, живущая в миоцене – плиоцене в Южной Азии, на Ближнем Востоке и на Балканах вплоть до Африки. Возраст рамапитека определен в 14 млн лет. Проводя сравнение размеров, формы и расположения зубов человека, человекообразных обезьян и рамапитека ученые сделали заключение, что по строению челюсти рамапитек больше напоминает человека, однако по внешним признакам он более схож с обезьянами. Его рост составлял около 1 м, обитал он на земле, питался зернами и корнями, мог частично передвигаться на задних конечностях, хотя большую часть времени проводил на деревьях. Большинство ученых считают рамапитеков предшественниками орангутанга. Вопрос о сознании у рамапитеков спорен.

Останки австралопитека (южный человек), который жил около 3–2,3·10⁶ лет назад (по некоторым оценкам около 5 млн лет) и считается предшественником, впервые найдены в Южной Африке. Изучение скелетных останков этого существа показали, что его масса тела составляла 35–55 кг, зубы почти схожи с человеческими. Особенности строения таза австралопитека указывают на то, что он передвигался на двух ногах, т. е. его тело было приспособлено к вертикальному положению. Объем мозга у этого вида был всего лишь 450 см³, что приблизительно в 4 раза меньше, чем у представителей *Homo sapiens*, но, все же, он превышал объем мозга высших обезьян. Считается, что австралопитек занимал среднее положение между обезьяной и человеком.

В 1960 г. в Африке был найден череп другого существа, более близкого к человеку, чем австралопитеки, древность которых составляет около 2–2,5 млн лет. Было установлено, что рост этого существа ра-

вен 120 см, объем головного мозга около 650 см³. Первый палец его стопы уже не был отведен в сторону, что указывало на полное завершение прямохождения. Поскольку вместе с костными останками этого существа найдены и примитивные галечные орудия, было сделано предположение о том, что оно является их творцом. В связи с этим найденное существо назвали *Homo habilis* – человек умелый.

Вдвое больший объем мозга в сравнении с австралопитеком имел *Homo erectus* – человек выпрямленный, появившийся около 1,5 млн лет назад. Он имел вертикальное положение тела, почти человеческий скелет, доминирование черепной коробки над лицевым отделом. Его рост, вероятно, составлял около 170 см, масса – 70 кг. Представители *Homo erectus* были более крупными, чем австралопитеки, могли ходить длительное время прямо без напряжения, полностью использовать руки. Они пользовались двусторонне обработанными каменными орудиями. Более примитивные орудия датируются значительно ранними сроками. Это означает, что прямохождение развилось раньше резкого увеличения объема мозга и то, что древнейшие гоминиды с таким неразвитым мозгом уже могли заниматься охотой.

Судя по увеличенному размеру мозга, *Homo erectus* должны были обладать речью. Считают, что их деятельность по добыванию пищи имела коллективный характер. Существуют данные о том, что на этом этапе у людей существовали болезни, многие из которых перешли в наше время.

Предполагают, что от *Homo erectus* идет линия к человеку каменного века – *Homo sapiens*, а от него к неандертальцу – *Homo sapiens neanderthaleusis*, которого рассматривали как вымерший подвид современного человека.

В 1856 г. в долине Неандерталь реки Дюссель в ФРГ во время добычи известняка были обнаружены останки скелета древнего человека, которые были названы неандертальцем. Многие антропологи предполагают, что существовало две группы неандертальцев – ранние, или про-неандертальцы, произошедшие от одной из популяций *Homo erectus*, жившие в течение 300–250 тыс. лет и поздние неандертальцы, широкое распространение которых приходится на период 200–35 тыс. лет. Объем мозга этих древних людей составлял 1200–1600 см³, как у современного человека, рост – около 160 см. Считают, что неандертальцы обладали речью, но, вероятно, нечленораздельной. Новые данные свидетельствуют в пользу того, что неандертальцы были уже людьми, мало отличающимися от людей современного типа.

Многочисленные находки скелетов неандертальцев свидетельствуют о том, что их средний возраст составлял 30 лет, хотя отдельные из

них доживали до 50 лет. Время жизни неандертальцев совпало с периодом последнего наступления ледников. Они строили простые жилища, защищались от холода с помощью одежды из шкур зверей, изготавливали более совершенные кремневые и костяные орудия, что позволяло им успешно вести борьбу с мамонтами. Неандертальцы хоронили умерших или погибших соплеменников.

Неандертальцы внезапно исчезли 40–30 тыс. лет назад. Предполагают, что они были либо поглощены, либо частично истреблены людьми современного типа.

Кроманьонцы – ранние представители современного человека в Европе и отчасти за ее пределами, практически неотличимые от современного человека. Под этим названием понимают как ископаемые формы человека современного физического типа, так и ныне живущих людей. Название происходит от грота Кро-Маньон во Франции, где в 1868 г. было обнаружено несколько скелетов людей вместе с орудиями позднего палеолита. Считается, что «кроманьонский человек» появился в биосфере около 50–35 тыс. лет тому назад. Кроманьонцы были высокорослы, их рост достигал 180–190 см, и имели вытянутые пропорции тела. Их череп по сравнению с черепом неандертальцев имел более высокий и округленный свод, прямой и более гладкий лоб, выступающий подбородок. Людей кроманьонского типа отличало низкое, но широкое лицо, угловатые глазницы, узкий, сильно выступающий нос и крупный мозг (в среднем 1800 см³).

Палеонтологические находки указывают на то, что в период появления современных людей доживали свой век и последние неандертальцы.

Осмысливая происхождение человека, Ч. Дарвин придавал большое значение таким факторам антропогенеза, как изменчивость телесных и психических свойств предков человека, естественный и половой отбор.

Естественный отбор действовал в популяциях древнейших и древних людей. Он шел не только по физическим признакам, но и благоприятствовал таким чертам, как умение производить и использовать орудия труда, коллективные способы вести охоту и т. д. Можно сказать, что действие естественного отбора полностью не прекратилось и в современную эпоху.

Современные представления о факторах антропогенеза в общем сводятся к пониманию того, что человек является продуктом действия тех же факторов эволюции, которые создали живой мир, однако с учетом действия специфики человека должны были действовать также и специфические факторы антропогенеза.

Основы учения о специфических факторах антропогенеза были заложены Ф. Энгельсом еще в последней трети XIX века. Он назвал важнейшим специфическим фактором антропогенеза труд, который отделил человека от животных, а люди благодаря совместной деятельности рук, органов речи и мозга стали обладать способностью выполнять с каждым днем усложняющиеся операции, ставить перед собой все более высокие цели и достигать их. Изготовление орудий обеспечило древнейшим людям выход на господствующее положение в природе.

Важным специфическим фактором антропогенеза явилась также мясная пища, которая обеспечила предков современного человека незаменимыми аминокислотами.

Многие антропологи уделяют большое внимание такому возможному фактору антропогенеза, как альтруизм. Изготовление орудий древнейшими и древними людьми возможно было только на основе навыков, наследуемых от предыдущих поколений, что вело к повышению в первобытных сообществах роли и значения людей старшего поколения, хранящих опыт изготовления орудий, охоты и т. д. Чем лучше охранялись слабые, тем больше оставалось шансов на выживание. Вероятно, в этот период начала прекращаться внутривидовая борьба за существование, падать значение естественного отбора.

С завершением процесса антропогенеза важным его фактором становились возникающие социальные закономерности. Возникновение социальной среды стало необратимым. Человек, сохраняя свою биологическую природу, превращается вместе с тем в общественное существо. Человек предстает уже не просто как индивид, являющийся частью рода человеческого, но и как личность в ее взаимосвязи с обществом. Личность – относительно поздний продукт общественно-исторического и онтогенетического развития. Каждый отдельный человек представляет собой неповторимую индивидуальность, и одновременно несет в себе некую родовую сущность. Он выступает как личность, когда достигает самосознания, понимания своих социальных функций, осмысления себя как субъекта исторического процесса.

4.1.2. Среда обитания человека

Среда обитания человека – совокупность объектов, явлений и факторов окружающей среды, определяющая условия жизнедеятельности человека.

В настоящее время человек живет в среде, которая в значительной мере является результатом действия антропогенных факторов. Она в значительной мере отличается от той классической среды, в которой действуют природные абиотические и биотические факторы. Заметное

изменение человеком среды началось вслед за этапом собирательства, когда он перешел к более активным видам деятельности. Человек все больше отделял себя от природы и окунался в атмосферу созданной им самим среды. Контакт человека с истинно природной средой все более и более уменьшается.

Среду обитания человека можно подразделить на несколько условных типов:

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

Минимальная среда – наличие необходимых ресурсов, без которых невозможно сама жизнь.

Физиологическая среда – минимальная среда и наличие условий обеспечения некоторых более сложных потребностей, которые человек, как и любой другой живой организм, получает из среды.

Экологическая среда (непосредственная среда жизни) – это вся природная среда.

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

- *собственно природная среда («первая среда» по Н.Ф. Реймерсу)*. Это среда либо слабо измененная человеком, поскольку совершенно неизменной человеком среды на Земле практически нет, или измененная в такой степени, что она не потеряла важнейшего свойства – самовоспроизведения и саморегулирования. Собственно природная среда близка или совпадает с той, которую в последнее время называют «экологическим пространством»;
- *агротехническая среда (преобразованная человеком природная среда)*. Это полуискусственные агроэкосистемы: сельскохозяйственные угодья, культурные ландшафты, зеленые насаждения, постройки, бульвары, сады и т. п. Этот вид среды неспособен к самоподдержанию в течение длительного времени и требует усилий человека по ее поддержанию.

В результате длительного воздействия человека на окружающую природу создалась новая, *артеприродная* (лат. *арте* – искусственный)

среда обитания, оказывающая существенное влияние на различные стороны его жизнедеятельности. Этот процесс особенно усилился в условиях научно-технической революции, в связи с индустриализацией, урбанизацией среды и созданием искусственных экосистем. Это жилые и производственные помещения, промышленные комплексы, застроенные части городов и т. п. Такая среда может существовать только при постоянном вложении энергии. В границах данной среды резко нарушены круговороты веществ. Для нее типично накопление отходов, загрязнения. Большинство людей индустриального общества живут в условиях именно такой среды.

Социальная среда – среда, в которой живет человек, его культурно-психологическое окружение, социум и та часть информационной среды, которая по своему происхождению связана с культурой, а не с природой. Она включает взаимоотношения с людьми, психологическую атмосферу, уровень материальной обеспеченности, здравоохранение, общекультурные ценности, степень уверенности в завтрашнем дне и т. п. Эта среда оказывает все большее и большее влияние на человека. «Загрязнение» общественной среды, с которой человек находится в постоянном контакте, не менее опасно для людей, чем загрязнение природной среды. Если предположить, что в крупном городе будут устранены все неблагоприятные параметры абиотической среды, в виде устранения всех видов загрязнения, а социальная среда останется в том же виде (неблагоприятной для человека), то нет оснований ожидать существенного уменьшения заболеваний и увеличения продолжительности жизни.

4.1.3. Потребности человека

У человека имеется ряд потребностей, как и у всех живых существ, которые избирательно реагируют на предмет потребностей, на то, чего организму в данный момент не хватает. Количество и качество потребностей зависит от уровня организации живых существ, образа и условий их жизни. Меньше всего потребностей у растений, которые имеют нужду только в биохимических и физических условиях существования. У животных большинство потребностей имеют форму инстинктов. Потребности человека отличаются от потребностей всех живых существ.

Среди потребностей человека выделяют биологические, которые в свою очередь подразделяются на базовые и важнейшие, социальные и псевдопотребности.

К *базовым биологическим потребностям* относятся пища, воздух, вода, одежда, жилище, а также более сложные, но необходимые для человека условия: безопасность; тепловой, акустический, электромагнит-

ный комфорт; состав воздуха, не приводящий к физиологическим или генетическим аномалиям и неприятным ощущениям; питьевая вода, незагрязненная и приятная на вкус; сбалансированность питания, в том числе определенные характеристики пищи и ее безопасность; продолжение рода и получение сексуального удовлетворения.

Важнейшие биологические потребности заключаются в полноценном сне и отдыхе; защите от заболеваний и антропогенных загрязнений; пространственном комфорте; комфорте природной (биогенной) среды; также к ним относят подвижность и труд; информация, необходимая для здоровья и развития мозга; биолого-социальный климат, т. е. определенное положение в иерархической структуре общества.

Социальные потребности заключаются в необходимости занимать определенное место в социальной группе, следовать нормам, принятым в данном социуме. Удовлетворение социальных потребностей обеспечивает человеку его место в социуме.

Осознание своих истинных потребностей очень важно для человека, ибо в соответствии с ними человек выстраивает свою субъективную систему ценностей. Когда эти ценности, а также представления об успехе в жизни и о комфорте опираются на естественные потребности и стремление к их реализации, тогда гарантирован успех не только в социальной, но и в личной жизни: ощущение счастья, комфорта и т. д.

Если биологические потребности не реализуются, то они заменяются *псевдопотребностями*, т. е. возникает потребность в предметах роскоши и следовании каким-либо привычкам. Подобная псевдокомпенсация ведет не только к асоциальному поведению человека, но и к нарушению многих экологических законов (правил поведения человека в природе).

В физиологическом плане потребности человека и возможность их реализации тесно связаны с эмоциями, а эмоции являются очень важной составляющей мыслительного процесса – интеллектуальной деятельности человека. Неудовлетворение своих естественных потребностей приводит к отрицательному эмоциональному фону человека и ведет к постоянному стрессовому состоянию. Длительное неудовлетворение потребностей приводит к неврозам.

4.2. Демографические проблемы

Все люди на Земле образуют популяционную систему – человечество. Популяция человека обладает теми же свойствами, что и популяция животных, но характер и форма их проявлений значительно отличаются вследствие действия таких факторов, как искусственная среда, социально-экономические условия и др.

Рост популяции человека ограничен доступными природными ресурсами и условиями жизни, социально-экономическими и генетическими механизмами. Человек пока не придает значения этим ограничивающим факторам. Об этом свидетельствует стремительный рост населения, т. е. численности популяции. Если в ближайшее время не произойдут изменения как в стиле жизни, так и в уровне экологического сознания людей, то биосфера не выдержит рост человечества.

Рост популяции человека ограничен доступными природными ресурсами и условиями жизни, социально-экономическими и генетическими механизмами. Человек пока не придает значения этим ограничивающим факторам. Об этом свидетельствует стремительный рост населения, т. е. численности популяции. Если в ближайшее время не произойдут изменения как в стиле жизни, так и в уровне экологического сознания людей, то биосфера не выдержит рост человечества.

Английский экономист Томас Мальтус предвидел ситуацию перенаселения Земли и сформулировал следующее положение (1798 г.): возможности увеличения населения планеты шире, чем возможности Земли производить продукты питания. Мальтус математически доказал, что рост населения происходит по экспоненциальному закону в геометрической прогрессии, а количество сельхозпродуктов увеличивается в арифметической прогрессии. Когда будут исчерпаны все имеющиеся ресурсы, регулируемыми факторами изменения численности станут болезни, социальные потрясения, голод, войны.

На протяжении практически всей истории человеческого общества рост населения был медленным. От медленного роста к взрывообразному увеличению человечество перешло в XVIII–XIX вв. Показательные цифры, отражающие время удвоения численности населения, представлены в табл. 4.1.

Анализ темпов роста показывает, что для удвоения численности населения с начала нашей эры потребовалось 900 лет, затем 800, 150, 100, 38 лет (с 1950 по 1988 гг. население планеты увеличилось с 2,5 до 5 млрд человек).



Т. Мальтус
(1766–1834 гг.)

Таблица 4.1

Удвоение численности населения Земли

Время	Рост численности, млн чел.	Период двукратного увеличения численности, лет
С начала нашей эры, год		
0–900	160–320	900
900–1700	320–600	800
1700–1850	600–1200	150
1850–1950	1200–2500	100
1950–1988	2500–5000	38

Последние лет 150 население Земли росло и продолжает расти феноменальными, взрывообразными темпами (табл. 4.2). В 1927 г., всего через сто лет после достижения миллиардного уровня, численность превысила 2 млрд человек, уже 30 лет спустя (1960 г.) достигла 3 млрд и всего лишь через 14 лет (1974 г.) – 4 млрд. Затем, через 13 лет (1987 г.) народонаселение Земли перевалило отметку в 5 млрд, еще через 12 лет – 6 млрд (1999 г.) и достигло цифры 7 млрд в 2012 г. Основной прирост населения нашей планеты приходится на развивающиеся страны.

Таблица 4.2

Рост численности населения мира

Численность населения, млрд чел.	1	2	3	4	5	6	7
Годы	1820	1927	1960	1974	1987	1999	2012

На рис. 4.1 представлена версия прогноза населения мира до конца нынешнего века, выполненная экспертами ООН в 2012 г. (этот прогноз уточняется каждые два года). Прогноз выполнен в четырех вариантах. Расчеты перспективной численности населения, проведенные в зависимости от рождаемости, дают существенно различающиеся результаты, причем по мере удаления от исходного момента прогнозирования различия заметно возрастают.

Оценки численности населения мира свидетельствуют о его росте. По среднему варианту прогнозных расчетов, численность населения мира в середине 2013 г. достигла 7,2 млрд человек. В ближайшие 12 лет она увеличится еще на миллиард человек – до 8,1 в середине 2025 г., к 2050 г. достигнет 9,6 млрд человек, а к 2100 г. – 10,9 млрд человек. Рост населения сохранится до конца текущего столетия, хотя в последней трети века он сильно замедлится, и будет напоминать стабилизацию на уровне чуть выше 10 млрд человек.

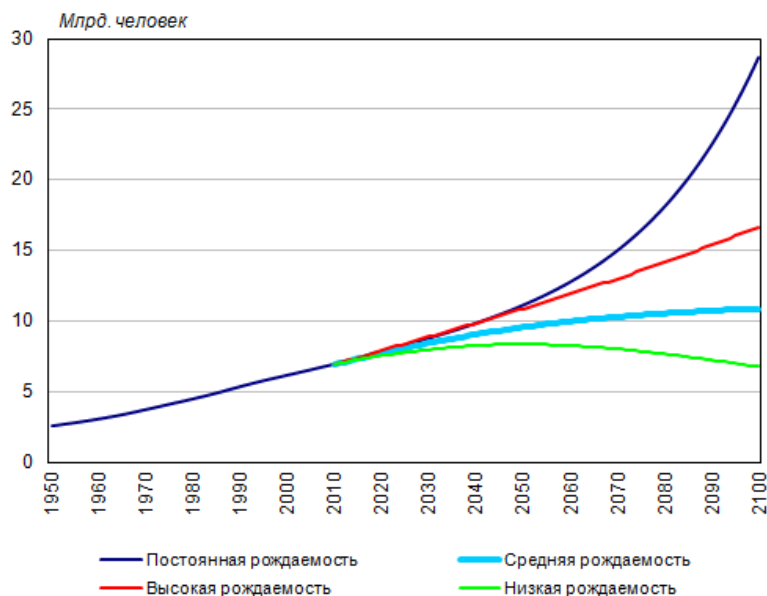


Рис. 4.1. Численность населения мира по 4-м вариантам прогноза ООН (2012 г., <http://demoscope.ru>)

Таким образом, увеличение населения Земли, стиль жизни и уровень экологического сознания людей совместно с развитием промышленности являются основными факторами деградации биосферы. Демографическая политика человеческого общества должна быть направлена на разумную регуляцию численности населения.

4.2.1. Показатели численности

Для характеристики численности населения пользуются следующими показателями:

Суммарный коэффициент рождаемости (СКР) – среднее число детей, рождаемое каждой женщиной в течение ее жизни.

СКР = 2 – стабильная популяция – два ребенка заменяют мать и отца;

СКР < 2 – сокращение населения;

СКР > 2 – прирост населения.

В развитых странах СКР = 1,9.

В развивающихся странах СКР = 4,1.

В России происходит процесс, называемый депопуляцией населения – смертность превышает рождаемость. В результате принимаемых мер по увеличению рождаемости СКР увеличился с 1,157 в 1999 г. до 1,539 в 2011 г.

Общий коэффициент рождаемости (ОКР) – среднее число рождений на 1000 человек в год.

Общий коэффициент смертности (ОКС) – среднее число смертей на 1000 человек в год.

Естественный прирост населения (r) – разность между ОКР и ОКС. Чтобы выразить естественный прирост в процентах, его значение необходимо разделить на 10.

Ниже приведены значения основных показателей численности населения для развитых и развивающихся стран на 2012 г.

В развитых странах

ОКР = 11

ОКС = 10

$r = 11 - 10 = 1$

$\Delta r = 0,1 \%$

В развивающихся странах

ОКР = 22

ОКС = 8

$r = 25 - 8 = 13$

$\Delta r = 1,4 \%$

Отрицательный естественный прирост населения наблюдается в некоторых европейских странах: по данным за 2008-2009 гг. в Венгрии $r = -3,1$; Германии $r = -2,0$; в Болгарии $r = -4,3$; в России $r = -1,8$; Украине $r = -4,2$. Из стран Азии отрицательный естественный прирост равный $-0,4$ наблюдается только в Японии.

Кроме естественного прироста существует понятие **миграционного прироста**, который является разностью между числом прибывших и выбывших людей за определенный промежуток времени. Под **миграцией** понимают переселение людей, связанное с изменением места жительства, как внутри страны, так и за ее пределы. Лица, переселившиеся за пределы страны – эмигранты, переселившиеся в данную страну – иммигранты. Алгебраическая сумма естественного и миграционного прироста дает **общий прирост населения**.

4.2.2. Половозрастные пирамиды

Для прогноза численности населения на перспективу большое значение имеет его возрастной состав. Данные по возрастному составу населения представляются в виде половозрастных пирамид. Возрастные пирамиды, представленные на рис. 4.2, отражают структуру населения и содержат информацию о численности каждой возрастной категории людей, о характере роста населения, о позитивном или негативном влиянии условий жизни.

В странах с развитой экономикой период экспоненциального роста численности населения закончился. Он происходил в основном в конце XIX – начале XX вв. Для этих стран характерна колоннообразная пирамида. Свойственная ей небольшая доля молодого поколения свидетельствует об общем старении популяции и отсутствии перспектив увеличения численности населения. Заметное сужение пирамиды (т. е. умень-

шение численности населения) начинается на уровне старше 50–60 лет, а активное возрастание смертности происходит лишь после 70–80 лет.

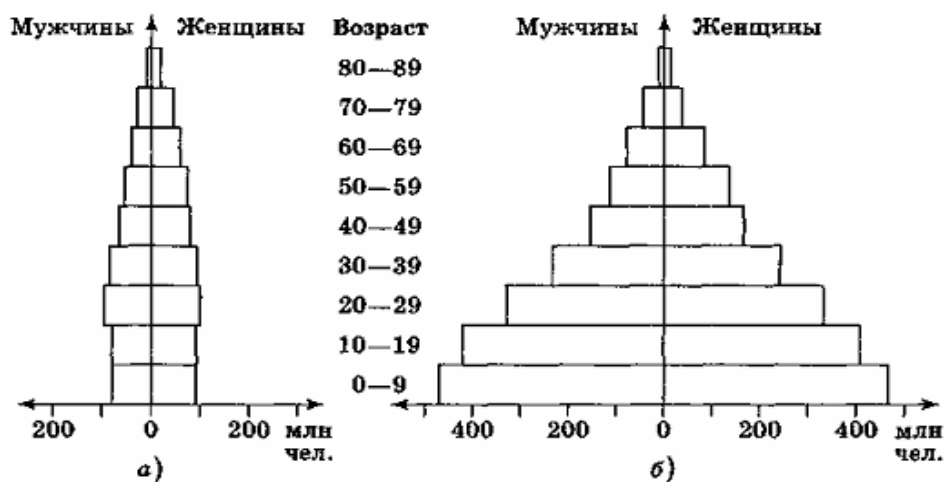


Рис. 4.2. Половозрастные пирамиды для развитых (а) и развивающихся (б) стран на 1984 г. (по Б. Небелу)

Основные показатели человеческой популяции для некоторых стран мира в 2007–2008 гг. приведены в табл. 4.3.

В настоящее время для некоторых высокоразвитых стран, например, таких как США, Швейцария, Япония и некоторых других, пирамида вытягивается до возрастов 85–90 лет, ее основание предельно сужается, а срединная и верхняя части расширяются. В данных странах наблюдается преобладание средних и пожилых возрастов, и малая доля молодых. Заметна довольно сильная диспропорция между мужским и женским населением страны в сторону преобладания женщин старших возрастов.

Снижение рождаемости в развитых странах происходит из-за того, что люди достигли высокого уровня благосостояния и в их сознании происходит изменение системы ценностей. На смену ценностям, связанным с большой семьей, родственными отношениями, приходят идеалы комфорта, уютной, спокойной личной жизни, требующие больших затрат на их обеспечение. Таким образом, явно обозначился кризис сознания, ведущий к более высокому уровню потребления и препятствующий росту рождаемости населения.

В развивающихся странах, таких как страны Африки, Индия, Индонезия, Малайзия и других, рост численности человеческой популяции чрезвычайно активен. Там одновременно очень велики и рождаемость и детская смертность при сравнительно низкой продолжительности жизни.

Таблица 4.3

*Сравнительные данные по основным показателям человеческой популяции
в некоторых странах мира*

Страна	Средняя продолжительность жизни, лет: мужчины/женщины	ОКР	ОКС	<i>r</i>	Коэффициент младенческой смертности*
Россия	62/74	12,1	14,6	-2,5	8,5
США	76/81	14	8,1	5,9	6,6
Сингапур	79/83	11	5	6	2
Япония	79/86	8,7	9,1	-0,4	2,6
Канада	79/83	11,3	7,2	4,1	4,9
Швеция	79/83	12	10	2	3
Бразилия	69/75	20	6	13	24
Турция	72/77	17,8	6,4	11,4	16,1
Казахстан	61/72	22,8	9,7	13,1	20,8
Афганистан	40/44	47	21	26	163
Гвинея	52/55	42	14	29	113

*число умерших в возрасте до 1 года на 1000 родившихся живыми

Возрастная пирамида развивающихся стран выглядит совершенно иначе, чем у развитых. Она имеет очень широкое основание, отражающее высокую рождаемость, и иллюстрирует высокую смертность в каждой десятилетней когорте. Средняя продолжительность жизни во многих развивающихся странах всего 40–50 лет, что примерно на 30 лет меньше, чем в экономически развитых странах. Во многих развивающихся странах дети составляют почти половину населения. Причины, по которым развивающееся общество отдает предпочтение большой семье, неоднозначны. Важнейшие из них следующие:

- отсутствие гарантий обеспечения родителей в старости со стороны государства;
- отсутствие или небольшие расходы на образование и профессиональную подготовку детей. Это является основной причиной ранних браков, а также включений детей уже с 4–5-летнего возраста в трудовую деятельность и оказание помощи в уходе за появляющимся потомством;
- неучастие женщин в общественном труде и общественной жизни; их главная задача в семье – рожать и воспитывать детей;
- запрещение аборт, поощрение религией большой семьи;
- отсутствие или слабая доступность противозачаточных средств.

В развитых странах все явления имеют в основном противоположную направленность.

На сегодняшний день представленная картина динамики населения развивающихся стран сохраняется преимущественно для слаборазвитых стран (Нигер, Чад, Нигерия, Мозамбик и др.), в которых продолжительность жизни едва достигает пятидесятилетнего порога с сохранением высокой рождаемости и преобладанием молодых возрастов. В других развивающихся странах, например, Мексике и Египте, пирамида вытягивается до возрастов 70-75 лет, однако, все еще имеет расширенное основание с преобладанием молодых и средних возрастов. В процессе падения рождаемости находятся Египет, Алжир, Мексика, Бразилия, Аргентина, ряд других стран Латинской Америки. В последние годы в Иране, Турции и Тунисе рождаемость снизилась до уровня простого замещения поколений, СКР в этих странах по данным за 2011 г. составляет 1,87; 2,13 и 2,02 соответственно.

Соотношение численности полов также является важным показателем человеческой популяции. Численность мужчин на 20–30 млн превышает численность женщин. В среднем на 100 девочек рождается 104–107 мальчиков. Однако различия по странам мира достаточно существенны.

Преобладание мужчин характерно для большинства стран Азии. Особенно велик перевес мужчин в Южной и Юго-Восточной Азии (Китай, Индия, Пакистан), а также в арабо-мусульманских странах Юго-Западной Азии и Северной Африки.

Примерно равное соотношение мужчин и женщин характерно для большинства стран Африки и Латинской Америки.

Преобладание женщин имеет место примерно в половине всех стран мира. Наиболее ярко оно проявляется в Европе, что связано с большей продолжительностью жизни женщин в этих странах, а также большими потерями мужского населения в периоды мировых войн.

Различно соотношение мужчин и женщин в разных возрастных группах. Так, наибольший перевес мужского населения во всех регионах мира наблюдается в возрастной группе до 14 лет. Среди пожилых людей во всем мире преобладают женщины.

4.2.3. Продолжительность жизни

Продолжительность жизни определяется на основе статистических данных как среднее число лет, которые живут или могут прожить несколько человек, родившихся в одном и том же году, при условии, что показатель смертности для каждого возраста остается постоянным в будущем.

В табл. 4.4 представлены данные по ожидаемой продолжительности жизни в странах мира на 2008 г. по данным Всемирной организации

здравоохранения. Как видно из представленных данных, в настоящее время средняя продолжительность жизни в различных странах мира сильно варьируется: самая высокая в Японии, а самые низкие показатели наблюдаются у жителей африканских стран.

Таблица 4.4

Продолжительность жизни по странам мира

Страна	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет			Страна	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет		
	Мужчины	Женщины	Оба пола		Мужчины	Женщины	Оба пола
Япония	79	86	83	Украина	62	74	68
Андорра	79	85	82	Индия	63	66	64
Австралия	79	84	82	Эфиопия	57	60	58
Швейцария	80	84	82	Судан	57	58	57
Канада	79	83	81	Камерун	53	53	53
Сингапур	79	83	81	Уганда	51	53	52
Польша	74	80	76	Мозамбик	51	51	51
Китай	72	76	74	Нигерия	49	49	49
Эстония	69	79	74	Ангола	45	48	46
Грузия	67	76	71	Чад	46	47	46
Россия	62	74	68	Зимбабве	42	42	42

Продолжительность жизни зависит от различных условий: социальных, экономических, экологических, медико-биологических и некоторых других.

В ряде развивающихся стран средняя продолжительность жизни за последние десятилетия более чем удвоилась. Например, в Индии в 1931 году средняя продолжительность жизни едва достигала 23 лет, а сегодня этот показатель составляет 64 года. Однако и теперь продолжительность жизни примерно двух третей населения Земли вдвое меньше, чем у людей в экономически развитых странах.

4.2.4. Демографическая ситуация в России

В 1992 г. численность населения России составила 148,5 млн чел., в 2000 г. – 146,8 млн чел., в 2010 г. – 141,9 млн чел. На протяжении двух последних десятилетий в России наблюдалась депопуляция населения, состояние популяции человека оказалось в критическом положении, поскольку смертность сильно выросла, а рождаемость уменьшилась. В настоящее время правительством предпринимаются попытки решить демографическую проблему путем принятия ряда мер по стимулированию рождаемости, включая закон о «материнском капитале». В ре-

зультате численность населения России на 1 декабря 2012 г. составила 143,4 млн человек.

Демографические катастрофы (XX–XXI вв.):

- I Мировая война и Гражданская война;
- голод 1921–1923 гг.;
- голод 1933 г.;
- II Мировая война;
- перестройка.

С 1991 г. прекратился рост населения в России. Естественное движение населения РФ наглядно демонстрируют данные, представленные в табл. 4.5. Смертность в стране в 1,5 раза превышает рождаемость (коэффициент смертности в 2006 г. составил 16,04 на 1000 человек (23 место в мире), против 10,92 по коэффициенту рождаемости (178 место в мире). С 2008 г. происходит незначительное падение смертности, улучшаются показатели по рождаемости, и к 2012 г. коэффициент естественного прироста достигает положительных значений.

Таблица 4.5

Естественное движение населения России (на 1000 чел)

год	1913	1980	1990	2000	2005	2008	2010	2012
ОКР	47,8	15,9	13,4	8,7	10,2	12,1	12,5	13,3
ОКС	32,4	11,0	11,2	15,3	16,1	14,6	14,2	13,3
<i>r</i>	15,4	4,9	2,2	–6,6	–5,9	–2,5	–1,7	0,06

Изменение СКР в России показано в табл. 4.6. В середине первого 10-летия XXI века СКР не превышал 1,4, тогда как для простого воспроизводства населения, данный показатель должен составлять 2,15. СКР в 2011 г. составил 1,539.

Таблица 4.6

СКР в России (на 1 женщину)

год	1927	1961/62	1969/70	1980/81	1986/87	1990	1995	2000	2005	2009
СКР	6,653	2,417	1,972	1,888	2,111	1,892	1,337	1,195	1,287	1,537

Как отмечают специалисты, особенностью России является сохранение уровня смертности, характерного для развивающихся стран, в то время как рождаемость находится на уровне развитых европейских стран. При этом следует учитывать, что сокращение численности населения в России отчасти сдерживается иммиграцией из стран СНГ.

Ожидаемая продолжительность жизни в России при рождении в 1999 г. составляет для всего населения – 65,93 лет; для женщин –

72,38 года, мужчин – 59,93 лет. Для сравнения в Японии продолжительность жизни женщин составляет 83 года, мужчин – 79 лет. Через 10 лет, в 2009 г. ожидаемая продолжительность жизни в России составила 68,7 лет. Прогнозируется, что к 2030 г. ожидаемая продолжительность жизни в РФ увеличится до 75,9 лет, 70,9 для мужчин и 80,5 для женщин.

В России женщин больше, чем мужчин, что связано с повышенной смертностью среди мужского населения. Так, например, в 2004–2007 гг. численность женщин больше мужчин на 8 % (или приблизительно на 10 млн). Хотя рождается больше мальчиков (в 2007 г. на 1000 мальчиков в возрастной группе от 0 до 4 лет приходилось 948 девочек), соотношение полов выравнивается примерно к возрасту 25 лет.

В России наблюдается высокая детская смертность – в 1990 г. на 1000 новорожденных умирало 19 детей, в 2000 г. – 15,3, в 2005 г. – 11, в 2008 г. – 8,5, в 2010 г. – 7,5. Для сравнения уровень младенческой смертности по данным за 2010 г. в Финляндии составил 2,3, Японии – 2,4, Швеции – 2,5, Италии, Германии, Дании – 3,4, Белоруссии – 4, Турции – 13,2, Казахстане – 16,5, Киргизии – 22,8.

Причиной снижения детской смертности в России за последние годы является резкое укрепление материально-технической базы во вспомогательных учреждениях, улучшение контроля за беременными женщинами, введение отделения реанимации для новорожденных.

Основные причины высокой смертности и низкой продолжительности жизни в России:

- ухудшение уровня жизни, вызванное социально-экономическим кризисом и безработицей;
- неуверенность перед будущим, психологические стрессы;
- низкий жизненный уровень большинства населения (40 % населения живет ниже уровня бедности);
- ухудшение качества питания;
- снижение качества и доступности медицинской помощи;
- загрязнение окружающей среды, радиационные катастрофы.

В 2001 г. была принята «Концепция демографического развития Российской Федерации на период до 2015 года», в которой констатируется плачевная демографическая ситуация в России и сформулированы цели и задачи демографической политики, а в 2007 году – «Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года».

Для стимулирования рождаемости был принят закон о «материнском капитале», в соответствии с которым семьям выделяются денежные средства на рождение второго ребёнка, которые могут быть использованы для участия в ипотеке, оплаты образования, прибавки к пенси-

онным накоплениям и др. Ряд специалистов сомневается в том, что подобные меры способны исправить существующие демографические проблемы.

4.2.5. Урбанизация

Урбанизация – рост городов и городского населения, усиление их роли и распространение городского образа жизни. Процесс урбанизации затрагивает социально-профессиональную, демографическую структуру населения, его образ жизни, культуру, размещение производственных сил, расселение и т. д. Предпосылками урбанизации являются рост индустрии, углубление территориального разделения труда, развитие культурных и политических функций городов.

Для человека процесс урбанизации имеет двойственный характер и оказывает на него как положительное, так и отрицательное влияние. В урбанизированном обществе происходит изменение образа жизни людей, их социально-психологического статуса, повышается образованность и культурный уровень, одновременно с этим человек испытывает высокие психические нагрузки и стрессовые ситуации. Мощное развитие средств связи и информационных систем увеличивает возможности населения потреблять образовательные программы и культурные ценности при одновременной нагрузке «информационным мусором». Рост использования научных разработок и технических средств облегчает быт людей и условия их труда, строится комфортабельное жилье, развивается городской транспорт, электрификация быта и т. д., но при этом усиливается и негативная роль техногенного давления на человека.

Как правило, в городах при хорошо развитой системе здравоохранения происходит снижение заболеваемости наиболее опасными инфекционными заболеваниями, однако, на смену им приходят так называемые «болезни цивилизации» или «болезни технического прогресса». Кроме того, на территориях с высокой плотностью населения сконцентрировано большое число антропогенных факторов, вредных как для природы, так и для самого человека. Не стоит забывать и о том, что урбанизация влияет на изменения в природных экосистемах, вызывает региональные геоэкологические проблемы, например, изменение климата. Несмотря на все отрицательные стороны урбанизации, это, несомненно, важный процесс. Он оказывает огромное влияние на прогрессирующее развитие различных цивилизационных формаций. Именно с городами связаны основные достижения цивилизации.

Города существовали с глубокой древности, однако, урбанистическая цивилизация возникла лишь в XX веке и массовая урбанизация

стала определять характер распределения человеческой популяции на Земле.

Первые города возникли в IV–II тысячелетии до н. э., среди них Вавилон и Иерихон. Из массы населения, занятого сельскохозяйственным трудом, выделяются многочисленные ремесленники, жрецы, вожди военных дружин, представители администрации, крупные землевладельцы. Наибольшее развитие города получили в I тысячелетии до н. э. и в начале I тысячелетия н.э. в Египте, Месопотамии, Сирии, Индии, малой Азии, Китае. В античном Греко-римском мире огромную роль играли Афины, Рим, Корфаген.

В городах средневековья и эпохи Возрождения формировались элементы промышленного способа производства, буржуазной культуры. Средневековые города отличались неблагоприятной для жизни обстановкой. Открытые сточные каналы, недостаток чистой питьевой воды, скученность бедноты и грязь способствовали распространению массовых эпидемий острозаразных заболеваний.

Усиление процесса урбанизации в XIX в. вызвало возрастание концентрации населения в городах, что оказалось возможным благодаря росту промышленности, развитию средств транспорта и связи, медицины и т. д.

Рост численности населения и его плотности – характерная черта городов. Городское население в целом удваивается за 11 лет. Причем крупнейшие центры растут вдвое быстрее больших городов. Внимание исследователей к вопросам урбанизации особенно повысилось в середине XX в., когда начался стремительный рост городского населения во всем мире. В 1800 г. доля городского населения во всем населении мира составляла лишь 3 %, в 1900 г. эта цифра выросла до 14 %, в 1950 г. – 28,2 %, в 1995 г. – 45 %, а в 2010 г. – 52,7 %. В среднем городское население ежегодно увеличивается примерно на 60 млн человек. Рост городов в настоящее время характерен преимущественно для стран третьего мира. По прогнозам в 2025 г., в городах будут жить 5056 млн человек, или 61,1 % населения Земли (в том числе в Северной и Латинской Америке – 85 %, в зарубежной Европе – 83 %, в зарубежной Азии и Африке – 54 %). За 1950–2000 гг. число горожан в мире выросло в 4,1 раза.

На определенном этапе урбанизации начинают образовываться городские агломерации. Вокруг крупнейших городов, являющихся центром агломерации, стремительно развиваются целые системы поселений, концентрирующих значительные массы населения. Агломерация – групповая система расселения, компактная территориальная интеграция городских и сельских поселений различной величины и производственно-хозяйственного профиля с малыми разрывами между застроенными

территориями и высокой плотностью населения, объединенных интенсивными функциональными связями (производственными, трудовыми, культурно-бытовыми, рекреационными и др.). Городские агломерации образуются почти вокруг всех крупных городов, особенно вокруг городов-«миллионеров». Всего в странах мира насчитывается 33 крупнейших агломерации с населением свыше 5 млн человек и более 540 агломераций имеет население менее 5 млн человек каждая. В РФ насчитывается 34 крупнейших агломерации, в которых сосредоточено более 50 млн человек.

В России интенсивный процесс урбанизации начался в период индустриализации страны, когда все силы были брошены на создание и развитие тяжелой промышленности. К концу 30 гг. доля городского населения составляла 34 %. За период 1929–1940 гг. в СССР возникло более 500 новых городов, многие из которых превратились в крупные индустриальные центры. В годы Великой Отечественной войны многие города СССР, подвергшиеся фашистской оккупации, были разрушены, но после ее окончания рост численности городского населения продолжался быстрыми темпами, в 1959 г. его доля составляла 52,4 %. В 1950–1967 гг. появилось более 460 городов и свыше 1200 поселков городского типа. В 70–80-е годы были построены города в связи с освоением природных ресурсов в Сибири и на Дальнем Востоке. В Западной Сибири освоение месторождений углеводородного сырья вызвало появление таких городов, как Нижневартовск, Нефтеюганск, Ноябрьск, Уренгой и др. С 1990 г. и по настоящее время в РФ 73 % населения составляют городские жители.

В 1920 г. на нынешней территории России было два города с числом жителей более 1 млн – Москва и Петроград и еще 15 больших городов с численностью более 100 тыс. По состоянию на конец 2012 года в России 15 городов-миллионеров, в которых проживает более 30 миллионов человек, что составляет порядка 22 % от населения России, то есть каждый пятый россиянин живёт в городе-миллионнике.

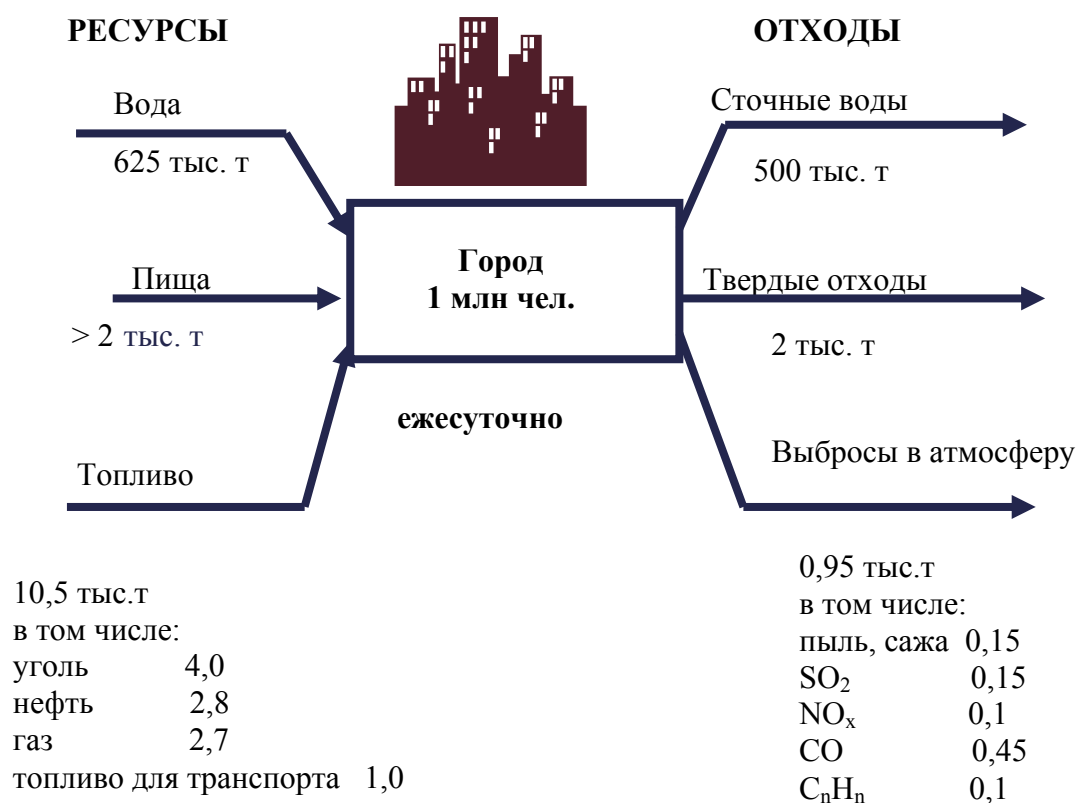
Урбанизация привела к тому, что некоторые городские агломерации давно приобрели гипертрофированные размеры, т. е. стали мегалополисами – наиболее крупная форма городского расселения с населением более 10 млн чел., образующаяся в результате слияния большого числа соседних агломераций. Мегалополисы представляют собой искусственную среду обитания человека, имеющую свои особые лимитирующие факторы в развитии и росте человеческой популяции.

В 1970 г. в мире было всего три городские агломерации с населением свыше 10 млн чел. – Токио, Нью-Йорк и Шанхай. В 1990 г. таких мегалополисов стало уже 12, а в 2000 г. – 23. Самой крупной городской

агломерацией является Токио – здесь в 2000 г. проживало 26,4 млн чел., в Мехико – 17,9 млн чел., Нью-Йорке – 16,6 млн чел., Москве – 13,4 млн чел., Шанхае – 12,9 млн чел.

Особенности современных городов. Город – крупный населенный пункт, жители которого заняты главным образом в промышленности, торговле, а также в сферах обслуживания, управления, науки и культуры. Города служат центрами притяжения людских и материальных ресурсов. В крупных городах концентрируются высококвалифицированные специалисты и рабочие, научная и творческая интеллигенция, хранятся огромные материальные, культурные, исторические, научные ценности.

Жизнь в городах имеет ряд преимуществ, к которым относятся большие возможности трудоустройства, более разнообразный выбор профессий, экономичная система жизнеобеспечения населения. Городская среда предоставляет человеку комфорт, лишает его необходимых факторов физиологической тренировки. С другой стороны, в крупных городах сильно изменяется естественная среда обитания, ритм жизни, повышаются стрессовые воздействия на человека.



Бурное развитие научно технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства наряду с положительным решением различных проблем улучшения жизни человека приносит в окружающую его сре-

ду множество негативных для общественного здоровья психических и физических воздействий. Особенно ярко это проявляется в условиях проживания в крупных городах с развитой промышленностью, где наблюдается высокий уровень различного типа загрязнений: химического, шумового, электромагнитного, бактериального, информационного. Города выбрасывают в окружающую среду огромное количество отходов. Для наглядного примера ниже приведена схема потребления ресурсов и образования отходов городом с населением в 1 млн чел.

Важное место при оценке городов принадлежит состоянию общественного здоровья, которое является важным показателем благополучия народа. Здоровье людей в значительной мере зависит от качества как природной, так и антропогенной среды. В условиях большого города влияние на человека природного компонента ослаблено, а действие антропогенного фактора резко усилено.

В большинстве городов на сравнительно небольших территориях концентрируется большое количество людей, автотранспорта и различных предприятий. Экологическая ситуация в большинстве городов неблагоприятная, а иногда и кризисная, что в значительной степени составляет серьезную угрозу здоровью городского жителя вследствие влияния таких факторов, как перенаселенность, недостаток чистого воздуха, повышенная запыленность, шум, нервные перегрузки, с чем связано распространение в городах болезней.

В городах, должны создаваться рекреационные зеленые зоны, а также заповедные участки нетронутой природы как для очищения воздушных и водных масс, так для отдыха и оздоровления людей, восстановления их сил, потраченных в процессе труда.

4.2.6. Управление демографическими проблемами

Рассмотрим возможные пути решения проблемы прироста населения в сложившейся критической ситуации. Существует три главных подхода к решению демографической проблемы:

1. Экономическое развитие.
2. Контроль рождаемости.
3. Социально-экономические изменения.

4.2.6.1. Регулирование численности населения через экономическое развитие

Демографический переход – исторически быстрое снижение рождаемости и смертности, в результате чего воспроизводство населения сводится к простому замещению поколений.

Теория демографического перехода в общем виде разработана американским демографом Фрэнком Ноутстайном в 1945 г., хотя сходные идеи высказывались и раньше. Теория связывает особенности демографической ситуации с экономическим ростом и социальным прогрессом в зависимости от стадий демографического развития, которые страны и регионы проходят в разное время. Выделяются четыре стадии демографического перехода (рис. 4.3).

Стадия I – допромышленная: при суровых условиях жизни наблюдается высокий ОКР и ОКС. Высокая рождаемость является естественной реакцией на высокую смертность. Численность населения увеличивается медленно или вообще не увеличивается.

Стадия II – переходная: сохраняется высокая рождаемость, снижается смертность, растет продолжительность жизни.

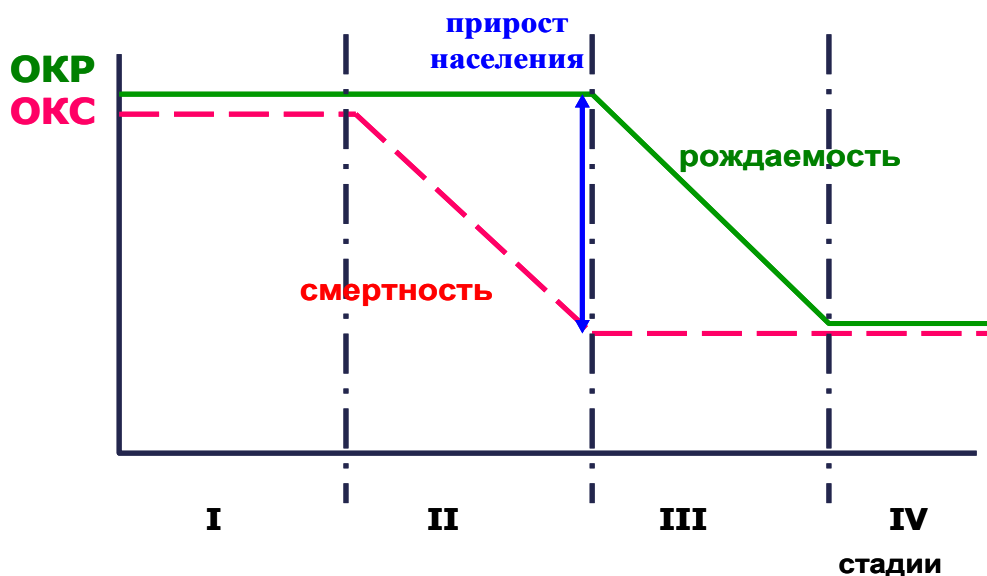


Рис. 4.3. Схема демографического перехода

Начинается эта стадия вскоре после начала индустриализации экономики. Снижения смертности обуславливается в основном достижениями медицины, а также улучшением качества питания и санитарно-гигиенических условий жизни. Имеет место значительный рост ожидаемой продолжительности жизни. Показатель рождаемости остается высоким. Рождение детей имело экономический смысл: дети рассматривались как дополнительные рабочие руки в хозяйстве. Кроме того, большое количество детей является гарантией продолжения рода в условиях относительно высокой детской смертности. Наличие значительного числа детей было также гарантией сколько-нибудь благополучной старости родителей в условиях отсутствия системы социального страхования/пенсионного обеспечения.

Численность населения быстро возрастает (на 2,5–3 %). (Такая стадия характерна для развивающихся стран).

Стадия III – индустриальная: стабилизация коэффициента смертности на низком уровне и некоторое снижение коэффициента рождаемости.

ОКР снижается и постепенно приближается к ОКС (снижение детской смертности, изменение роли детей в семье, высокий уровень пенсионного обеспечения, возможность повышения образовательного уровня и дальнейшей карьеры, эмансипация женщин). Эта стадия характерна для большинства развитых стран.

Снижению рождаемости на данном этапе способствуют следующие факторы.

1. Увеличение расходов на воспитание и обучение детей. В развитом индустриальном обществе дети должны длительное время учиться, чтобы получить квалификацию, соответствующую современным требованиям. Это приводит к их выключению из хозяйственной жизни. Дети из помощников превращаются в обузу для взрослых. Родители вынуждены тратить свое время и финансовые средства для достижения детьми высокого образовательного уровня. Они предпочитают вырастить лишь одного-двух «высококачественных» детей, так как большое количество детей в семье, как правило, отрицательно сказывается на их образовательном уровне и дальнейшей карьере. Кроме того, длительный период обучения способствует повышению среднего возраста женщины, рождающей первого ребенка (с 16 до 25 лет и старше). В аграрном же обществе дети, работая вместе с родителями, приобретали необходимые трудовые навыки естественным путем. Практически все страны с высоким образовательным уровнем имеют низкие показатели рождаемости. И наоборот, лидеры по рождаемости имеют неграмотное население (в арабских странах 38 % населения старше 15 лет неграмотно, в странах «чёрной» Африки – 35 %).
2. Усиление независимости женщин является важным фактором снижения рождаемости. Повышение образованности женщин ведет к росту их независимости. Поскольку главная нагрузка по выхаживанию и воспитанию детей ложится на женщин, они объективно не заинтересованы в многодетности.
3. Система пенсионного обеспечения также способствует снижению рождаемости, так как люди перестают быть заинтересованными в наличии большого количества потомков, помогающих в старости.

Стадия IV – постиндустриальная: ОКР и ОКС уравниваются, достигается нулевой прирост населения. Затем численность населения

медленно сокращается. Процесс демографической стабилизации заканчивается.

В настоящее время процесс демографического перехода завершили Россия, Китай и все развитые страны. В процессе резкого падения рождаемости находятся Египет, Алжир, Мексика, Бразилия, Аргентина, ряд других стран Латинской Америки.

4.2.6.2. Регулирование численности населения через планирование семьи

К снижению темпов роста населения приводит доступность средств и методов контроля над рождаемостью. Во многих странах существуют программы по регулированию семьи, основанные на просвещении и медицинском обслуживании граждан.

Контроль рождаемости экономит государственные средства, сокращая расходы на социальные нужды, влечет за собой улучшение здоровья жителей, помогает контролировать распространение СПИДа и других болезней.

4.2.6.3. Регулирование численности населения через социально-экономические изменения

1. Экономические стимулы. Правительства некоторых стран вводят экономические стимулы – вознаграждения и штрафы для поощрения сокращения рождаемости.

Ярким примером успешного регулирования численности населения данным способом является Китай, где была принята государственная программа «в одной семье – один ребенок». В качестве поощрения таким семьям предлагаются льготы – бесплатное медицинское обслуживание и школьное образование для единственного ребенка, денежные дотации, дополнительное питание ребенку, повышенные пенсии по старости для родителей, преимущества при устройстве на работу родителей, оплачиваемый отпуск женщинам, согласившимся на стерилизацию после рождения первого ребенка, преимущества при обеспечении жильем и др. Привилегии более значительны в том случае, если первый ребенок девочка. Это делается для того, чтобы родители не стремились к рождению мальчика, которому в семье обычно отдается предпочтение. При рождении двух и более детей государство требует возвращения пособий, полученных на первого ребенка, лишает матерей декретного отпуска, льгот по медицинскому обслуживанию, семья лишается всех привилегий. Эта политика имела несомненный успех в городах Китая. Средний коэффициент рождаемости (на одну женщину) снизился с 4,5 в середине 70-х годов до 2,6 – в 1982 г. и до 2,4–2,3 – в настоящее время.

Подобная политика практикуется во многих странах, например, в Индии, Сингапуре, Колумбии, Шри-Ланке и др.

2. Улучшение социального и экономического положения женщин – доступ к образованию, трудоустройство, карьера – приводят к сокращению репродуктивного возраста.

4.3. Здоровье человека

Здоровье является важным показателем, определяющим качество жизни. При низком уровне здоровья нельзя говорить о высоком качестве жизни той или иной общности людей.

Здоровье разделяют на индивидуальное и общественное. Здоровье индивидуальное – здоровье каждого отдельно взятого человека. Здоровье можно рассматривать как отсутствие болезней, которые разделяются на следующие основные группы: наследственные, эктопатологии, эндемические и болезни старения. По биологическим представлениям здоровье – это способность организма сохранять гомеостатическое равновесие, т. е. устойчивость регуляторных систем организма. Согласно Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) здоровье определяется как состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только как отсутствие болезней и инвалидности. Общественное здоровье (здоровье населения) – основной признак или свойство человеческой общности, ее естественное состояние, отражающее индивидуальные приспособительные реакции каждого члена общности людей и способность всей общности в конкретных условиях наиболее эффективно осуществлять свои социальные и биологические функции. Здоровье населения служит общим показателем условий жизни. Критерий здоровья обязательно включает возможность активно, без всяких ограничений заниматься трудовой и общественно полезной деятельностью.

Качество жизни и здоровья населения чаще всего характеризуется следующими основными показателями: средняя ожидаемая продолжительность жизни, стандартизованная смертность – суммарная смертность от любых причин, включая младенческую и материнскую, заболеваемость. В табл. 4.7 представлены данные о том, как менялись эти показатели в России в период с 1990 по 2010 гг. Видно, что за представленный период заметно снизились такие показатели как младенческая и материнская смертности, вероятно, благодаря проводимой правительством модернизации в системе здравоохранения. Показатель смертности по основным классам причин смерти превышает значения 1990 г., он постепенно увеличивался вплоть до 2005 г. В период 1992–1995 гг. значительно выросло количество самоубийств, убийств, смертей от психических расстройств, сердечно-сосудистых заболеваний. В последние го-

ды наблюдается тенденция незначительного снижения коэффициента смертности. Продолжительность жизни населения постепенно увеличивалась с 2005 г. и к 2010 г. составила такие же показатели, как и в 1990 г., но, несмотря на это, данный показатель в России ниже, по сравнению с развитыми странами. Неутешительны значения и показателя заболеваемости, который неуклонно растет со временем.

Таблица 4.7

Показатели для оценки качества здоровья населения

Показатель	1990	1995	2000	2005	2008	2010
Продолжительность жизни, лет: мужчины/женщины	64/74	58/72	59/72	59/72	62/74	63/75
Смертность по основным классам причин смерти (число умерших на 100 тыс. нас.)	1119	1498	1529	1610	1464	1419
Коэффициент младенческой смертности	22	18,1	15,3	11,0	8,5	7,5
Материнская смертность на 100000 родившихся живыми	66,0	58,1	45,2	27,7	22,6	18,6
Заболеваемость населения по основным классам болезней на 1000 чел. населения*	651,0	676,0	730,5	745,9	772,0	779,6

*зарегистрировано больных с диагнозом, установленным впервые в жизни

Вклад в показатели здоровья человека вносят как биологические, так и социальные факторы. Состояние здоровья человека представляет собой интегрированный результат действия этих факторов. Ведущими факторами являются: образ жизни, состояние окружающей среды, наследственность, деятельность органов и учреждений здравоохранения.

Среди причин, влияющих на здоровье населения, удельный вес образа жизни самый значительный и составляет около 50 %. Наиболее важными факторами образа жизни являются: жилищно-бытовые условия, включая качество жилья; алкоголизм, курение, наркомания; разводы, аборт, убийства, самоубийства, преступность; изменение места жительства (например, переезд из сельской местности в город); специфика образа жизни в регионах с различными природными, социальными, этническими, религиозными особенностями. Кроме того, здоровье населения зависит и от степени урбанизации территории, как это было отмечено в разделе 4.2.5.

Состояние окружающей среды, а именно ее загрязнение и деградация, также оказывают значительное влияние на здоровье человека, и в том числе на наследственность. Доля влияния этого фактора составляет примерно 20 %.

В последнее время наряду со стандартными заболеваниями все чаще звучит термин «экологическое заболевание» или «экогенное», которое относится к группе болезней, связанных с неблагоприятными экологическими условиями жизнедеятельности населения – в первую оче-

редь, высоким содержанием тяжелых металлов, химических токсикантов, повышенной радиацией.

Экологическая ситуация воздействует на различные системы, функции формирования и развития человека. Агрессивные факторы среды в основном воздействуют на генетический аппарат, репродуктивную функцию и иммунную систему. При воздействии на генетический аппарат происходят изменения не только в генах, хромосомах, ДНК половых клеток, приводящих к мутагенному эффекту, что чаще является следствием радиоактивного воздействия на организм, но и трансформация различных клеток и тканей в опухолевые под влиянием различных канцерогенов – химических веществ или факторов среды, вызывающих злокачественные новообразования. В результате действия различных повреждающих факторов среды может нарушаться и репродуктивная функция. В настоящее время значительно увеличилось количество бесплодных мужчин и страдающих бесплодием женщин. Эти изменения могут быть связаны с химическим воздействием на половые железы, могут быть результатом стресса, нерационального питания и др. Различные техногенные факторы в значительной степени влияют и на иммунную систему человека. Иммунная система объединяет органы и ткани, обеспечивающие защиту организма от генетически чужеродных клеток или веществ, поступающих извне или образующихся в организме. Иммунитет – это невосприимчивость организма к инфекционным агентам и чужеродным веществам антигенной природы, несущим чужеродную генетическую информацию.

Такую же значимость и долю влияния на показатели здоровья, как и состояние окружающей среды, оказывают наследственные болезни, которые возникают у носителей мутагенных генов. Примерами таких заболеваний являются синдром Дауна, гемофилия и др. Часто встречается наследственная предрасположенность к болезням как результат полигенного наследования: к язвенным и сердечно-сосудистым заболеваниям, сахарному диабету, различным видам аллергий. Наследственные болезни в значительной степени связаны с условиями окружающей среды человека. Мутации могут появиться в организме не только самопроизвольно, но и под действием определенных факторов среды, называемых мутагенными. Например, мутагенным фактором среды являются ионизирующие излучения. Выявлен ряд химических мутагенов, поступающих в окружающую природную среду от многих химических производств.

Самый небольшой вклад в здоровье человека, около 10 %, вносит здравоохранение – это совокупность служб, органов и учреждений, которые непосредственно заняты изучением здоровья людей и его нарушений, профилактикой, диагностикой и лечением болезней. Эффективное здравоохранение должно быть приоритетным в жизни государства и общества.

По результатам оценки здоровья населения можно говорить о его уровне на той или иной территории, например регион с высоким уровнем здоровья населения или страна с низким уровнем здоровья населения и т. д. Уровень здоровья населения отражает степень адаптированности конкретной общности людей к определенным условиям жизни.

Адаптация. В процессе развития организма человека сформировалась сложная система защитных приспособлений, позволяющих ему эффективно взаимодействовать с факторами внешней среды. Диапазон безопасных воздействий среды ограничен спецификой вида и адаптационными резервами организма. Адаптационные возможности организма переменны, индивидуальны и определяют меру здоровья человека и особенности его реагирования на различные факторы.

Адаптация – процесс приспособления организма к меняющимся условиям среды, т. е. процесс приспособления организма к общеприродным, производственным и социальным условиям. Адаптацией называют все виды врожденной и приобретенной приспособительной деятельности организмов с процессами на клеточном, органном, системном и организменном уровнях.

Адаптация человека имеет принципиальные отличия от адаптации других видов и является одним из ключевых понятий в экологии человека, а также во многих других дисциплинах (физиологии, антропологии, медицинской географии, социологии, этнографии). Проблема адаптации человека должна решаться не только в биологическом плане, но в рациональной организации социальных условий, которые расширяют резервы адаптации.

Адаптация человека – процесс двусторонний. Человек не только сам приспособливается к новой экологической обстановке, но и приспособливает эту обстановку к своим нуждам и потребностям, создает систему жизнеобеспечения, к которой относятся – жилища, одежда, транспорт, инфраструктура, питание и т. д. Механизмы адаптации человека весьма различны, поэтому применительно к человеческим общностям преимущественно выделяют: биологическую и социальную адаптации.

Биологическая адаптация человека – эволюционно возникшее приспособление организма человека к условиям среды, выражающееся в изменении внешних и внутренних особенностей органа, функции или всего организма к изменяющимся условиям среды. В процессе приспособления организма к новым условиям выделяют два процесса – фенотипическую и генотипическую адаптации.

Фенотипическая или **индивидуальная адаптация** приобретает в ходе индивидуальной жизни организма при его взаимодействии с окружающей средой. При этом изменения, которые накапливаются в орга-

низме, не передаются по наследству, а как бы накладываются на наследственные признаки. При фенотипической адаптации организм непосредственно реагирует на новую среду, что выражается в фенотипических сдвигах, компенсаторных физиологических изменениях, которые помогают организму сохранить в новых условиях равновесие со средой. При переходе к прежним условиям восстанавливается и прежнее состояние фенотипа, компенсаторные физиологические изменения исчезают.

Некоторые авторы фенотипическую адаптацию называют акклиматизацией (длительная адаптация). Акклиматизация является частным случаем адаптации и заключается в приспособлении к новым, непривычным климатогеографическим условиям среды. Способность людей разных экотипов к акклиматизации к высоким и низким температурам различна. В среднем акклиматизация к теплу происходит быстрее, чем к холоду, так как связана со скоростью основного обмена. Акклиматизация к холоду зависит от питания, в частности, от содержания в диете белков и жиров. При этом у людей, как и у животных, образуется подкожный жировой теплоизолирующий слой.

Генотипическая адаптация осуществляется путем естественного отбора полезных для выживания признаков. При генотипической адаптации в организме происходят глубокие морфофизиологические сдвиги, которые передаются по наследству и закрепляются в генотипе в качестве новых наследственных характеристик популяций, этнических групп и рас.

Понятие адаптация оказалось исключительно плодотворным в разработке критериев норм здоровья и болезни. По определению В.В. Парина, здоровье представляет собой оптимальное состояние организма, при котором обеспечивается максимальная адаптивность. Любое уменьшение приспособительных возможностей представляет одновременно и снижение уровня здоровья и в определенном смысле приближение к патологии.

Социальная адаптация – процесс активного приспособления индивида (группы индивидов) к социальной среде, проявляющийся в обеспечении условий, способствующих реализации его потребностей, интересов, жизненных целей. Социальная адаптация включает в себя приспособление, прежде всего, к условиям и характеру труда (учебы), а также к характеру межличностных отношений, экологической и культурной среде, условиям проведения досуга, быту.

Социальная адаптация предполагает как приспособление индивида к условиям жизнедеятельности (пассивная адаптация), так и активное целенаправленное их изменение (активная адаптация). Установлено, что доминирование у индивида второго из названных типов адаптационного поведения обуславливает более успешное протекание социальной адаптации.

5. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Под загрязнением окружающей среды понимают любое внесение в ту или иную экологическую систему несвойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений, прерывающих или нарушающих процессы круговорота или обмена веществ, потоки энергии со снижением продуктивности или разрушением данной экосистемы.

Загрязнение не просто воздействует на воду, атмосферный воздух или почву, а объектом воздействия всегда является экосистема (биогеоценоз). Поскольку в экосистемах любое загрязнение выступает в качестве экологических факторов, то фактически наблюдается изменение режима экологических факторов. В результате величина экологического фактора может выходить за пределы толерантности соответствующего биоценоза, т. е. отклониться от требований экологической ниши того или иного организма и даже звена трофической цепи. В этом случае нарушаются процессы обмена веществ между звеньями пищевой цепи, что сказывается на продуктивности биоценоза в целом.

Таким образом, загрязняющим агентом может быть любой экологический фактор, например любое вещество, находящееся в составе воздуха, воды, почвы. Загрязнение среды – сложный, многообразный процесс.

По своим масштабам и распространению загрязнение может быть локальным (местным), региональным и глобальным. По происхождению выделяют естественное, вызванное природными процессами (извержение вулкана, лесные пожары, процессы опустынивания и др.) и антропогенное, являющееся результатом деятельности человека.

Загрязнение также подразделяют на три основных типа:

- химическое (или ингредиентное), заключающееся в изменении химического состава среды (отклонении от нормального уровня концентрации характерных ингредиентов и от появления новых) – тяжелые металлы, пестициды, СПАВ, нефтепродукты и др.;
- физическое (или параметрическое), связанное с отклонением от нормы физических параметров окружающей среды – тепловое, шумовое, радиоактивное и др.;
- биологическое, включающее микробиологическое (бактериями и вирусами — возбудителями болезней, носящих характер эпидемий) и макробиологическое (животными и растениями, случайно либо ошибочно интродуцированными в новые экосистемы).

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

5.1. Основные экологические нормативы

Одним из основных путей ограничения негативного влияния на биосферу является нормирование (установление норм) допустимых уровней воздействия на отдельные экосистемы и компоненты всей биосферы. Нормирование качества окружающей среды – одна из центральных идей Федерального закона от 10.01.02 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

Качество окружающей природной среды, т. е. степень соответствия ее характеристик потребностям человека и технологическим требованиям, оценивается с помощью экологических нормативов. К основным экологическим нормативам относятся:

- санитарно-гигиенические нормативы: ПДК, ПДУ;
- производственно-хозяйственные: ПДВ, НДС;
- комплексные показатели качества окружающей природной среды: ПДН.

Важнейшим экологическим стандартом является такой норматив качества окружающей среды, как предельно допустимая концентрация вредного вещества в природной среде. Это основной показатель, используемый для контроля качества воздушной и водной сред. **Предельно допустимая концентрация (ПДК)** представляет собой такое количество загрязнителя в почве, воздушной или водной среде, которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК устанавливаются на основе комплексных исследований и постоянно контролируются Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор). В нашей стране действует >1900 ПДК вредных веществ для водоемов, > 500 – для атмосферного воздуха и > 130 – для почв.

Для нормирования содержания вредных веществ в атмосферном воздухе установлены два значения ПДК: максимально разовая и средне-суточная.

ПДК_{м.р.} – *максимально разовая ПДК* – это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна вызывать при кратковременном воздействии загрязнителя (в течение 30 мин) рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

ПДК_{с.с.} – *среднесуточная ПДК* – это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании.

Для производственных помещений установлен норматив **ПДК рабочей зоны (ПДК_{р.з.})**.

5.1.1. Условие безопасности

Для вредных веществ безопасная концентрация в окружающей среде определяется следующим выражением:

$$C + C_{\text{ф}} \leq \text{ПДК},$$

где C – фактическая концентрация вредного вещества; $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация вредного вещества.

При содержании в воздухе нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), например, SO₂ и NO_x; NO₂, O₃ и формальдегида, общее загрязнение окружающей среды не должно превышать единицы:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации вредных веществ в воздухе; $\text{ПДК}_1, \dots, \text{ПДК}_n$ – ПДК, установленные для изолированного присутствия этих веществ (мг/м³).

Предельно допустимый уровень (ПДУ) физического воздействия (радиационного воздействия, шума, вибрации, магнитных полей и др.) – это уровень, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – это максимальное количество загрязняющего вещества, которое может быть выброшено данным конкретным предприятием в атмосферу, не вызывая при этом превышения в ней ПДК загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

Норматив допустимого сброса (НДС) – это масса загрязняющего вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в соответствии с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени, с целью обеспечения нормативного качества воды в контрольном створе.

Предельно допустимая нагрузка на природную среду (ПДН) – это максимально возможные антропогенные воздействия на природные ре-

сурсы или комплексы, не приводящие к нарушению устойчивости экологических систем. Вводится такое понятие как экологическая емкость территории – потенциальная способность природной среды перенести какую-либо антропогенную нагрузку без нарушения основных функций экосистем.

Для оценки устойчивости экосистем к антропогенным воздействиям используются следующие показатели:

- запасы живого и мертвого органического вещества;
- эффективность образования органического вещества;
- видовое и структурное разнообразие.

Эти показатели определяют способность экосистемы восстанавливаться в случае антропогенного воздействия, определяют стабильность среды обитания.

5.1.2. Мониторинг окружающей среды

Экологический мониторинг – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы или отдельных ее элементов под влиянием антропогенных воздействий.

Мониторинг включает в себя следующие основные направления:

- наблюдение за состоянием окружающей среды и факторами, воздействующими на нее;
- оценку фактического состояния окружающей среды;
- прогноз состояния окружающей среды в результате возможных загрязнений и оценку прогнозируемого состояния.

По объектам наблюдения различают атмосферный, водный, почвенный, климатический мониторинг, мониторинг растительности, животного мира, здоровья населения и т. д.

Классификация мониторинга, основанная на методах наблюдения:

- химический мониторинг – система наблюдений за химическим составом атмосферы, вод, почв и т. д.;
- физический мониторинг – система наблюдений за влиянием физических процессов и явлений на окружающую среду;
- биологический мониторинг – осуществляется с помощью биоиндикаторов (организмы, по состоянию которых судят об изменениях в окружающей среде);
- экобиохимический мониторинг – базируется на оценке двух составляющих окружающей среды (химической и биологической);
- дистанционный мониторинг – например, космический или авиационный.

Сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником информации, необходимой для принятия экологически значимых решений.

5.2. Защита атмосферы

Атмосфера (от греч. $\alpha\tau\mu\acute{o}\varsigma$ – пар и $\sigma\phi\alpha\acute{\iota}\rho\alpha$ – шар) – это газовая оболочка Земли, состоящая из смеси различных газов, водяных паров и пыли. Общая масса атмосферы составляет $5,15 \cdot 10^{15}$ т.

Состав атмосферы (об.%):

Азот	78,084.
Кислород	20,964.
Аргон	0,934.
Углекислый газ	0,034.
Неон	0,0018.
Гелий	0,000524.
Криптон	0,000114.
Водород	0,00005.
Водяной пар:	0,2 в полярных широтах, 2,6 у экватора.
Озон	0,001–0,0001 в стратосфере, 0,000001 в тропосфере,
Метан	0,00016.
и др.	

5.2.1. Строение атмосферы

Атмосфера подразделяется на слои в соответствии с их высотой и температурой (рис. 5.1). Самый близкий к поверхности Земли слой до высоты 8–10 км в полярных и 16–18 км в тропических широтах называется *тропосферой*. В тропосфере происходят глобальные перемещения воздушных масс, во многом определяющие круговорот воды, теплообмен, трансграничный перенос пылевых частиц и загрязнений. С увеличением высоты температура понижается до -60 °С и более. Выше располагается *стратосфера*. В стратосфере сконцентрирована основная часть атмосферного озона. Озон поглощает ультрафиолетовые лучи Солнца, что вызывает разогрев стратосферы: температура в этом слое сначала остается постоянной, а затем начинает повышаться с высотой и достигает 10 °С над экватором. На высоте более 50 м начинается *мезосфера* – зона, где температура опять понижается до -80 °С и более.

На высоте более 80 км над земной поверхностью расположена *термосфера* (ионосфера). В этой области температура вновь увеличивается с высотой и достигает положительных значений. Самая верхняя часть атмосферы – *экзосфера* (800 км).

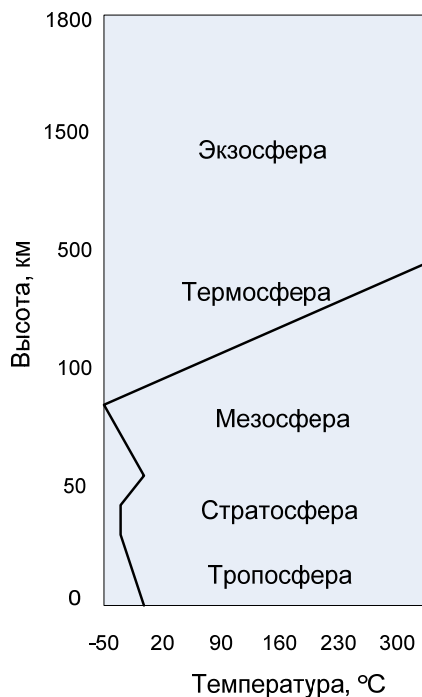


Рис. 5.1. Строение атмосферы

5.2.2. Экологические функции атмосферы

Атмосфера является одним из необходимых условий возникновения и существования жизни на Земле и выполняет следующие экологические функции.

1. Терморегулирующие – предохраняет Землю от резких колебаний температуры, способствует перераспределению тепла у поверхности, участвует в формировании климата.

2. Жизнеобеспечивающие – участвует в обмене и круговороте веществ в биосфере благодаря наличию жизненно важных веществ (кислород, углерод, азот).

3. Защитные – защищает живые организмы от губительных УФ, рентгеновских и космических лучей.

Атмосфера обладает способностью к самоочищению. Оно происходит при вымывании аэрозолей из атмосферы осадками, турбулентном перемешивании приземного слоя воздуха, отложении загрязнений на поверхности земли и т. д. Однако в современных условиях возможности природных систем атмосферы серьезно подорваны, и атмосферный воз-

дух уже не в полной мере выполняет свои защитные, терморегулирующие и жизнеобеспечивающие экологические функции.

Под **загрязнением атмосферного воздуха** понимается любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем.

По происхождению загрязнения делятся на естественные (вызванные природными процессами) и антропогенные (связанные с выбросами загрязняющих веществ в процессе деятельности человека).

5.2.3. Источники загрязнения атмосферы

Естественные источники	Антропогенные источники (в порядке убывания воздействия на атмосферу)
Пыльные бури Вулканы Пожары Выветривание Разложение организмов	<i>Стационарные объекты:</i> Теплоэнергетические объекты (тепловые электрические станции, отопительные и производственные котельные агрегаты) Металлургические заводы Химические заводы Нефтехимические заводы <i>Передвижные источники:</i> Автотранспортные средства

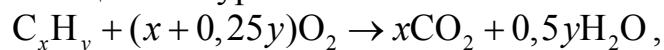
Классификация выбросов вредных веществ в атмосферу по агрегатному состоянию

- газообразные (SO₂, NO_x, CO₂, углеводороды и др.);
- жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей);
- твердые (сажа, органическая и неорганическая пыль, смолистые вещества, свинец и его соединения и др.).

5.2.4. Основные загрязнители атмосферного воздуха

Основными загрязнителями атмосферного воздуха, образующимися как в процессе хозяйственной деятельности человека, так и в результате природных процессов, являются диоксид серы SO₂, диоксид углерода CO₂, оксиды азота NO_x, твердые частицы (зола, сажа), углеводороды. Их доля составляет 98 % в общем объеме выбросов вредных веществ.

Источниками основных загрязнителей атмосферного воздуха являются теплоэнергетика и автотранспорт, где для получения энергии используется процесс сгорания топлива (углеводородов). Основная химическая реакция, протекающая в этом случае, может быть представлена следующим обобщенным уравнением:



где C_xH_y – условное обозначение гаммы углеводородов, входящих в состав топлива. Однако эта реакция не проходит полностью, поэтому могут выделяться углеводороды, оксид углерода и сажа как промежуточные продукты реакции. В процессе горения углеводородов помимо оксидов углерода выделяется оксиды азота, как продукт взаимодействия молекулярного азота воздуха с кислородом. При определенных условиях, когда нефтепродукты содержат соединения серы, выделяются также оксиды серы.

Помимо этих основных загрязнителей, в атмосфере наблюдается еще более 70 наименований вредных веществ: формальдегид, фенол, бензол, бензапирен, соединения свинца и других тяжелых металлов, аммиак, сероуглерод и др.

5.2.5. Экологические последствия загрязнения атмосферы

К важнейшим экологическим последствиям глобального загрязнения атмосферы относятся:

- возможное потепление климата (парниковый эффект);
- нарушение озонового слоя;
- выпадение кислотных дождей;
- ухудшение здоровья.

5.2.5.1. Парниковый эффект

Парниковый эффект – это повышение температуры нижних слоев атмосферы Земли по сравнению с эффективной температурой, т. е. температурой теплового излучения планеты, наблюдаемого из космоса. Механизм парникового эффекта таков, парниковые газы атмосферы пропускают внутрь большую часть солнечного коротковолнового излучения ($\lambda = 0,4-1,5$ мкм), но препятствуют прохождению в космическое пространство длинноволновому тепловому излучению с поверхности Земли ($\lambda = 7,8-28$ мкм). Поглощая это инфракрасное излучение, парниковые газы нагреваются и, в свою очередь, нагревают атмосферу в целом (рис. 5.2).

Наличие такого явления, как парниковый эффект, для биосферы полезно. Полное отсутствие этих газов в атмосфере привело бы к снижению температуры у поверхности Земли примерно на 30–33 °С, и она, как и Луна, была бы бесплодна, сильно нагреваясь днем и переохлаждаясь ночью. В то же время, имей Земля атмосферу Венеры (более чем на 95 % состоящую из CO_2), парниковый эффект привел бы к такому сильному перегреву, что жизнь также была бы невозможна.



Рис. 5.2. Механизм парникового эффекта

В последнее столетие наблюдается увеличение средней температуры у поверхности Земли на $0,3\text{--}0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (по разным источникам) (рис. 5.3), площадь снежного покрова уменьшилась на 8 %, уровень Мирового океана возрос на 10–20 см. Эти факты вызывают озабоченность и большинство ученых говорят о глобальном изменении климата нашей планеты.

Существует различные гипотезы, объясняющие наблюдаемые изменения климата начиная от солнечной, вулканической и океанической активности и заканчивая естественными причинами, не связанными с деятельностью человека. Однако в мировом научном сообществе за основную причину изменения климата принимается антропогенная деятельность человека, приводящая к увеличению содержания парниковых газов в атмосфере.

Считается, что основным газом, создающим парниковый эффект, – диоксид углерода (CO_2), среди парниковых газов также выделяют CH_4 , хлорфторуглероды (фреоны) и их заменители, оксид азота и гексафторид серы (табл. 5.1).

Повышение концентрации CO_2 в некоторых пределах способствует увеличению интенсивности фотосинтеза, а, следовательно, и продуктивности растений, однако возможности продуцентов не компенсируют полностью избыток концентрации углекислого газа. Количество CO_2 вследствие увеличения концентрации в атмосфере антропогенных примесей возрастает, что способствует усилению парникового эффекта, т. е. постепенному потеплению климата на нашей планете.

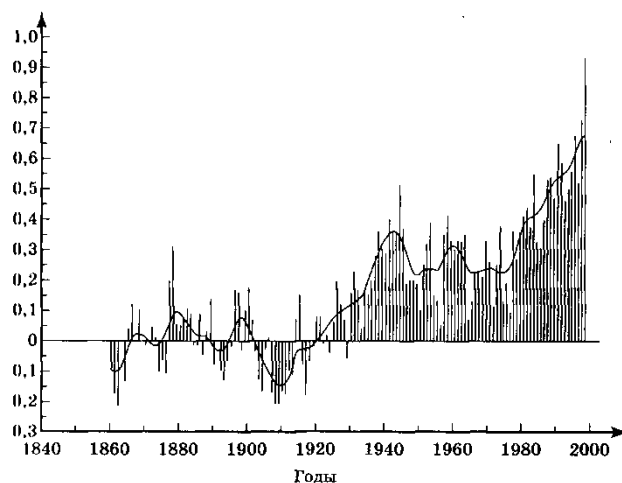


Рис. 5.3. Динамика изменения средней глобальной температуры у поверхности Земли за 1860–1998 гг. по данным Британского метеорологического общества. Столбиками показана средняя ежегодная температура воздуха у поверхности Земли в соответствующем году, а кривой – температура, усредненная по пятилетиям (по Николайкину Н.И., 2004)

Оценки, полученные по климатическим моделям, говорят, что в XXI веке средняя температура поверхности Земли может повыситься на величину от 1,1 до 6,4 °С. Экологические последствия такого потепления могут быть катастрофическими. В результате таяния полярных льдов, горных ледников уровень Мирового океана может повыситься на 0,5–2,0 м к концу XXI века, а это приведет к затоплению приморских равнин более чем в 30 странах, заболачиванию обширных территорий, нарушению климатического равновесия. С другой точки зрения, образующееся в результате потепления количество осадков, влага аккумулируются в полярных широтах, в результате уровень Мирового океана должен снижаться. Баланс полярного оледенения нарушится, если потепление превысит 5 °С.

В декабре 1997 г. на встрече в Киото (Япония), посвященной глобальному изменению климата, делегатами из более чем 160 стран была принята конвенция, обязывающая развитые страны сократить выбросы CO₂. Киотский протокол обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов в 2008–2012 годах по на 5 % от уровня 1990 г. Европейский союз должен сократить выбросы CO₂ и других тепличных газов на 8 %, США – на 7 %, Япония – на 6 %. Страны Восточной Европы и Прибалтики – в среднем на 8 % Россия и Украина – сохранить среднегодовые выбросы в 2008–2012 годах на уровне 1990 г.

Таблица 5.1

*Основные парниковые газы и их влияние на глобальное потепление
(по материалам конференции в Киото, 1997) (по Николайкину Н.И., 2004)*

Газ	Источники поступления	Доля в сумме парниковых газов в 1990 г.	Время пребывания, лет	Потенциал глобального потепления ¹
Диоксид углерода (CO ₂)	Сжигание ископаемого топлива (77 %); вырубка лесов (23 %)	81,2	Различное, в основном около 100	1
Метан (CH ₄)	Рисовые плантации; утечки при добыче и транспортировке ископаемых видов топлива; жизнедеятельность животных; гниение на свалках	13,7	9–15	21
Оксид азота (N ₂ O)	Производство удобрений; сжигание ископаемого топлива; сельскохозяйственное возделывание земли	4	120	310
Хлорфторуглероды (ХФУ или фреоны) и родственные газы ²	Использование в качестве хладагентов, растворителей, вспенивателей, основы аэрозолей	0,29	2600–50 000	3800 и более
Гексафторид серы (SF ₆) ³	Производство электроники и изоляционных материалов	0,30	3200	23900

¹Потенциал глобального потепления (Global warming potential) характеризует «разогревающее» воздействие молекулы парникового газа относительно молекулы диоксида углерода. Эти оценки потенциалов использовались для расчетов перед подписанием Киотского протокола.

²Со времени подписания Монреальского соглашения эти газы быстро заменяются на ХФУВ, но, попав в атмосферу ранее, они будут присутствовать в ней еще долго.

³Выбросы этих газов пока невелики, но их объемы постоянно возрастают.

Киотский протокол вступил в силу 16 февраля 2005 года после ратифицирования его странами, суммарная квота которых по выбросам парниковых газов превышает 55 %. По состоянию на 25 ноября 2009 г. Протокол был ратифицирован 192 странами мира (на эти страны совокупно приходится 63,7 % общемировых выбросов). Заметным исключением из этого списка являются США.

Киотский протокол – первый международный документ, использующий рыночный механизм для решения глобальных экологических

проблем. Протокол предусматривает систему квот на выбросы тепличных газов. Суть его заключается в том, что каждая из стран, получает разрешение на выброс определенного количества тепличных газов. При этом предполагается, что какие-то страны или компании превысят квоту выбросов. В таких случаях эти страны или компании смогут купить право на дополнительные выбросы у тех стран или компаний, выбросы которых меньше выделенной квоты.

Действие Киотского протокола, регламентирующего ограничения на выброс парниковых газов, продлено до 2020 года. Соответствующее решение было принято по итогам переговоров, завершившихся 8 декабря 2012 г. в столице Катара Дохе, где проходила конференция ООН об изменении климата.

За продление договора, первый этап действия которого заканчивается 31 декабря 2012 года, высказались около 200 стран. В соответствии с вновь принятыми соглашениями, каждая страна, ратифицировавшая протокол, до 2014 года должна оценить уровень своих обязательств по нему и представить в ООН информацию о возможности его повышения.

Среди одобдивших новое соглашение стран оказались 38 индустриально развитых государств, в том числе все страны-члены ЕС, а также Австралия, Казахстан, Украина, Белоруссия, Норвегия, Швейцария, Исландия, Лихтенштейн и Монако.

Как отмечается, на долю ратифицировавших продление договора государств приходится лишь 15 процентов выбросов вредных веществ в атмосферу. В тоже время США, Китай, Индия, Япония и Россия, а также официально вышедшая из договора в 2011 году Канада, в новом периоде обязательств по договору участвовать не намерены.

5.2.5.2. Нарушение озонового слоя

Снижение концентрации озона ослабляет способность атмосферы защищать все живое на Земле от жесткого УФ-излучения. Растения под влиянием сильного УФ-излучения теряют способность к фотосинтезу, наблюдается увеличение заболевания раком кожи у людей.

Пространство с пониженным содержанием озона (до 50 %) было обнаружено над Антарктидой в начале 80-х годов XX в. С тех пор результаты измерений подтверждают уменьшение озонового слоя на всей планете (рис. 5.4). Предполагают, что это явление имеет антропогенное происхождение и связано с повышением содержания хлорфторуглеродов (ХФУ) или фреонов в атмосфере. Фреоны широко применяются в промышленности и в быту в качестве аэрозолей, хладагентов, растворителей.

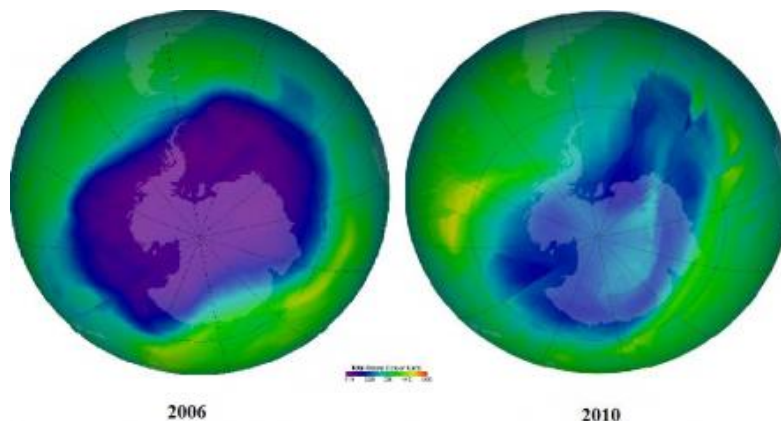
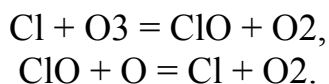


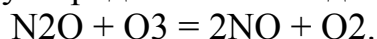
Рис. 5.4. Озоновые дыры (по материалам сайта <http://ecofriendly.ru>)

Фреоны – это высокостабильные соединения. Время жизни некоторых фреонов составляет 70–100 лет. Они не поглощают солнечное излучение с большой длиной волны и не могут подвергнуться его воздействию в нижних слоях атмосферы. Но, поднимаясь в верхние слои атмосферы, фреоны преодолевают защитный слой. Коротковолновое излучение высвобождает из них атомы свободного хлора. Атомы хлора затем вступают в реакцию с озоном:



Таким образом, разложение ХФУ солнечным излучением создает цепную реакцию, согласно которой 1 атом хлора способен разрушить до 100000 молекул озона.

Разрушать озон способны и другие химические вещества, например, четыреххлористый углерод CCl_4 и оксид азота N_2O :



В 1987 году в Монреале (Канада) был подготовлен к подписанию протокол к Венской конвенции об охране озонового слоя 1985 года. Монреальский протокол разработан с целью защиты озонового слоя с помощью снятия с производства некоторых химических веществ, которые разрушают озоновый слой. Монреальский протокол предусматривал замораживание на уровне 1986 года производства пяти наиболее применяемых ХФУ и галонов, а затем сокращение их производства на 20 % к 1993 году и на 30 % – к 1998 году. Протокол вступил в силу 1 января 1989 г. С мая 1989 г. по 1999 г. подвергался пересмотру несколько раз. По состоянию на декабрь 2009 г. 196 государств-членов ООН ратифицировали первоначальную версию Монреальского протокола. Не все страны ратифицировали каждую последующую поправку. Только 161 страна подписала Пекинскую поправку. Если страны, подписавшие протокол, будут его придерживаться и в будущем, то можно

надеясь, что озоновый слой восстановится к 2050 году. СССР подписал Монреальский протокол в 1987 г. В 1991 г. Россия, Украина и Белоруссия подтвердили свою правопреемственность этому решению.

Следует отметить, что некоторые ученые настаивают на естественном происхождении озоновых дыр.

5.2.5.3. Кислотные дожди

Кислотные дожди образуются в результате промышленных выбросов в атмосферу диоксида серы и оксидов азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотную кислоты. Чистая дождевая вода имеет слабокислую реакцию $pH = 5,6$, т. к. в ней легко растворяется CO_2 с образованием слабой угольной кислоты. Кислотные осадки имеют $pH = 3-5$, максимальная зарегистрированная кислотность в Западной Европе – $pH = 2,3$.

Около 40 % оксидов серы поступает в воздух от естественных источников (вулканическая деятельность, продукты жизнедеятельности микроорганизмов) и ~ 60 % – от антропогенных (продукт сжигания ископаемых видов топлива, содержащих серу, на тепловых электростанциях, в промышленности, при работе автотранспорта). Естественными источниками соединений азота являются грозовые разряды, почвенная эмиссия, горение биомассы (63 %), антропогенными – выбросы автотранспорта, промышленности, тепловых электростанций (37 %).

Прямое воздействие кислотных дождей представляет собой опасность для металлоконструкций, зданий, памятников.

При попадании на растения кислые осадки повреждают тонкую прозрачную пленку, покрывающую листья и стебли растений и не пропускающую воду и газы, вымывают из листьев калий, сахара, белки. Особенно страдают хвойные породы.

Воздействие кислотных осадков на памятники архитектуры, растения и экосистемы показано на рис. 5.5.



Рис. 5.5. Воздействие кислотных осадков (по материалам сайта <http://www.ecoanaliz.ru/>)

Наибольшую опасность кислотные осадки представляют при их попадании в водоемы и почвы. От значения рН зависит растворимость алюминия и тяжелых металлов, угнетающих рост корней растений, токсичных для живых организмов. При изменении рН меняется структура почвы, снижается ее плодородие.

5.2.6. Средства защиты атмосферы

Для защиты атмосферы от негативного антропогенного воздействия используются следующие основные мероприятия:

1. Экологизация технологических процессов:
 - 1.1 Создание замкнутых технологических циклов, малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных веществ;
 - 1.2 Уменьшение загрязнения от тепловых установок: централизованное теплоснабжение, предварительная очистка топлива от соединений серы, использование альтернативных источников энергии, переход на топливо повышенного качества (с угля на природный газ);
 - 1.3 Уменьшение загрязнения от автотранспорта: использование электротранспорта, очистка выхлопных газов, использование каталитических нейтрализаторов для дожигания топлива, разработка водородного транспорта, перевод транспортных потоков за город.
2. Очистка технологических газовых выбросов от вредных примесей с помощью специального оборудования.
3. Рассеивание газовых выбросов в атмосфере (рис. 5.6). Рассеивание осуществляется с помощью высоких дымовых труб (высотой более 300 м). Это временное, вынужденное мероприятие, которое осуществляется вследствие того, что существующие очистные сооружения не обеспечивают полной очистки выбросов от вредных веществ.



Рис. 5.6. Рассеивание выбросов с помощью дымовых труб

4. Устройство санитарно-защитных зон, архитектурно-планировочные решения.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – это полоса, отделяющая источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства. Ширина СЗЗ устанавливается в зависимости от класса производства, степени вредности и количества выделенных в атмосферу веществ и составляет от 50 до 1000 м.

Архитектурно-планировочные решения – правильное взаимное размещение источников выбросов и населенных мест с учетом направления ветров, сооружение автомобильных дорог в обход населенных пунктов и др. (рис. 5.7)

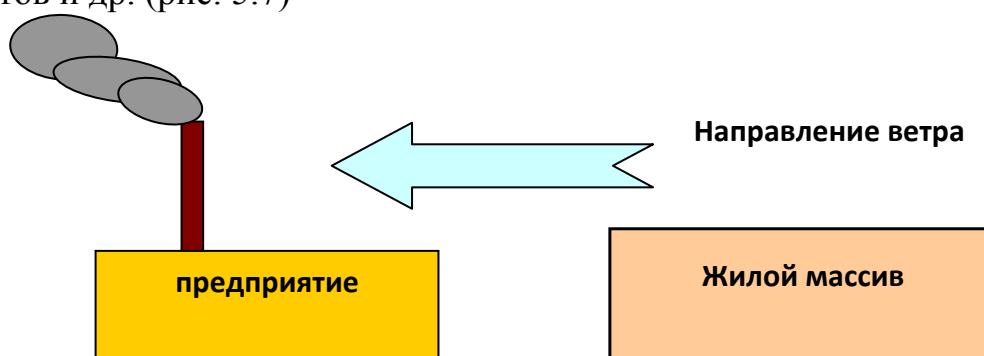


Рис. 5.7. Схема расположения предприятий по отношению к населенному пункту

5.2.6.1. Оборудование для очистки выбросов

- 1) устройства для очистки газовых выбросов от аэрозолей (пыли, золы, сажи);
- 2) устройства для очистки выбросов от газо- и парообразных примесей (NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 и др.).

5.2.6.1. Устройства для очистки технологических выбросов в атмосферу от аэрозолей

Сухие пылеуловители

Сухие пылеуловители (циклоны) предназначены для грубой механической очистки от крупной и тяжелой пыли. Принцип работы – оседание частиц под действием центробежной силы и силы тяжести. Широкое распространение получили циклоны различных видов: одиночные, групповые, батарейные.

На рис. 5.8 изображена упрощенная конструкция одиночного циклона. Очищаемая газопылевая смесь подводится к корпусу циклона тангенциально, поэтому частицы пыли, вращаясь около внутренней по-

верхности корпуса, осаждаются и удаляются снизу, а очищенный газ (воздух) через расположенную в центре трубу уходит в атмосферу.

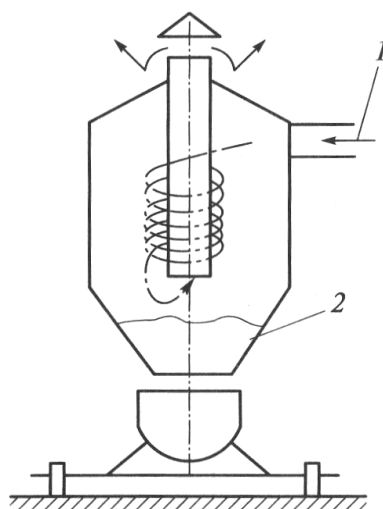


Рис. 5.8. Схема циклона:

1 – загрязненный поток; 2 – уловленная взесь (по В.Г. Еремину и др., 2008)

Мокрые пылеуловители

Мокрые пылеуловители (скрубберы) характеризуются высокой эффективностью очистки от мелкодисперсной пыли размером до 2 мкм. Работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель под действием сил инерции или броуновского движения.

Запыленный газовый поток по патрубку 1 поступает в корпус аппарата 4 и поднимается навстречу потоку капель жидкости, подаваемой через форсунки 2, мелкие частицы пыли осаждаются на поверхности капель. Очищенный газовый поток удаляется через выходной патрубок 3 (рис. 5.9).

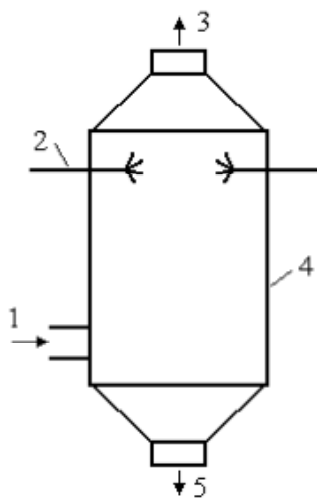


Рис. 5.9. Схема скруббера

Фильтры

Фильтры предназначены для тонкой очистки газов за счет осаждения частиц пыли (до 0,05 мкм) на поверхности пористых фильтрующих перегородок. По типу фильтрующей загрузки различают тканевые фильтры (ткань, войлок, губчатая резина) и зернистые. Выбор фильтрующего материала определяется требованиями к очистке и условиями работы: степень очистки, температура, агрессивность газов, влажность, количество и размер пыли и т. д. Схема действия матерчатого фильтра представлена на рис. 5.10.

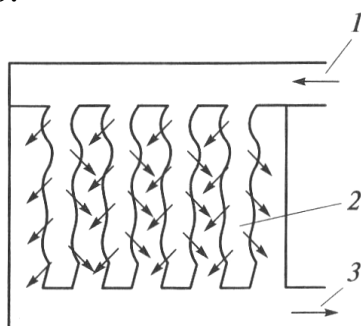


Рис. 5.10. Схема тканевого (матерчатого) фильтра:
1 – загрязненный поток, 2 – рукава из ворсистой ткани; 3 – очищенный поток
(по В.Г. Еремину и др., 2008)

Электрофильтры

Электрофильтр – аппарат для удаления из промышленных газов взвешенных жидких или твердых частиц путём ионизации этих частиц при прохождении газа через область коронного разряда и последующего осаждения на электродах.

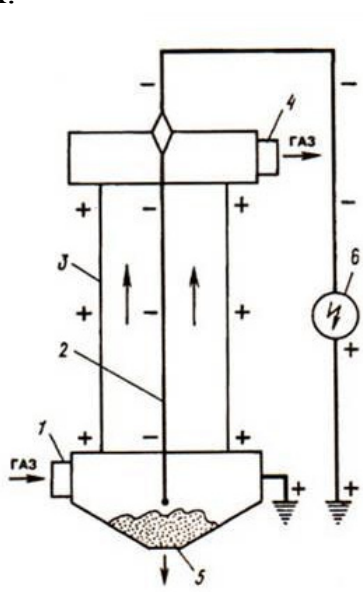


Рис. 5.10. Схема электрофильтра

Схема электрофильтра представлена на рис. 5.10. Пылегазовый поток поступает в электрофильтр через патрубок 1. Коронирующий электрод 2 подключен к высоковольтному источнику напряжения 6 (50–60 кВ). У поверхности коронирующего электрода 2 происходит ионизация пылегазового потока. Приобретая отрицательный заряд, частицы пыли движутся к осадительному электроду 3 (стенки корпуса), имеющему знак, противоположный заряду коронирующего электрода. Газ, освободившись от пыли, выходит через выхлопной патрубок 4. По мере накопления на электродах частицы пыли падают под действием силы тяжести в сборник пыли 5 или удаляются встряхиванием.

5.2.6.2. Способы очистки от газо- и паробразных примесей

1. Термическая нейтрализация обеспечивает окисление токсичных примесей в газовых выбросах до менее токсичных при наличии свободного кислорода и высокой температуры газов. Различают три схемы термической нейтрализации: прямое сжигание в пламени, термическое окисление при температурах 600–800 °С, каталитическое сжигание – при 250–450 °С.

Прямое сжигание используют в тех случаях, когда очищаемые газы обладают значительной энергией, достаточной для поддержания горения. Примером такого процесса является факельное сжигание горючих отходов.

Термическое окисление применяется, когда очищаемые газы имеют высокую температуру, но не содержат достаточно кислорода, или когда концентрация горючих веществ незначительна и недостаточна для поддержания пламени. В первом случае процесс проводят в камере с подачей свежего воздуха, а во втором – при подаче дополнительно природного газа.

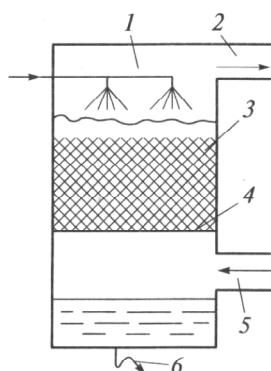
Каталитическое сжигание используют для превращения токсичных компонентов, содержащихся в отходящих газах промышленных выбросов, в нетоксичные или менее токсичные путем их контакта с катализаторами (Pt, Pd, Vd). Примером является следующий процесс: каталитическое дожигание CO до CO₂;

2. Абсорбционный метод основан на поглощении вредных газообразных примесей жидким поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора. В качестве абсорбента, например, используют воду для улавливания таких газов как NH₃, HF, HCl.

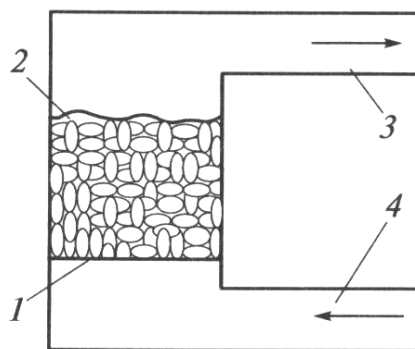
3. Адсорбционный метод основан на способности некоторых тонкодисперсных твердых тел селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты газовой смеси. В качестве адсорбентов используют активированный уголь, силикагель, цеолиты и

др. Конструктивно адсорберы выполняют в виде емкостей, заполненных пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа. Примером конструкции адсорбера является противогаз.

Схема абсорбера и адсорбера представлены на рис. 5.11. и 5.12.



*Рис. 5.11. Схема абсорбера:
1 – абсорбент; 2 – очищенный поток;
3 – насадка; 4 – сетка; 5 – загрязненный
поток; 6 – выброс в канализацию
(по В.Г. Еремину и др., 2008)*



*Рис. 5.12. Схема адсорбера:
1 – сетка; 2 – адсорбент; 3 – очищенный
поток; 4 – загрязненный поток
(по В.Г. Еремину и др., 2008)*

5.3. Защита гидросферы

Вода – одно из наиболее важных веществ на Земле, от которого зависит состояние животного и растительного мира. Это самая распространенная неорганическая составляющая живой материи. У человека вода составляет 63 % массы тела, у грибов – 80 %, у медуз – 98 %, в растениях содержится до 95 % воды. Семена растений, в которых содержание воды не превышает 10 %, представляют собой формы замедленной жизни. Такое же явление – ангидробиоз – наблюдается у некоторых видов беспозвоночных, которые при неблагоприятных внешних условиях могут потерять большую часть воды из своих тканей и сохранить жизнеспособность.

Вода в природе находится в непрерывном круговороте – все время расходуется и возобновляется.

5.3.1. Водные ресурсы

Водную оболочку Земли называют гидросферой. Это совокупность океанов, морей, озер, прудов, рек, болот, подземных вод. Вода покрывает 70,8 % поверхности планеты. Основную часть гидросферы составляет Мировой океан – 96,53 %. Более 98 % всех водных ресурсов представлены водами с повышенной минерализацией, непригодными для хозяй-

ственной деятельности. На долю пресных вод приходится ~ 2,5 % (28 млн км³). Основная масса пресной воды заключена в ледниках и постоянно залегающем снежном покрове. Значительный объем пресной воды приходится на долю подземных вод. Для хозяйственного использования, водоснабжения пригодно всего 0,3 % объема гидросферы, что составляет 4,2 млн км³. Роль подземных вод возрастает в связи с усиливающимся загрязнением поверхностных вод.

5.3.2. Роль воды

Вода играет существенную роль как в биологических процессах, так и в климатических. Вода является универсальным растворителем химических веществ. Значительная роль воды на планете обусловлена ее физическими свойствами.

Вода обладает большой теплоемкостью 4,18 Дж/г·К (теплоемкость воздуха 1,009 Дж/г·К). В природных условиях вода медленно остывает и медленно нагревается, являясь регулятором температуры на Земле.

Плотность воды максимальна при 3,98 °С и составляет 1,0 г/см³. Плотность воды уменьшается как при повышении, так и при понижении температуры. Эта аномалия обуславливает возможность жизни в водоемах, замерзающих в зимнее время. Поскольку лед легче воды (его плотность ниже), он располагается на поверхности и защищает лежащие ниже слои воды от промерзания. При дальнейшем понижении температуры увеличивается толщина слоя льда, но температура воды под льдом остается на уровне 4 °С, что позволяет водным организмам сохранять жизнь.

5.3.3. Показатели качества воды

Состав природных вод оценивается физическими, химическими и санитарно-бактериологическими показателями. Определение показателей качества воды осуществляют в лабораториях, в которых используют автоматизированные комплексы.

Назовем *физические показатели* воды.

1. Взвешенные вещества – частицы минерального ли органического происхождения песок, глина, планктон и др. Взвешенные вещества характеризуют мутность воды.
2. Цветность – показатель, обусловленный наличием в воде гуминовых кислот, жиров, органических кислот, соединений железа и др.;
3. Запахи и привкусы – органолептические показатели качества воды. Запахи вызывают летучие пахнущие вещества.

4. Прозрачность воды характеризуется примесями, отличающимися от воды свойствами поглощения и отражения света.

Химические показатели делятся на несколько групп:

1. Ионный состав – общее содержание наиболее распространенных в воде катионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и анионов Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HSiO_3^- . Содержание хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов кальция и магния определяет жесткость воды.
2. pH среды; вода хозяйственно-питьевого назначения имеет $\text{pH} = 6,5\text{--}8,5$;
3. Биогенные вещества – соединения образующиеся в процессе обмена веществ и необходимые для жизнедеятельности организмов. В первую очередь к ним относятся соединения железа, азота и фосфора.
4. Содержание растворенных газов O_2 , CO_2 , H_2S ;
5. Органические вещества в природных водах содержатся в виде гумусовых соединений. Для характеристики загрязнения водных объектов такими примесями используют оценки окисляемости воды, химического и биохимического потребления кислорода.
6. Микроэлементы – вещества, концентрация в воде которых менее 1 мг/мл. В природных водах они содержатся в виде ионов, молекул, коллоидных частиц, взвесей, входят в состав минеральных и органических комплексов. Среди них важное значение имеют соединения фтора и йода.

Санитарно-бактериологические оценивает наличие гидробионотов и микрофлоры. Он характеризует содержание бактерий групп кишечной палочки на 1 л. воды

Загрязнение вод проявляется в изменении физических, органолептических и бактериологических свойств: увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей. Подсчитано, что ежегодно в мире сбрасывается более 420 км³ сточных вод.

Основным источником загрязнения гидросферы считается сточные воды бытового и промышленного происхождения.

Разнообразие сточных вод принято подразделять на следующие виды:

- технологические, возникающие в технологических процессах предварительной мойки, промежуточной или финишной промывки, а также при использовании воды в качестве технологического растворителя либо носителя;
- хозяйственно-бытовые (или коммунальные), образующиеся в жилищно-бытовом секторе, а также в сфере общественного питания и санитарно-гигиенического обслуживания на предприятиях;
- поверхностные, формирующиеся за счет дождевых и талых снеговых вод, а также воды при мокрой уборке территорий с искусственными покрытиями (асфальтированными, бетонными и т. п.).

Среди отраслей экономики нашей страны первое место по потреблению воды занимает сельское хозяйство. Для получения 1 т пшеницы необходимо 1500 т воды, 1 т риса — более 7000 т, 1 т хлопка — около 10 000 т.

Второе место отводится промышленности. Ни одно промышленное предприятие не может функционировать, не используя воду из природных источников. Потребность предприятий в воде изменяется в широких пределах и зависит от вида получаемой продукции, принятой технологии, системы водоснабжения (прямоточной или водооборотной), климатических условий и т. п. Так, для получения 1 т угля затрачивается 2 т воды, стали — 15–20 т, целлюлозы — 400–500 т, синтетического волокна — 500 м³.

Третье место по водоемкости занимает коммунальное хозяйство городов. Значительный объем чистой воды затрачивается на разбавление, обеззараживание стоков и отбросов промышленности, сельского хозяйства, строительства, населенных пунктов и транспортных путей, т. е. на борьбу с загрязнением гидросферы.

5.3.4. Виды загрязнения воды

Химическое загрязнение может быть органическим (фенолы, пестициды, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)), неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (ртуть, мышьяк, свинец), нетоксичным.

Эвтрофикация — явление, связанное с поступлением в водоемы большого количества биогенных элементов (соединений азота и фосфора) в виде удобрений, моющих веществ, отходов животноводства. При этом повышается температура воды, чрезмерно развиваются водоросли, преобладают нежелательные виды планктона, снижается концентрация кислорода в воде, нарушается жизнедеятельность рыб (рис. 5.13).



Рис. 5.13. Эвтрофикация водоема
(по материалам сайта <http://www.ecogidro.ru>)

В России концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК во многих водных объектах (табл. 5.2). При осаждении на дно водоемов вредные вещества сорбируются частицами пород, окисляются – восстанавливаются, выпадают в осадок. Однако, как правило, полного самоочищения не происходит.

Таблица 5.2

Доля проб воды, загрязненных выше ПДК

Загрязнители	Доля проб, %
Нефтепродукты	40–45
Органические вещества	30–35
Фенолы	45–60
Аммонийный азот	25–40
Соединения меди	70–75
Соединения цинка	30–35

Бактериальное загрязнение выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов, простейших, грибов и т. д.

Физическое загрязнение может быть радиоактивным, механическим, тепловым. Очень опасно содержание в воде *радиоактивных веществ* даже в малых концентрациях. Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов и т. д. В подземные воды радиоактивные элементы попадают в результате их выпадения с осадками на поверхность земли и последующего просачивания вглубь земли, либо в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (шлам, песок, ил и др.), которые могут значительно ухудшать органолептические показатели.

Тепловое загрязнение связано с повышением температуры природных вод в результате их смешивания с технологическими водами. Температура сточных вод ТЭС, АЭС выше температуры окружающих водоемов на 10 °С. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава в водах, что ведет к размножению анаэробных бактерий, выделению ядовитых газов – H₂S, CH₄. Происходит цветение воды, ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны.

5.3.4. Экозащитные мероприятия

Для защиты поверхностных вод от загрязнения предусматриваются следующие экозащитные мероприятия:

1. Развитие безотходных и безводных технологий, внедрение систем оборотного водоснабжения – создание замкнутого цикла использования производственных и бытовых сточных вод, когда сточные воды все время находятся в обороте, и попадание их в поверхностные водоемы исключено.
2. Разбавление вредных веществ в водоемах до допустимых концентраций с применением специально организованных и расщелоченных выпусков.
3. Очистка сточных вод.
4. Очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для водоснабжения и других целей.

Главный загрязнитель поверхностных вод – сточные воды, поэтому разработка и внедрение эффективных методов очистки сточных вод является актуальной и экологически важной задачей.

Способы очистки сточных вод

1. Механическая очистка.
2. Физико-химическая очистка.
3. Биологическая очистка.

Механическая очистка

Используется для удаления из сточных вод взвешенных веществ (песок, глинистые частицы, волокна и т. д.). В основе механической очистки лежат четыре процесса:

- процеживание,
- отстаивание,
- обработка в поле действия центробежных сил,
- фильтрование.

Процеживание реализуют в решетках и волокнуловителях. Применяют для удаления из сточных вод крупных и волокнистых включений (сточные воды целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности). Ширина прозоров составляет 10–20 мм.

Отстаивание основано на свободном оседании примесей с плотностью $\rho > \rho$ воды или всплытии примесей с $\rho < \rho$ воды. Процесс реализуется в песколовках, отстойниках, жируловителях.

Песколовки используют для очистки сточных вод от частиц металла и песка размером более 250 мкм (рис. 5.14).

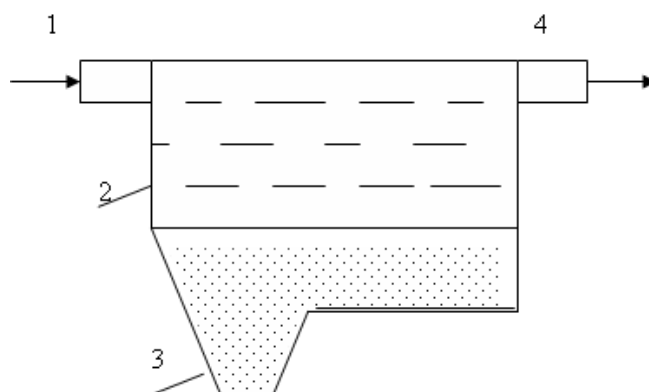


Рис. 5.14. Схема горизонтальной песколовки:

1 – входной патрубок, 2 – корпус, 3 – иламосборник, 4 – выходной патрубок

Отстойники используют для очистки сточных вод от более мелких взвешенных частиц или жировых веществ, нефтепродуктов.

Очистка сточных вод в поле действия центробежных сил осуществляется в гидроциклонах и центрифугах. Механизм действия аналогичен механизму действия газоочистных циклонов (рис. 5.14).

Суспензия подается тангенциально в цилиндрическую часть корпуса и приобретает интенсивное вращательное движение. Под действием центробежных сил частицы суспензии, имеющие большую плотность, чем жидкость, перемещаются к стенкам аппарата, концентрируются во внешних слоях вращающегося потока и движутся по спирали вдоль стенок гидроциклона вниз к разгрузочному штуцеру, через который и выводятся из аппарата вместе с частью жидкости в виде сгущенной суспензии. Осветленная жидкость движется во внутреннем спиральном потоке вверх и выводится через штуцер в крышке аппарата.

Фильтрация используют для очистки сточных вод от тонкодисперсных примесей с малой их концентрацией. В основном используется два типа фильтров: зернистые – в качестве фильтроматериала применяют кварцевый песок, дробленый шлак, гравий, сульфуголь и др.; тканевые – фильтровальные перегородки изготавливаются из хлопчатобумажных материалов, шерстяных, керамических.

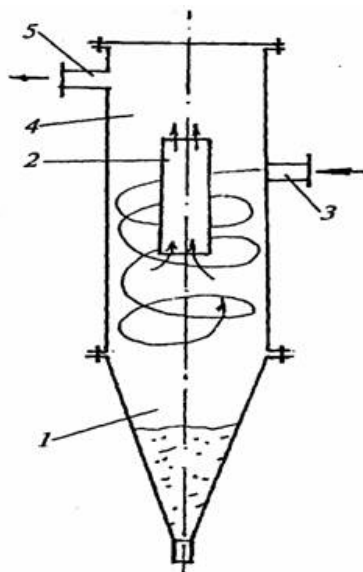


Рис. 5.15. Схема напорного гидроциклона:

1 – сменная насадка-сгуститель; 2 – сливной патрубок с диафрагмой;
 3 – входной патрубок; 4 – камера сбора осветленной воды; 5 – выходной патрубок
 (по материалам сайта <http://edu.dvgups.ru>)

Физико-химические методы очистки

Применяются для удаления из сточных вод растворимых примесей, а в ряде случаев – для удаления взвешенных веществ.

Флотация заключается в обволакивании частиц примесей (маслопродуктов, мелкодисперсных взвесей) мелкими пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду, и поднятии их на поверхность, где образуется слой пены. В случае **электрофлотации** пузырьки газа образуются в результате электролиза воды при пропускании электрического тока (водород, кислород).

Коагуляция – это физико-химический процесс укрупнения мельчайших коллоидных и дисперсных частиц под действием сил молекулярного притяжения. В качестве коагулянтов применяют сульфат алюминия, хлорид железа. Если необходимые для коагулирования ионы алюминия или железа получают электрохимическим путем (электролизом), то такой процесс называют **электрокоагуляцией**.

Реагентный метод заключается в том, что обработка сточных вод проводится химическими веществами – реагентами, которые, вступая в химическую реакцию с растворенными токсичными примесями, образуют нетоксичные или нерастворимые осадки. Например, для очистки фторсодержащих вод применяют гидроксид кальция, хлорид кальция. В результате химической реакции с токсичными соединениями фтора образуется плохо растворимый фторид кальция CaF_2 , который может быть удален из воды отстаиванием.

Нейтрализация – разновидность реагентного метода, предназначена для снижения концентрации свободных H^+ или OH^- –ионов до установленных значений, соответствующих $pH = 6,5-8,5$. Нейтрализация кислых сточных вод осуществляется добавлением растворимых щелочей $NaOH$, $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, а щелочных – добавлением кислот (соляной, серной).

Экстракция основана на перераспределении примесей сточных вод в смеси двух взаимонерастворимых жидкостей (сточной воды и органической жидкости). Используется для выделения фенолов, жирных кислот, цветных металлов – меди, никеля, цинка, кадмия и др.

Ионообменная очистка заключается в пропускании сточной воды через ионообменные смолы, которые содержат подвижные и способные к обмену ионы – катионы (чаще H^+) или анионы (чаще OH^-). При прохождении сточной воды через смолы подвижные ионы смолы заменяются на ионы токсичных примесей соответствующего знака.

В последние годы активно разрабатываются новые эффективные методы очистки сточных вод:

- озонирование,
- мембранные процессы очистки (ультрафильтрация, электродиализ),
- электроразрядные методы обработки воды,
- магнитная обработка и др.

Биологическая очистка

Биологическая очистка сточных вод основана на способности микроорганизмов использовать растворенные и коллоидные органические и некоторые неорганические соединения (H_2S , NH_3 , нитриты и др.) в качестве источника питания в процессах своей жизнедеятельности. При этом органические соединения окисляются до воды и углекислого газа. Биологическую очистку ведут в естественных условиях (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды) или в специальных искусственных сооружениях – аэротенках, биофильтрах.

Аэротенки – это открытые резервуары, через которые медленно протекают сточные воды, смешанные с активным илом.

Биофильтр – сооружение, заполненное загрузкиочным материалом (шлак, щебень, керамзит, гравий и т. п.), на поверхности которого развивается биологическая пленка из микроорганизмов.

5.4. Защита литосферы

Литосфера – это каменная оболочка Земли, включающая земную кору мощностью (толщиной) от 6 (под океанами) до 80 км (горные системы). Верхняя часть литосферы в настоящее время подвергается все более возрастающему антропогенному воздействию. Основные значимые составляющие литосферы: почвы, горные породы и их массивы, недра.

Причины нарушения верхних слоев земной коры:

- добыча полезных ископаемых;
- захоронение бытовых и промышленных отходов;
- проведение военных учений и испытаний;
- внесение удобрений;
- применение пестицидов.

В процессе преобразования литосферы человек извлек 125 млрд т угля, 32 млрд т нефти, более 100 млрд т других полезных ископаемых. Распахано более 1500 млн га земель, заболочено и засолено 20 млн га. При этом лишь 1/3 часть всей извлекаемой горной массы вовлекается в оборот, а используется в производстве ~7 % объема добычи. Большая часть отходов не используется и скапливается в отвалах.

5.4.1. Основные направления защиты литосферы

1. Защита почв.
2. Охрана и рациональное использование недр. Эти вопросы рассмотрены ранее в главе 3.
3. Рекультивация нарушенных территорий.

Рекультивация – это комплекс работ, проводимых с целью восстановления нарушенных территорий (при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, в процессе строительства и др.) и приведения земельных участков в безопасное состояние.

Различают рекультивацию техническую, биологическую и строительную.

Техническая рекультивация представляет собой предварительную подготовку нарушенных территорий. Проводится планировка поверхности, снятие верхнего слоя, транспортировка и нанесение плодородных почв на рекультивируемые земли. Засыпаются выемки, разбираются отвалы, поверхность выравнивается.

Биологическая рекультивация проводится для создания растительного покрова на подготовленных участках.

Строительная рекультивация – при необходимости возводятся здания, сооружения и другие объекты.

4. Защита массивов горных пород:

- Защита от подтопления – организация стока грунтовых вод, дренаж, гидроизоляция;
- Защита оползневых массивов и селеопасных массивов – регулирование поверхностного стока, организация ливневых коллекторов. Запрещается строительство зданий, сброс хозяйственных вод, вырубка деревьев.

5.4.2. Утилизация твердых отходов

Утилизация представляет собой переработку отходов, имеющую целью использование полезных свойств отходов или их компонентов. В этом случае отходы выступают в качестве вторичного сырья.

По агрегатному состоянию отходы разделяются на твердые и жидкие; *по источнику образования* – на промышленные, образующиеся в процессе производства (металлический лом, стружка, пластмассы, зола и т. д.), биологические, образующиеся в сельском хозяйстве (птичий помет, отходы животноводства и растениеводства и др.), бытовые (в частности, осадки коммунально-бытовых стоков), радиоактивные. Кроме того, отходы разделяются на горючие и негорючие, прессуемые и непрессуемые.

При сборе отходы должны разделяться по признакам, указанным выше, и в зависимости от дальнейшего использования, способа переработки, утилизации, захоронения.

После сбора отходы подвергаются переработке, утилизации и захоронению. Перерабатываются такие отходы, которые могут быть полезны. Переработка отходов – важнейший этап в обеспечении безопасности жизнедеятельности, способствующий защите окружающей среды от загрязнения и сохраняющий природные ресурсы.

Вторичное использование материалов решает целый комплекс вопросов по защите окружающей среды. Например, использование макулатуры позволяет при производстве 1 т бумаги и картона экономить 4,5 м³ древесины, 200 м³ воды и в 2 раза снизить затраты электроэнергии. Для изготовления такого же количества бумаги требуется 15–16 взрослых деревьев.

Большую экономическую выгоду дает использование отходов из цветных металлов. Для получения 1 т меди из руды необходимо добыть из недр и переработать 700–800 т рудоносных пород.

Пластмассы в виде отходов естественным путем разлагаются медленно, либо вообще не разлагаются. При их сжигании атмосфера загрязняется ядовитыми веществами. Наиболее эффективными способами предотвращения загрязнения среды пластмассовыми отходами является их вторичная переработка (рециклинг) и разработка биodeградирующих полимерных материалов. В настоящее время в мире утилизируется лишь небольшая часть из ежегодно выпускаемых 80 млн т пластмасс. Между тем, из 1 т отходов полиэтилена получается 860 кг новых изделий. 1 т использованных полимеров экономит 5 т нефти.

Широкое распространение получила **термическая переработка отходов** с последующим использованием теплоты. Мусоросжигающие заводы должны оборудоваться высокоэффективными системами пыле- и газоочистки, так как существуют проблемы с образованием газообразных токсичных выбросов.

Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию в качестве вторичных ресурсов, подвергаются **захоронению на полигонах**. Полигоны должны располагаться вдали от водоохраных зон и иметь санитарно-защитные зоны. В местах складирования выполняется гидроизоляция для исключения загрязнения грунтовых вод.

Для переработки твердых бытовых отходов находят широкое применение **биотехнологические методы**: аэробное компостирование, анаэробное компостирование или анаэробная ферментация, вермикомпостирование.

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под качеством окружающей среды?
2. Назовите основные экологические нормативы.
3. Что такое мониторинг окружающей среды? Дайте классификацию мониторинга.
4. Каково строение атмосферы?
5. Какое защитное значение имеет атмосфера для биосферы?
6. Перечислите естественные и искусственные источники загрязнения атмосферы.
7. Назовите основные загрязнители атмосферного воздуха.
8. Каковы важнейшие экологические последствия глобального загрязнения атмосферы?
9. Что такое парниковый эффект?
10. Объясните значимость озонового слоя атмосферы в жизни Земли.
11. Чем вызвано разрушение озонового слоя?
12. Что такое кислотные дожди?
13. Назовите основные средства защиты атмосферы.

14. Поясните принцип работы устройств для очистки технологических выбросов в атмосферу от аэрозолей (сухие пылеуловители, мокрые пылеуловители, фильтры, электрофильтры).
15. Дайте характеристику способам очистки технологических выбросов в атмосферу от газообразных примесей (каталитическое превращение, абсорбция, адсорбция).
16. Назовите показатели качества воды.
17. Дайте классификацию основных загрязнителей воды.
18. Перечислите мероприятия по защите гидросферы.
19. Назовите способы очистки сточных вод.
20. В чем заключаются причины нарушения верхних слоев земной коры?
21. Назовите основные методы защиты литосферы.
22. Что такое рекультивация?
23. Как проводится утилизация твердых отходов?
24. Приведите примеры вторичного использования материалов.

6. НОРМАТИВНЫЕ И ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

6.1. Основные законы и кодексы в области охраны окружающей среды РФ

Экологическое право – это отрасль права, которая регулирует общественные отношения в сфере взаимодействия общества и природы.

Источники экологического права:

1. Конституция РФ (12 декабря 1993 г.).
2. Законы и кодексы в области охраны природы.
3. Указы и распоряжения Президента по вопросам экологии и природопользования.
4. Нормативные акты министерств и ведомств.
5. Нормативные решения органов местного самоуправления.

К основным международно-правовым источникам следует отнести резолюции Генеральной Ассамблеи ООН, международные конвенции, договоры, соглашения.

Основные законы и кодексы в области охраны окружающей среды:

- ФЗ «Об охране окружающей среды» № 7 от 10.01.2002 г;
- Земельный кодекс РФ (2001);
- Водный кодекс РФ (2006);
- Лесной кодекс РФ (2006);
- ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (2002);
- ФЗ «Об отходах производства и потребления» (1998);
- ФЗ «О радиационной безопасности населения» (1995);
- ФЗ «О недрах» (1992);
- ФЗ «О животном мире» (1995);
- ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1999);
- ФЗ «Основы законодательства РФ об охране здоровья» (1993) и пр.

В РФ достаточно большое количество нормативно-правовых актов в области охраны окружающей среды. Назрела необходимость их объединения в общий документ под названием «Экологический кодекс». Одной из первых стран, в которой был принят данный нормативно-правовой акт, является Швеция (табл. 6.1). Башкортостан в 1992 году принял экологический кодекс, но он полностью копирует российский федеральный закон «Об охране окружающей среды». В ряде стран Экологический кодекс еще разрабатывается (Германия, Украина, Белоруссия, Россия).

Таблица 6.1

Действующие экологические кодексы стран мира

Страна	Дата принятия
Башкортостан	28.10.1992
Швеция	1999
Франция	2000
СНГ	16.11.2006
Казахстан	09.11.2007
Кыргызстан	15.01.2009

6.2. Международное экологическое законодательство

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды регулируется международным экологическим правом. Важный вклад в становление общепризнанных норм и принципов международной охраны окружающей среды внесли Стокгольмская конференция ООН по проблемам окружающей человека среды (1972 г.), Всемирная хартия природы, одобренная Генеральной Ассамблеей (1982 г.) и Международная конференция ООН по охране окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.).

Международные конвенции и договоры:

- Первая Парижская Конвенция 1902 года, посвященная охране птиц, полезных для сельского хозяйства. Пересмотрена и дополнена Международной конвенцией по защите птиц (Париж, 1950 г.);
- Международная конвенция по регулированию китобойного промысла (Вашингтон, 1946 г.);
- Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом в качестве местообитания водоплавающих птиц (Рамсар, 1971 г.);
- Конвенция о предотвращении загрязнения моря сбросами отходов и других материалов (Лондон, 1972 г.) и Протокол к ней (1996 г.);
- Конвенция об охране Всемирного культурного и природного наследия (Париж, 1972 г.) в части вопросов природного наследия;
- Соглашение о сохранении белых медведей (Осло, 1973 г.);
- Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС) (Вашингтон, 1973 г.);

- Конвенция ЕЭК ООН о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (Женева, 1979 г.) и протоколы к ней;
- Венская конвенция об охране озонового слоя (Вена, 1985 г.);
- Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой (Монреаль, 1987 г.);
- Конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением (Базель, 1989 г.);
- Рамочная Конвенция ООН об изменении климата и (Нью-Йорк, 1992 г.), Киотский протокол (Киото, 1998 г.);
- Конвенция о биологическом разнообразии (Рио-де-Жанейро, 1992 г.);
- Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке (Париж, 1994 г.);
- Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и многие другие.

6.3. Объекты охраны окружающей среды

Объекты охраны окружающей среды можно разделить на:

- 1) национальные (земля, воды, недра, животный и растительный мир, находящиеся на территории государства);
- 2) международные:
 - космос, атмосферный воздух, Мировой океан, Антарктида, находящиеся в пределах международных пространств,
 - мигрирующие, редкие и исчезающие виды животных и растений,
 - уникальные природные объекты (памятники природы, национальные заповедники).

6.4. Экологические права и обязанности граждан

Согласно ст. 42. Конституции РФ и ст. 11 ФЗ «Об охране окружающей среды» **каждый гражданин имеет право** на:

- благоприятную окружающую среду;
- достоверную информацию о ее состоянии;
- возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением;
- общее природопользование (земельный лесной, водный кодексы, ФЗ «О недрах», «О животном мире» и др.);

- создавать общественные объединения, фонды по охране окружающей среды;
- принимать участие в собраниях, митингах, референдумах по охране окружающей среды;
- выдвигать предложения о проведении общественной экологической экспертизе и участвовать в ее проведении.

Каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам (Ст. 58 Конституции РФ). В других нормативно-правовых актах (ФЗ «Об охране окружающей среды», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии» и др.) список обязанностей граждан расширен.

Экологические обязанности граждан:

- личным трудом оберегать и приумножать природные богатства;
- соблюдать установленные нормативы качества окружающей среды;
- сохранять природный ландшафт;
- не допускать уничтожения или порчи деревьев и кустарников, засорения лесов, уничтожения (разорения) мест обитания животных, птиц, рыб, насекомых и других живых организмов;
- соблюдать стандарты, регламентирующие условия охраны атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, лесов, недр;
- соблюдать правила пожарной безопасности в лесах;
- выполнять экологические предписания и постановления государственных органов;
- платить налоги и сборы, предусмотренные для финансирования природоохранных и природовосстановительных мероприятий;
- иметь необходимую экологическую подготовку
- содействовать экологическому воспитанию подрастающего поколения и повышению экологической культуры.

6.5. Механизмы охраны окружающей среды

Все механизмы охраны окружающей среды и природопользования целесообразно разделить на три группы (рис. 6.1): экономические механизмы, государственное регулирование, и управление. Далее рассмотрим некоторые методы более подробно.



Рис. 6.1. Механизмы охраны окружающей среды

6.6. Государственные органы охраны окружающей среды

Охраной окружающей среды занимаются государственные органы власти, предприятия и граждане.

Государственные органы власти можно разделить на две категории: органы общей и специальной компетенции (рис. 6.2). Государственные органы власти общей компетенции определяют основные направления природоохранной политики, утверждают экологические программы, обеспечивают экологическую безопасность, устанавливают правовые основы и нормы в пределах своей компетенции. Комплексные органы выполняют все или часть природоохранных задач. Отраслевые органы выполняют функции управления и надзора по охране и использованию отдельных видов природных ресурсов. Функциональные органы выполняют одну или несколько родственных функций в отношении природных объектов.



Рис. 6.2. Категории государственных органов власти в области охраны окружающей среды в РФ

Государственные органы власти в пределах своей компетенции уполномочены:

- Проводить государственный экологический контроль
- Выдавать разрешения на:
 - выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду;
 - лимиты на размещение отходов;
 - изъятие объектов животного мира, отнесенных к объектам охоты,
 - добычу водных биологических ресурсов;
 - проведение мероприятий по учету, изъятию регулированию численности объектов животного мира, отнесенных к объектам охоты и водных биологических ресурсов;
 - организовывать лицензирование деятельности:
 - по обращению и размещению отходов I–IV класса опасности;
 - на пользование водными биологическими ресурсами;
 - на рыбоводство, разведение животных;
 - на пользование общераспространенными полезными ископаемыми;

- проводить экологическую экспертизу технологических объектов;
- заниматься администрированием платежей за загрязнение окружающей среды;
- регулировать вопросы предоставления недр в пользование;
- регулировать вопросов воспроизводства минеральной базы;
- вести Красную книгу, вести кадастр особо охраняемых природных территорий и пр.

6.7. Экологическое воспитание

Экологическая культура – совокупность экологических достижений в общественной, производственной и духовной жизни человека, сформированные им ценности и нормы, знания и умения, обычаи в области использования и охраны окружающей среды.

В целях формирования экологической культуры в обществе, воспитания бережного отношения к природе, рационального использования природных ресурсов осуществляется экологическое просвещение. Экологическое воспитание призвано сформировать активную природоохранную политику.

Экологическое воспитание – систематическое воздействие на развитие экологических знаний взрослого и детского населения, пропаганда экологического мировоззрения. Действующая в настоящее время в стране система экологического образования носит непрерывный, комплексный, междисциплинарный и интегрированный характер, с дифференциацией в зависимости от профессиональной ориентации.

Проблемам экологического воспитания и образования в Томской области уделяется пристальное внимание как со стороны Администрации Томской области, так и со стороны муниципалитетов. На финансирование мероприятий в 2011 году из областного бюджета израсходовано 1569 тыс. руб., из муниципальных бюджетов – 1156,385 тыс. руб.

6.8. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

Данная процедура позволяет выработать такие хозяйственные решения, осуществление которых не приведет к неприемлемым экологическим и социально-экономическим последствиям.

Процедура ОВОС предшествует проведению государственной экологической экспертизе.

Экологическая экспертиза – установление соответствия документов, обосновывающих намечаемую хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами и законодательством в области охраны окружающей среды, в целях предотвращения негативного воздействия такой деятельности на окружающую среду.

Порядок проведения экологической экспертизы устанавливается Федеральным законом «Об экологической экспертизе». Экологическая экспертиза бывает:

- государственная (Росприроднадзор, Министерство природных ресурсов);
- общественная экологическая экспертиза (граждане, общественные организации).

Объектами государственной экологической экспертизы являются:

- любые проектные и предпроектные документы;
- новая техника и технология, продукция, сырье и материалы, вещества;
- проекты стандартов и нормативов.

Только при положительном заключении государственной экологической экспертизы должно открываться финансирование и кредитование предприятий. Нарушение требований, установленных в результате экологической экспертизы, влечет за собой приостановление до устранения недостатков указанной хозяйственной деятельности либо полное ее прекращение.

6.9. Экологический мониторинг

Экологический мониторинг – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Основным принцип мониторинга – непрерывное слежение.

Мониторинг является важной частью экологического контроля, которое осуществляет государство. Главная цель мониторинга – наблюдение за состоянием окружающей среды и уровнем ее загрязнения. Не ме-

нее важно своевременно оценить и последствия антропогенного воздействия на биоту, экосистемы и здоровье человека, а также эффективность природоохранных мероприятий. Но мониторинг – это не только слежение и оценка фактов, но и экспериментальное моделирование, прогноз и рекомендации по управлению состоянием окружающей среды.

Виды мониторинга (табл. 6.2):

- локальный (биоэкологический, санитарно-гигиенический);
- региональный (геосистемный, природно-хозяйственный);
 - глобальный (биосферный, фоновый, космический).

Таблица 6.2

Система экомониторинга по И.П. Герасимову

	Объекты мониторинга	Характеризуемые показатели
Локальный (санитарно-гигиенический, биоэкологический)	Приземный слой воздуха	ПДК токсичных веществ
	Поверхностные и грунтовые воды, промышленные и бытовые стоки и различные выбросы	Физические и биологические раздражители (шумы, аллергены и пр.)
	Радиоактивное излучение	Предельная степень радиоизлучения
Региональный (геосистемный, природно-хозяйственный)	Исчезающие виды животных и растений	Популяционное состояние видов
	Природные экосистемы	Их структура и нарушение
	Агрэкосистемы	Урожайность сельскохозяйственных культур
	Лесные экосистемы	Продуктивность насаждений
Глобальный (биосферный, фоновый)	Атмосфера	Радиационный баланс, тепловой перегрев, состав и запыление
	Гидросфера	Загрязнение рек и водоемов; водные бассейны, круговорот воды на континентах
	Растительные и почвенные покровы, животное население	Глобальные характеристики состояния почв, растительного покрова и животных. Глобальные круговороты и баланс CO ₂ , O ₂ и др. веществ

Мониторинг в различных сферах включает в себя:

- мониторинг атмосферы приземного слоя и верхней атмосферы, мониторинг атмосферных осадков;
- мониторинг гидросферы, т. е. поверхностных вод (рек, озер и водохранилищ), океанов и морей, подземных вод;
- мониторинг литосферы (в первую очередь почвы).

Мониторинг источников загрязнений учитывает следующие источники:

- точечные стационарные (заводские трубы и др.);
- точечные подвижные (карьерный транспорт и др.);
- пространственные (отвалы вскрышных пород, хвостохранилища и др.).

Основной объем наблюдений выполняют федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

В Томской области в настоящее время организован мониторинг качества атмосферного воздуха в трех городах: Томске, Колпашево и Стрежевом. Осуществляется передвижной мониторинг на детских площадках, перекрестках дорог, проводится отбор проб снега и стационарный мониторинг. Начиная с 2006 года, за счет средств областного бюджета проводится контроль качества топлива на автозаправочных станциях Томской области. Ежедневно работает автоматизированная система контроля радиационной обстановки. На сайте Департамента природных ресурсов Томской области (<http://green.tsu.ru>) можно подробно изучить карты мониторинга стоков предприятий, ливневой канализации и загрязнения снега в г. Томске, полигоны отходов, свалки, неблагоприятные инженерно-геологические процессы и др.

6.10. Экологический контроль

Экологический контроль – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

Виды экологического контроля:

- государственный: государственный экологический инспектор;
- производственный: эколог на предприятии
- общественный: профсоюзы, общественные объединения, трудовые коллективы, отдельные граждане.

Объектами государственного экологического контроля являются: земля, недра, леса, животный мир, атмосферный воздух, природно-заповедный фонд, континентальный шельф, а также окружающая среда в целом.

Государственный экологический контроль может быть плановым и внеплановым в форме документарной проверки и (или) выездной проверки, а также комплексный (проверка нескольких объектов государственного экологического контроля), целевой (контроль одного объекта),

совместный (с привлечением представителей органов государственной власти, общественных и иных организаций).

После завершения экологического контроля составляется акт проверки в двух экземплярах, а в случае выявления нарушений предприятием обязательных экологических требований инспектор, проводивший проверку, обязан выдать предписание об устранении выявленных нарушений с указанием сроков их устранения.

6.11. Нормирование в области охраны окружающей среды

Нормирование в области охраны окружающей среды осуществляется в целях государственного регулирования воздействия деятельности предприятий на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении:

- нормативов качества окружающей среды,
- нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении деятельности предприятий,
- нормативных документов в области охраны окружающей среды

Каждое предприятие должно иметь определенную нормативно-техническую документацию в области охраны окружающей среды. На рис. 6.3 представлена только часть основных документов, которые при государственном экологическом контроле проверяют инспектора.

На каждый вид негативного воздействия предприятие разрабатывает проекты: проект нормативов предельно-допустимых выбросов, проект нормативов допустимых сбросов, проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение, которые проходят государственную экспертизу в Росприроднадзоре.

В проектах содержится информация о деятельности предприятия, описывается производственный процесс, рассчитывается и анализируется негативное воздействие на окружающую среду (количество выбросов, сбросов загрязняющих веществ, количество образовавшихся отходов) и предлагаются экологические нормативы (ПДВ, НДС, лимиты), природоохранные мероприятия, формы и методы контроля.

При правильном оформлении проекта, проведении расчетов, учете всех негативных воздействий предприятию выдаются Разрешения на выбросы, сбросы, размещение отходов.

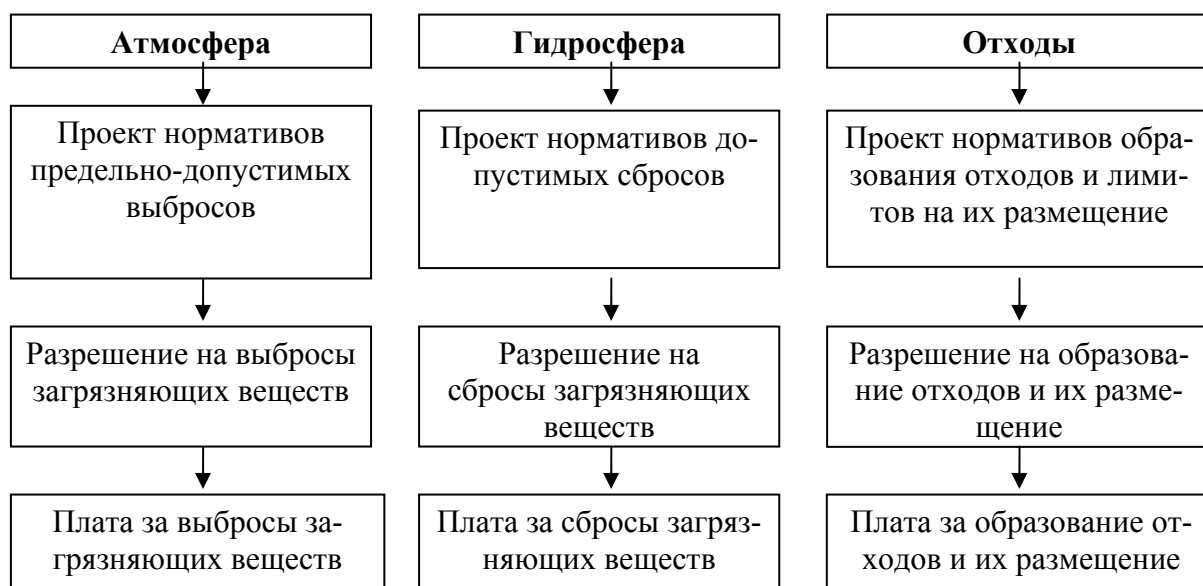


Рис. 6.3 Нормативно-техническая документация в области охраны окружающей среды

6.12. Лицензирование видов деятельности

В соответствии с федеральным законом «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 04.05.2011 г. № 99–ФЗ лицензия выдается отдельно на каждый лицензируемый вид деятельности (табл. 6.3). К лицензируемым видам деятельности относят те, осуществление которых может повлечь за собой нанесение ущерба правам интересам и здоровью граждан, безопасности государства и регулирование которых не может осуществляться иными методами, кроме как лицензирование.

Предприятие может получить лицензию на комплексное природопользование.

Лицензия на комплексное природопользование – документ, устанавливающий экологические требования, ограничения, предельные объемы использования природных ресурсов и загрязнения окружающей природной среды, условия природопользования для предприятий.

Комплексное природопользование – использование природных ресурсов, объектов, средообразующих факторов и условий территории, при котором эксплуатация (добыча, изъятие) одного вида природного ресурса наносит наименьший ущерб другим природным ресурсам, а хозяйственная деятельность предприятия оказывает в целом минимально возможное воздействие на окружающую природную среду.

Таблица 6.3

Основные виды лицензий (специальных разрешений) в области охраны окружающей среды и природопользования

Литосфера		
отходы	недра	
Разрешение на трансграничное перемещение опасных отходов	Лицензия на пользование недрами для геологического изучения недр	
Лицензирование деятельности по обезвреживанию и размещению отходов I–IV класса опасности	Лицензия на пользование недрами для добычи полезных ископаемых и в целях, не связанных с их добычей	
Документ об утверждении нормативов образования отходов производства и потребления и лимитов на их размещение	Лицензия на пользование недрами (при совмещении геологического изучения недр и добычи полезных ископаемых)	
	Лицензия на право строительства и эксплуатации отдельных видов подземных сооружений, образования особо охраняемых объектов	
Атмосфера	Гидросфера	Флора и фауна
Разрешение на выбросы вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух	Решение о предоставлении водного объекта в пользование	Разрешение на добычу объектов животного мира
Разрешение на трансграничное перемещение озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции	Разрешение на эксплуатацию гидротехнических сооружений	Разрешения на добычу (вылов) водных биологических ресурсов
	Разрешение на сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду	
	Договор водопользования	

6.13. Плата за негативное воздействие на окружающую среду

Налоги и сборы за пользование природными ресурсами, за загрязнение окружающей среды занимают центральное место в экономических механизмах охраны окружающей среды России. Эти платежи являются бюджетообразующими.

По данным отчета Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации в 2010 г. в консолидированный бюджет РФ от природно-ресурсных платежей, налогов и сборов поступило 1 635,08 млрд руб., в том числе поступления в федеральный бюджет – 1 461,7 млрд руб.

Плата за негативное воздействие на окружающую среду осуществляется:

- за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ;
- сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади;

- загрязнение недр, почв;
- размещение отходов производства и потребления;
- загрязнение окружающей среды шумом, теплом, электромагнитными, ионизирующими и другими видами физических воздействий.

6.14. Экологический ущерб

Экологический ущерб – все негативные последствия, вызванные загрязнением окружающей среды, утратой и истощением природных ресурсов, разрушением экосистем и создающие реальную угрозу здоровью человека, растительному и животному миру, материальным ценностям.

Виды экологического ущерба:

- **натуральный** (ухудшение здоровья человека, употребляющего загрязненные продукты питания; уничтожение или изменение среды обитания животных, растений и пр.);
- **экономический** (денежная оценка негативных изменений окружающей среды);
- **предотвращенный** (денежная оценка возможных негативных изменений окружающей среды, которые удалось избежать в результате природоохранной деятельности).

Экономическая оценка экологического ущерба состоит из следующих затрат:

- затраты на восстановление окружающей среды в прежнее состояние;
- затраты на компенсацию риска для здоровья людей;
- дополнительные затраты из-за изменения качества окружающей среды и т. д.

Методы оценки экологического ущерба разработаны на большую часть объектов охраны окружающей среды и могут быть представлены в натуральных, бальных или стоимостных показателях.

6.15. Меры ответственности за нарушения природоохранного законодательства

Экологическое правонарушение – виновное, противоправное деяние, нарушающее природоохранительное законодательство и причиняющее вред окружающей природной среде и здоровью человека.

Экологические правонарушения, не относящиеся к категории общественно опасных, именуют **экологическими проступками**.

Согласно Закону РФ «Об охране окружающей среды» различают следующие виды ответственности за экологические правонарушения:

- имущественная (все предприятия и граждане, причинившие вред окружающей среде, обязаны возместить его в полном объеме),
- дисциплинарная (может наступить лишь за нарушение экологических правил, исполнение которых входило круг должностных обязанностей нарушителя),
- административная (наступает за противоправное действие или бездействие в области охраны окружающей среды: повреждение, уничтожение природных объектов и пр.),
- уголовная (экологические правонарушения с наивысшей степенью опасности и тяжелыми последствиями: умышленное уничтожение лесных массивов путем поджога, загрязнение водоемов и др.).

Меры ответственности за нарушение природоохранного законодательства различны (рис. 6.4).

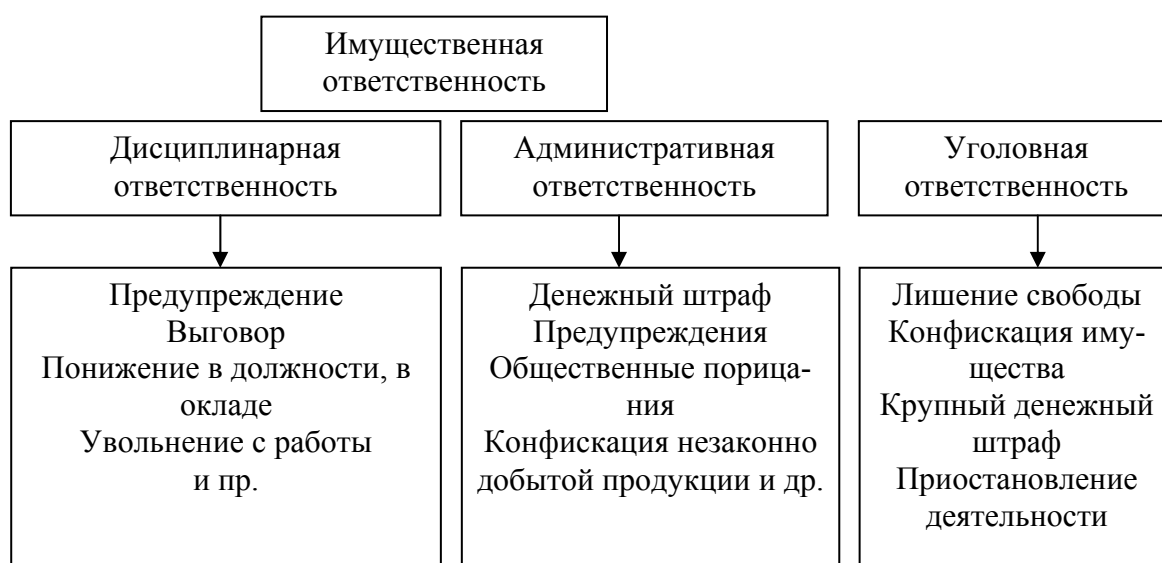


Рис. 6.4 Меры ответственности за экологические правонарушения

К административным правонарушениям в области охраны окружающей среды и природопользования относятся несоблюдение экологических требований при осуществлении градостроительной деятельности и эксплуатации предприятий, нарушение правил обращения с пестицидами и агрохимикатами, нарушение законодательства об экологической экспертизе, сокрытие или искажение экологической информации, порча земель, нарушение правил водопользования и др. За эти и другие деяния, которые существенно изменяют состояние окружающей

среды, причиняют вред здоровью человека, приводят к массовой гибели животных либо иные тяжкие последствия, физические и юридические лица несут уголовную ответственность. Минимальный размер административного штрафа составляет 1000 руб. Максимальная уголовная ответственность в размере 20 лет лишения свободы предусмотрена в уголовном кодексе РФ за совершение экоцида.

Иски о компенсации вреда окружающей среде могут быть предъявлены в течение 20 лет.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое экологическое право?
2. Что является предметом экологического права как отрасли права?
3. Что такое источник права в юридическом смысле и каковы особенности источников экологического права?
4. Какова роль Конституции Российской Федерации как источника экологического права?
5. Каковы виды юридической ответственности за экологическое правонарушение?
6. В чем состоит дисциплинарная ответственность за экологические правонарушения?
7. Что понимается под материальной ответственностью за экологические правонарушения?
8. Какова административная ответственность за экологические правонарушения?
9. Какова уголовная ответственность за нарушения экологического законодательства?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агаджанян Н.А., Гичев В.И., Тершин Ю.П. Экология человека: избранные лекции. – Новосибирск, 1997. – 389 с.
2. Акимова Т.А. Экология. Природа – Человек – Техника. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 2007. – 511 с.
3. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек-экономика-биота-среда: учебник для вузов / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. — 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 495 с.
4. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность). – М.: Юрайт, 2011. – 680 с.
5. Большаков В.Н. и др. Экология (для бакалавров): учебник. – М.: КНОРУС, 2012. – 304 с.
6. Воронков Н. А. Экология общая, социальная, прикладная: Общеобразовательный курс: учебник / Н.А. Воронков. – М.: Агар, 1999. – 424 с.
7. Вступил в силу Киотский протокол [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.calend.ru/event/4699/>
8. Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира / И.П. Герасимов; отв. ред. А.Л. Яншин. – М. : Наука, 1985. – 247 с.
9. Гора Е.П. Экология человека: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2007. – 540 с.
10. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году» [Электронный ресурс]. – Министерство природных ресурсов и экологии РФ. – режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru> (11.05.2012).
11. Демографический ежегодник России. 2005: Стат. сб. / Росстат. – М. 2005. – 595
12. Демографический ежегодник России. 2010: Стат. сб. / Росстат. – М. 2010. – 525 с.
13. Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://green.tsu.ru/> (23.01.2012).
14. Еремин В.Г. и др. Безопасность жизнедеятельности в машиностроении: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
15. Карташев А. Г. Социальная экология человека / А.Г. Карташев. – Томск: Изд-во ТГУ, 2001. – 153 с.

16. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. – Ростов н/Д: Изд-во «Феникс», 2001. – 576 с.
17. Лысов П.К. Биология с основами экологии: учебник / П.К. Лысов, А.П. Акифьев, Н.А. Добротина. – М.: Высш. Шк., 2009. – 655 с.
18. Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя / пер. с англ. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2008. – 342 с.
19. Мировая статистика здравоохранения, 2009 г. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.un.org/ru/development/surveys/docs/healthstats2009.pdf>
20. Мировая статистика здравоохранения, 2010 г. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.un.org/ru/development/surveys/docs/healthstats2010.pdf>
21. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир / пер. с англ. Т. 1, 2. – М.: Мир, 1993.
22. Николайкин Н.И. Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология: учебник для вузов. – 6-е изд. испр. – М.: Дрофа, 2008. – 623 с.
23. Одум Ю. Основы экологии / пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
24. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера. – М.: Издательский Дом «Ноосфера», 2000.
25. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология: учебное пособие. Часть 2. – Северск: СГТА, 2006. – 168 с.
26. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология: учебное пособие. Часть 1. – Томск: Изд-во ТПУ, 1999. – 134 с.
27. Пехов А.П. Биология с основами экологии: учебник. 7-е изд., стер. – СПб.: Изд-во «Лань», 2007. – 688 с.
28. Прохоров Б.Б. Социальная экология: учебник / Б.Б. Прохоров. – 4-е изд., стер. – М.: Academia, 2009. – 412 с.
29. Прохоров Б.Б. Экология человека: учебник / Б.Б. Прохоров. – М.: Академия, 2003. – 319 с.
30. Прохоров Б.Б. Экология человека: терминологический словарь / Б. Б. Прохоров. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 476 с.
31. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы, гипотезы). – М.: «Россия молодая», 1994. – 367 с.
32. Российский статистический ежегодник – 2005 [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b05_13/Main.htm
33. Российский статистический ежегодник – 2012 г. [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b12_13/Main.htm

34. Сорокин Н.Д. Охрана окружающей среды на предприятии. – СПб.: Интеграл, 2005. – 672 с.
 35. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология. – СПб: Химия, 1997. – 240 с.
 36. Ушаков В.Я. Современная и перспективная энергетика: технологические, социально-экономические и экологические аспекты: монография / В.Я. Ушаков. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 469 с.
 37. Федеральные целевые программы России [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.programs-gov.ru/> (15.01.2012).
 38. Экология: учебник для вузов / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – изд. 17-е, доп. и перераб. – Ростов н/Д : Феникс, 2011. – 600 с.
 39. Экономика и организация природопользования: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Экономика» / Н.Н. Лукьянчиков, И.М. Потравный. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2011. – 687 с.
 40. Экономические и правовые основы природопользования: учеб. пособие для вузов / под ред. В. А. Харченко. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2002. – 527 с.
- Нормативно-правовые акты:**
1. Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12.12.1993 г. (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.
 2. Об охране окружающей среды (ред. от 21.11.2011, с изм. от 07.12.2011): Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.
 3. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 08.12.2011) (с изм. и доп., вступающими в силу с 07.01.2012) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.
 4. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 07.12.2011) (с изм. и доп., вступающими в силу с 06.01.2012) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.
 5. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30.03.1999 № 52-ФЗ (ред. от 19.07.2011, с изм. от 07.12.2011) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.

6. Об экологической экспертизе (с изм. и доп., вступающими в силу с 21.10.2011): Федеральный закон от 23.11.1995 № 174-ФЗ (ред. от 19.07.2011)
7. О лицензировании отдельных видов деятельности: Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ (ред. от 02.07.2013) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.
8. О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля: Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ (ред. от 02.07.2013) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.
9. О государственном экологическом контроле в городе Москве: Закон города Москвы № 32 от 12.05.2004 [Электронный ресурс]. – Правовые акты (Нормативная база) Москвы: Электронная Москва. – URL: <http://mosopen.ru> (10.09.2013).
10. О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию Указ Президента РФ от 01.04.1996 № 440 // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.
11. «Об осуществлении государственного контроля в области охраны окружающей среды (государственного экологического контроля)» (вместе с «Правилами осуществления государственного контроля в области охраны окружающей среды (государственного экологического контроля)»): Постановление Правительства РФ от 27.01.2009 № 53 (ред. от 05.06.2013) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.
12. Об утверждении Временного положения о порядке выдачи лицензий на комплексное природопользование : Приказ Минприроды РФ от 23.12.1993 № 273 // Консультант-Плюс : справ.-правовая система.
13. Об утверждении Административного регламента Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по исполнению государственной функции по осуществлению федерального государственного контроля в области охраны окружающей среды (федерального государственного экологического контроля): Приказ Минприроды РФ от 26.07.2010 № 282 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 15.11.2010 № 18970) // Консультант-Плюс: справ.-правовая система.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимова Т.А. Экология. Природа – Человек – Техника. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 2007. – 511 с.
2. Алексеев С.В. и др. Экология человека: учебник. – Изд-во «Икар», 2002. – 770 с.
3. Баландин Р.К. Вернадский: жизнь, мысль, бессмертие. – М.: Знание, 1988. – 205 с.
4. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Наука, 1989. – 250 с.
5. Войткевич Г.В., Вронский В.А. Основы учения о биосфере. – М.: Просвещение, 1989. – 160 с.
6. Галюжин С.Д. и др. Общая и прикладная экология: учеб. пос. для студентов вуза. – Мн: Дизайн ПРО, 2003. – 192 с.
7. Гора Е.П. Экология человека: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2007. – 540 с.
8. Гриценко А.И. Экология. Нефть и газ. – М.: Наука, 1997. – 598 с.
9. Дмитриев А.Н., Шитов А.В. Техногенное воздействие на природные процессы Земли. Проблемы глобальной экологии: Новос.: Изд. дом «Малускрипт», 2003. – 140 с.
10. Заиканов Г.Е. и др. Кислотные дожди и окружающая среда / под ред. Г.Е. Заиканова. – М.: Химия, 1991. – 236 с.
11. Ижко Ю.А., Колесник Ю.А. Современное состояние биосферы и экологическая политика. – СПб.: Питер, 2007. – 192 с.
14. Коробкин В.И. Экология: учебник. – 13-е изд. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 608 с.
12. Макара С.В. Основы экономики природопользования: учебное пособие. – М.: ИМПЭ, 1998. – 192 с.
13. Мамин Р.Г. Безопасность природопользования и экология здоровья: учеб. пос. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 238 с.
14. Мотузко Ф.Я. Основы экологии. – М.: Недра, 1994. – 126 с.
15. Небел Б. Наука об окружающей среде: Как устроен мир, т. 1. – М.: Мир, 1993. – 424 с.
15. Николайкин Н.И. Николайкина Н. Е., Мелехова О. П. Экология: учебник для вузов. – 6-е изд. испр. – М.: Дрофа, 2008. – 623 с.
16. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
16. Основы экономики природопользования: учебное пособие для вузов / под ред. В. Н. Холиной. – СПб.: Питер, 2005. – 672 с.
17. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера: учебное пособие. – М.: Изд. Дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.

17. Петров К.М. Общая экология: взаимодействие общества и природы: учебное пособие для вузов. СПб: Химия, 1997. – 352 с.
18. Прищеп Н.И. Экология: практикум: учебное пособие. – М.: Аспект-Пресс, 2007. – 272 с.
18. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учебное и справочное пособие. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 672 с.
19. Пугач Л.И. Энергетика и экология: учебник для высш. учеб. зав. – Новосибирск: Изд-во НГТХ, 2003. – 504 с.
20. Ревич Б.А. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. – 264 с.
21. Резчиков Е.А. Экология: учебное пособие – 6-е изд. стереот. – М.: МГИУ, 2007. – 120 с.
22. Реймерс Н.Ф. Экология: Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия Молодая, 1994.– 364 с.
19. Степановских А.С. Общая экология: учебник. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 510 с.
23. Снакин В.В. Экология и природопользование в России: энциклопедический словарь. – М.: Academia, 2008. – 815 с.
20. Шилов И.А. Экология: учебник для вузов. – 6-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2009. – 512 с.
24. Хаскин В.В. Экология человека: учебное пособие / В.В. Хаскин, Т.А. Акимова, Т.А. Трифонова. – М.: Экономика, 2008. – 367 с.
25. Экология городов: учебник. – К. Либра, 2000. – 464 с.

Учебное издание

НАЗАРЕНКО Ольга Брониславовна
ВТОРУШИНА Анна Николаевна
КОПЫТОВА Анастасия Игоревна
ЛАРИОНОВА Екатерина Владимировна
САРАНЧИНА Надежда Васильевна
ШЕХОВЦОВА Наталья Сергеевна


Экология

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка *В.П. Аршинова*
Дизайн обложки *А.И. Сидоренко*

Подписано к печати 27.12.2013. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 10,92. Уч.-изд. л. 9,89.
Заказ 1500-13. Тираж 100 экз.

ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru