

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ УЧЕБНИК



Н.Н. Марфенин

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА



Серия
**КЛАССИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТСКИЙ УЧЕБНИК**

основана в 2002 году по инициативе ректора

МГУ им. М.В. Ломоносова
академика РАН В.А. Садовниченко
и посвящена

**250-летию
Московского университета**



КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТСКИЙ УЧЕБНИК

Редакционный совет серии

Председатель совета
ректор Московского университета
В.А. Садовничий

Члены совета:

Виханский О.С., Голиченков А.К., Гусев М.В.,
Добреньков В.И., Донцов А.И.,
Засурский Я.Н., Зинченко Ю.П. (ответственный секретарь),
Камзолов А.И. (ответственный секретарь),
Карпов С.П., Касимов Н.С., Колесов В.П.,
Лободанов А.П., Лунин В.В., Лупанов О.Б., Мейер М.С.,
Миронов В.В. (заместитель председателя),
Михалев А.В., Моисеев Е.И., Пушаровский Д.Ю.,
Раевская О.В., Ремнева М.А., Розов Н.Х.,
Салеский А.М. (заместитель председателя),
Сурин А.В., Тер-Минасова С.Г.,
Ткачук В.А., Третьяков Ю.Д., Трухин В.И.,
Трофимов В.Т. (заместитель председателя),
Шоба С.А.



Н.Н. Марфенин

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

*Допущено Министерством образования и науки
Российской Федерации
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям
«Экология», «Геоэкология», «Природопользование»*



Издательство
Московского университета
2007

УДК 504
ББК 20.1
М25

Издано при финансовой поддержке Федерального агентства
по печати и массовым коммуникациям в рамках
Федеральной целевой программы “Культура России”

*Печатается по решению Ученого совета
Московского университета*

Рецензенты:

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева;
доктор химических наук, профессор, чл.-корр. РАН *Н.П. Тарасова*;
доктор биологических наук, профессор *Н.М. Чернова*

Марфенин Н.Н.

М25 Устойчивое развитие человечества: Учебник. — М.: Изд-во
МГУ, 2006. — 624 с. (Классический университетский учебник).
ISBN 5-211-05059-2

Написанный с учетом богатого международного и отечественного опыта последних десятилетий, учебник способствует целостному восприятию современных экологических и социальных проблем во взаимной связи: от самых общих экологических и демографических закономерностей в сочетании с анализом потребления человечеством природных ресурсов до современных способов предотвращения экологического кризиса и достижения устойчивого развития человечества.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по экологическим специальностям, а также для широкого круга интересующихся современными проблемами развития человечества.

**УДК 504
ББК 20.1**

© Марфенин Н.Н., 2006
© Издательство Московского университета, 2006
© МГУ им. М.В. Ломоносова,
художественное оформление, 2006

ISBN 5-211-05059-2

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемый читатель!

Вы открыли одну из замечательных книг, изданных в серии «Классический университетский учебник», посвященной 250-летию Московского университета. Серия включает свыше 150 учебников и учебных пособий, рекомендованных к изданию Учеными советами факультетов, редакционным советом серии и издаваемых к юбилею по решению Ученого совета МГУ.

Московский университет всегда славился своими профессорами и преподавателями, воспитавшими не одно поколение студентов, впоследствии внесших заметный вклад в развитие нашей страны, составивших гордость отечественной и мировой науки, культуры и образования.

Высокий уровень образования, которое дает Московский университет, в первую очередь обеспечивается высоким уровнем написанных выдающимися учеными и педагогами учебников и учебных пособий, в которых сочетаются как глубина, так и доступность излагаемого материала. В этих книгах аккумулируется бесценный опыт методики и методологии преподавания, который становится достоянием не только Московского университета, но и других университетов России и всего мира.

Издание серии «Классический университетский учебник» наглядно демонстрирует тот вклад, который вносит Московский университет в классическое университетское образование в нашей стране и, несомненно, служит его развитию.

Решение этой благородной задачи было бы невозможным без активной помощи со стороны издательств, принявших участие в издании книг серии «Классический университетский учебник». Мы расцениваем это как поддержку ими позиции, которую занимает Московский университет в вопросах науки и образования. Это служит также свидетельством того, что 250-летний юбилей Московского университета — выдающееся событие в жизни всей нашей страны, мирового образовательного сообщества.

*Ректор Московского университета
академик РАН, профессор*

В. Садовничий

В.А. Садовничий

Оглавление

Предисловие (В.А. Садовничий)	5
Глава 1. Предмет и задачи курса. Методические рекомендации по изучению дисциплины	7
Глава 2. Экологический кризис: масштаб и возможные последствия	15
Глава 3. Необходимые условия для жизни на Земле	21
Глава 4. Биосфера: роль живого в преобразовании оболочек планеты	40
Глава 5. Основные экологические законы существования организмов и популяций	93
Глава 6. Основные экологические законы существования экосистем	110
Глава 7. Сохранение биологического разнообразия	124
Глава 8. Рост численности человечества	144
Глава 9. Природные ресурсы. Обеспечение продовольствием растущего человечества	172
Глава 10. Потребление лесных ресурсов	201
Глава 11. Водные ресурсы	221
Глава 12. Потребление минеральных природных ресурсов	254
Глава 13. Экологические проблемы энергетического обеспечения прогресса: энергетические ресурсы	272
Глава 14. Опасность глобального изменения климата	287
Глава 15. Экологические последствия получения электроэнергии различными способами	300
Глава 16. Загрязнение окружающей среды. Загрязнение атмосферного воздуха. Истощение озонового слоя атмосферы	353
Глава 17. Загрязнение воды. Способы уменьшения загрязнения ...	392
Глава 18. Загрязнение твердыми отходами. Способы уменьшения загрязнения	425
Глава 19. Электромагнитное облучение. Радиоактивное загрязнение	444
Глава 20. Экополитика: пути предотвращения катастрофических последствий экологического кризиса	486
Глава 21. Экологическое образование и просвещение. Экологическая культура	521
Глава 22. Международное сотрудничество в области обеспечения экологической безопасности	549
Глава 23. Устойчивое развитие человечества	567
Глава 24. Ноосферогенез (вместо заключения)	597
Литература	604
Предметный указатель	612

ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ КУРСА. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Мы живем в быстро меняющемся мире. Еще в 20-х годах XX в. У. Огберн ввел понятие *“культурное запаздывание”*¹, подразумевая под ним отставание образа жизни и государственных преобразований от быстрых радикальных перемен в производстве и технологическом развитии при современном все ускоряющемся развитии мирового сообщества. Кем бы человек ни был: продавцом или ученым, юрисконсультom или строителем, учителем или чиновником, фермером или художником, каждому очень важно не отстать от стремительного развития человечества. Недостаточно следить за новостями по телевидению или читать газеты. Упрощенные краткие сводки не дают понимания истинных причин происходящего, а сенсационный оттенок публикаций часто дезориентирует, а не помогает принять правильное решение. Недостаточно и школьной подготовки для решения новых серьезных проблем, требующих гражданской зрелости и жизненного опыта.

Многokратно возросшая за последние 150 лет мощь человечества стала слишком опасной для самих же людей и всей природы на Земле. Прозорливое регулирование хозяйственного прогресса требует, по крайней мере, двух ответственных качеств: заботы об отдаленном будущем и умения решать многофакторные задачи. Здесь сталкиваются, с одной стороны, эгоистические краткосрочные интересы личности или компаний, а с другой — долгосрочные интересы всего сообщества. Это противостояние сопровождало человечество в течение всей его истории, но в наше время стало слишком опасным из-за непомерно возросшей мощи как всего человечества в целом, так и отдельных его частей. Человечество уже осознало, что применение атомного оружия может обернуться закатом цивилизации, что аварию на атомной электростанции ощутят на себе миллионы людей в разных частях планеты. Предстоит осознать, что недостаточно продуманная хозяйственная

¹ *Ogburn W.F. Social Change: With Respect to the Culture and Original Nature. N.Y., B.W. Huebsch, 1922.*

деятельность уже сейчас способна стать причиной изменения климата на планете с труднопредсказуемыми последствиями как для нас самих, так и для всего живого на Земле.

Если раньше люди могли не беспокоиться об отдаленных последствиях своего образа жизни, то теперь ситуация изменилась кардинально. Впервые в истории человечества нам надо научиться рассчитывать возможные крупные неприятности, порожденные созидательной или разрушительной активностью нас самих. Человечество вступило в “Новую эру” развития, когда биосфера на глазах и при нашем участии трансформируется в *ноосферу* — такое состояние биосферы, при котором разумная деятельность становится определяющим фактором ее состояния и развития. Недостаточно полагаться на всеислие природных процессов саморегуляции устойчивого состояния. Необходимо считаться с ограниченными возможностями естественного поддержания стабильности среды обитания и учитывать это в собственной деятельности.

Необходимо иметь ясные представления о взаимосвязях природных процессов между собой и последствиях хозяйственной деятельности для биосферы. Это поможет, в частности, разобраться и в тех многочисленных скрытых опасностях, которые подстерегают нас на каждом шагу в современной жизни. К сожалению, для этого недостаточно разрозненных знаний по биологии, химии, экономике и праву. В последние десятилетия возникла необходимость в специальном междисциплинарном курсе, акцентирующем внимание на проблеме сохранения устойчивости существования человечества на Земле. Анализируя причины цивилизационного кризиса современности, и в частности экологического кризиса, приходится оперировать фактами и закономерностями из различных наук, легко и быстро переходя по мере необходимости от вопросов скорее геологических или технологических к биологическим, социальным, правовым, экономическим и, наконец, к этическим и даже политическим. Подобных сводных учебных дисциплин ранее не было. Сложные комплексные вопросы всегда пытались изложить частями в рамках устоявшихся научных направлений, но этого оказалось недостаточно.

Новая по своему характеру учебная дисциплина рождалась нелегко. В 60-х годах XX в. появились учебники “Охраны природы”, в которых авторы осторожно выходили за рамки узкоспециальных вопросов охраны флоры и фауны, обсуждая проблемы охраны и недр от истощения, и атмосферы с гидросферой от загрязнения. В них еще не было практически никаких социально-экономических выводов.

Затем появились учебники следующего поколения “Охрана и рациональное использование природных ресурсов”, где уже рассматривались последствия хозяйственной деятельности шире — с учетом особенностей природно-территориальных комплексов, круговорота веществ в природе, экономики страны.

Следующим шагом стало осознание глобального характера экологического кризиса, связанного не только с особенностями применяемых технологий и избыточным потреблением природных ресурсов, но и с “демографическим взрывом”, характерным для последних 150 лет истории человечества. Вся проблема предстала в ином ракурсе. Человечество закономерно подошло к новому рубежу своего развития, за которым необходимо изменить традиционные правила жизни. Никогда ранее люди не могли и мечтать о планировании развития всего мирового сообщества. Реальные возможности планирования были куда скромнее, ограничиваясь в основном собственными личными возможностями, а в лучшем случае рамками отдельного государства. Но интеграция мирового сообщества постепенно и неуклонно возрастала, достигнув к настоящему времени такой степени, что стало возможным ответить на вызов эколого-экономических противоречий слаженными действиями всех государств с учетом прогнозируемой ситуации на ближайшие несколько десятилетий.

Стало ясно, что невозможно обеспечить рациональное природопользование силами одних лишь специалистов-экологов и чиновников государственных структур управления экономикой страны. Без активного участия населения трудно обеспечить высокий контроль выполнения решений, которые противоречат частной выгоде или удобству отдельных людей. Поставив интересы общества выше личных интересов, приходится позаботиться о механизмах охраны прав социума, будь то поселок, государство или же все человечество. Так, экологические проблемы оказались тесно связанными с характером гражданского устройства общества, а принцип демократии вошел в число главных условий сбалансированного развития человечества. Экологическое образование в широком смысле этого понятия стало неотъемлемой частью гражданского роста и воспитания населения.

Курс “Устойчивое развитие человечества” включил в себя опыт учебников предшествующих поколений и должен стать важным инструментом воспитания гражданского самосознания в XXI в. Это необычная учебная дисциплина, в которой самое главное — осознание глубины взаимосвязей между различными сторонами

современной жизни общества. До сих пор не предложено адекватного названия такой дисциплины. В англоязычной литературе часто используется словосочетание “наука об окружающей среде” (Environmental Science). На немецком и французском языках названия по смыслу похожи на английское. У нас в стране предлагали различные названия нового курса: “Экология”, “Охрана окружающей среды”, “Экоразвитие”, “Экокультура”, “Ноосферология” и другие, но ни одно из них не прижилось. Вне зависимости от названия этот курс имеет ясную задачу и логическую последовательность изложения. Он начинается с обсуждения вопросов устойчивости биосферы, характеристики возрастания антропогенного воздействия на природу. Продолжается ответами на вопросы: на какой период хватит основных природных ресурсов и как снизить негативный эффект столь мощного хозяйственного воздействия на биосферу? Завершается подробным рассмотрением разработанных в последние два-три десятилетия способов достижения устойчивого развития, которые требуют специальной подготовки кадров и в то же время должны быть известны каждому гражданину.

Этому направлению анализа причин возникновения экологического кризиса и способов его предотвращения соответствует подразделение курса на пять разделов:

- 1) условия устойчивого существования жизни на Земле;
- 2) экологические последствия роста численности человечества и потребления природных ресурсов;
- 3) экологические последствия увеличения разнообразия и количества отходов (загрязнения окружающей среды);
- 4) организационные, правовые и экономические средства предотвращения экологического кризиса;
- 5) условия устойчивого развития человечества.

Столь “панорамный” курс предшествует углубленному изучению отдельных экологических проблем. Преподавание его целесообразно вести на первых курсах обучения в университетах. Для будущих специалистов-экологов этот курс создаст основу последующего детального изучения каждой темы в рамках специальных курсов. Для остальных данный курс оказывается не только необходимым, но и достаточным для понимания происходящего развития общества, в котором каждый из нас участвует.

Предлагаемый учебник предваряет освоение теоретических и практических основ экологии, охраны окружающей среды, безопасности жизнедеятельности. Он рекомендуется в качестве ввод-

ного курса при подготовке специалистов по новым государственным образовательным стандартам: “Экология”, “Геоэкология”, “Природопользование”, “Безопасность жизнедеятельности”, “Инженерная охрана окружающей среды” и бакалавров по направлению “Экология и природопользование”. Учебник может быть использован в качестве дополнительного материала в старших классах средней школы.

Курс рассчитан на 100 аудиторных часов, которые делятся пополам между аудиторными и самостоятельными занятиями. Рекомендуется дополнительно проводить семинарские занятия с обсуждением усвоенных знаний. Последовательность занятий соответствует главам. Ниже приводится учебно-тематический план.

**УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН КУРСА
“ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ”**

№	Тема	Лекции, ч	Самостоятельно, ч
1	Характеристика экологического кризиса: его причины и возможные последствия	2	2
2	Необходимые условия для жизни на Земле	2	2
3	Основные экологические законы существования организмов и популяций	2	2
4	Основные экологические законы существования экосистем	2	2
5	Биосфера: роль живого в преобразовании оболочки планеты. Сохранение биологического разнообразия	2	2
6	Рост численности человечества	2	2
7	Обеспечение продовольствием растущего человечества	2	2
8	Возобновимые водные ресурсы	1	1
9	Возобновимые лесные ресурсы	1	1
10	Потребление минеральных природных ресурсов	2	2
11	Экологические проблемы энергетического обеспечения прогресса: энергетические ресурсы и опасность изменения климата	4	2
12	Экологические последствия получения электроэнергии различными способами	2	2

№	Тема	Лекции, ч	Самостоятельно, ч
13	Загрязнение атмосферного воздуха. Способы уменьшения загрязнения	4	4
14	Загрязнение воды. Способы уменьшения загрязнения	2	2
15	Загрязнение твердыми отходами. Способы уменьшения загрязнения	2	2
16	Радиоактивное загрязнение. Способы уменьшения загрязнения	2	2
17	Экополитика: пути предотвращения катастрофических последствий экологического кризиса	1	1
18	Экономические и организационные методы уменьшения нежелательных последствий человеческой деятельности	1	1
19	Экологическое законодательство	2	2
20	Учет состояния имеющихся природных ресурсов (кадастры). Особо охраняемые природные территории (заповедники, заказники, национальные парки)	2	1
21	Экологический мониторинг различных форм антропогенного воздействия. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)	1	1
22	Нормирование допустимого воздействия на окружающую среду и человека	1	1
23	Экологическая экспертиза. Экологическая сертификация. Экологический аудит. Экологическое страхование	2	2
24	Международная кооперация в области обеспечения экологической безопасности	2	2
25	Роль населения в решении экологических проблем	1	1
26	Экологическое образование и просвещение. Экологическая культура	1	1
27	Устойчивое развитие человечества	2	2
	<i>Всего</i>	50	50

От автора

Свой первый шаг к охране природы я сделал еще студентом биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, вступив в 1968 г. в дружину по охране природы, которая была создана благодаря усилиям Вадима Николаевича Тихомирова и Константина Николаевича Благосклонова. Их вклад в развитие охраны природы в нашей стране невозможно переоценить, так как примеру биофаковской дружины последовали в других институтах, что породило природоохранное студенческое движение во многих городах Советского Союза.

В середине 80-х годов XX в. в Московском государственном университете впервые ввели в программу факультета повышения квалификации пять лекций по экологии и охране природы. Слушатели курсов — коллеги-преподаватели из различных университетов страны — своим настроем и вопросами заставили меня выйти за пределы биологической проблематики и пуститься в плавание по безбрежному океану знаний, что и положило начало данному курсу. Вначале курс был апробирован в Экоцентре МГУ по переподготовке кадров, где взрослая пытливая аудитория корректировала мои изыскания.

В 1988 г. благодаря усилиям Дениса Медоуза (Дартмутский колледж, США) и Геннадия Алексеевича Ягодина (министра высшего образования СССР) была основана программа обмена студенческими группами для природоохранной подготовки. С 1989 г. в течение пяти лет мне посчастливилось вместе с Колином Хайем (США) вести эту программу, которая многому научила не только студентов, но и преподавателей. Пользуясь исключительными возможностями Дартмутского колледжа, одного из старейших университетов США, в котором работали авторы знаменитого Первого отчета Римскому клубу, мы смогли познакомиться с самыми передовыми достижениями в преподавании курса "Environmental Science" и с выдающимся учебником по этой дисциплине, написанным Т. Миллером. Я признателен Г.А. Ягодину и своим американским партнерам, которые помогли нашим студентам и преподавателям совершить настоящий рывок в понимании современного экологического кризиса и путей его предотвращения.

С 1992 г. уникальные возможности для дальнейшего развития экологического образования возникли в Международном независимом эколого-политологическом университете, основанном в Москве по инициативе ряда известных ученых и благодаря энергии ректора университета С.А. Степанова. МНЭПУ, будучи одним

из первых в стране негосударственных университетов, привлек к себе талантливых преподавателей, ученых, специалистов-практиков и предоставил им прекрасные возможности для самореализации на поприще подготовки кадров экологов, юристов, экономистов, управленцев, политологов и журналистов. Я признателен тем, кто был у истоков МНЭПУ: Николаю Федоровичу Реймерсу, Никите Николаевичу Моисееву и Станиславу Александровичу Степанову, а также своим коллегам за радость созидательного труда и благородные устремления, объединившие всех нас.

В те же годы в МГУ по инициативе декана географического факультета Н.С. Касимова был создан новый Научно-методический совет по экологии, который в составе Учебно-методического объединения классических университетов провел важную работу по созданию первых образовательных стандартов для подготовки специалистов-экологов. Работа в составе этого совета многому научила и открыла впечатляющие возможности для реализации нажитого опыта преподавания и подготовки кадров профессиональных экологов-управленцев.

Успех затеянного мною дела — создания нового курса — во многом обязан доброжелательности, профессионализму и энтузиазму моих ближайших бескорыстных помощников: Галины Юрьевны Константиновой и Людмилы Владимировны Поповой, которым я выражаю свою глубокую признательность. Г.Ю. Константинова с 1998 г. помогала мне в издании аналитического ежегодника “Россия в окружающем мире”, профессионально подбирая необходимые материалы, а Л.В. Попова помогала в проведении курса лекций “Современные экологические проблемы”, который лег в основу данного учебника. Рукопись учебника мне помогла подготовить А.А. Игнатьева, которой я также выражаю свою искреннюю признательность.

Неоценимую помощь оказали мне официальные и неофициальные рецензенты: профессор доктор геогр. наук Г.Н. Голубев, профессор доктор биол. наук Н.А. Кузнецова, профессор доктор геогр. наук А.В. Маркелов, профессор доктор геогр. наук Н.Я. Минеева, профессор доктор геогр. наук Э.П. Романова, доктор геогр. наук В.С. Савенко, чл.-корр. РАН доктор хим. наук Н.П. Тарасова, профессор доктор биол. наук Н.М. Чернова.



ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС: МАСШТАБ И ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Экология возникла в середине XIX в. в недрах биологической науки, которая к тому времени стала интересоваться не только классификацией всего живого и строением организмов, но и реакцией животных и растений на условия существования. Постепенно экология оформилась в самостоятельную биологическую дисциплину с несколькими основными разделами, рассматривающими особенности существования организмов, популяций и сообществ.

С тех пор экология претерпела поразительную метаморфозу. Из частной биологической дисциплины она всего лишь за последние полвека превратилась в колоссальную по своему охвату междисциплинарную область науки — меганауку, занимающуюся изучением воздействия на живое не только естественных факторов среды, всегда существовавших в природе, но и многочисленных процессов, порожденных человеческой деятельностью. Прикладная экология стала изучать способы предотвращения нежелательных последствий антропогенного воздействия на природу и на здоровье самих людей. В этой области оказалось недостаточно одной лишь биологии, поэтому и химия, и физика, и инженерные знания были использованы в полной мере, так что уж и непонятно стало, какое отношение имеет предмет их изучения и деятельности к изначально определенному кругу проблем самой экологии.

Тем не менее именно экология в сочетании с охраной природы породили мониторинг состояния окружающей среды, экологическую экспертизу, экологическую политику, направленную на обеспечение экологической безопасности, и параллельно — научные основы рационального природопользования, природоохранное законодательство, экологическое страхование. Даже на бытовом уровне экология стала чем-то обязательным для ежедневного контроля. В русский разговорный язык вошли понятия “хорошей” и “плохой” экологии, “экологии быта”, “экологической журналистики”, “экологии духа”, “экологической этики” и др.

Столь стремительный выход экологической проблематики за пределы отведенной ей изначально весьма скромной области знаний

одновременно и возвысил экологию, и дискредитировал ее. Возвысил в том смысле, что частные вопросы реакции различных видов растений, животных и микроорганизмов на температуру, влажность, освещенность, концентрации минеральных солей в почве и воде и другие факторы среды оказались решающими для сохранения человеческой цивилизации, влияя на выбор людьми наиболее безопасного мировоззрения и устройства общества. В то же время отсутствие четких границ науки и контролируемой методологии способствовало рождению многочисленных спекуляций и безответственных утверждений, так или иначе связанных с экологией.

Всеобщий интерес к экологии оказался вынужденным — обусловленным опасным ухудшением состояния природы, не выдерживающей натиска людей. Сила и формы антропогенного воздействия на природу прогрессировали по мере развития человечества. В последние два века в результате впечатляющей научно-технической революции деградация природы стала столь очевидной, что заговорили об “*экологическом кризисе*”, угрожающем существованию самого человечества. Если в начале XX в. даже самые просвещенные люди с трудом могли себе представить, чтобы под натиском экономического развития нарушилось глобальное природное равновесие, то к концу века об “*экологическом кризисе*” заговорили, как о бесспорной катастрофе, разворачивающейся на глазах по вине самого человечества.

Основными составляющими катастрофы стали: загрязнение окружающей среды; нарушение устойчивости климатической системы Земли; вымирание многих видов, грозящее утратой бесценного генетического разнообразия, накопленного в течение всей истории планеты; приближающийся дефицит некоторых природных ресурсов, в том числе необходимых для обеспечения питанием растущего человечества.

Прежде других экологических проблем человечество столкнулось с угрозой *исчерпания ряда ценных природных ресурсов*. Вначале это касалось плодородных земель, лучших лесов и минерального сырья. Теперь мы беспокоимся о возможном исчерпании месторождений нефти. В скором будущем на первое место по экономическому и социальному значению может выйти дефицит чистой пресной воды.

Развитие промышленности и урбанизации привели к запредельному *загрязнению* воды, воздуха, а затем почвы и продуктов питания. Лавинообразно стало увеличиваться число искусственно синтезированных химических соединений с непредсказуемым воздействием на все живое.

Появились новые формы сильного воздействия на живые организмы, например *радиация*. К ним также относятся супертоксиканты, часть из которых хранится в арсеналах, а некоторые используются в производстве.

Возрастание мощности техники, начиная от обычных автомобильных двигателей внутреннего сгорания и кончая гигантскими промышленными установками, неизбежно привело к увеличению риска и силы *локальных катастроф*, порожденных человеческой деятельностью, в том числе и угрозы терроризма. Сам *терроризм* в условиях научно-технической революции и глобализации приобрел особый зловещий смысл.

По мере того как количество используемой людьми энергии возрастало, а границы природных экосистем сокращались, увеличивался риск сбоев в *природной саморегуляции* устойчивости биосферы. Они могут проявиться в быстрой разбалансировке основных круговоротов веществ и энергии, в неадекватно более сильной реакции природных процессов на превысившее некий порог суммарное антропогенное воздействие. Первыми признаками потери устойчивости стали симптомы быстрого *изменения климата* на Земле.

Появившиеся в течение одного лишь XX в. экологические проблемы слишком быстро приобрели угрожающие формы. Просвещенная часть человечества, обеспокоенная происходящим, потребовала от ученых, политиков и правительств пересмотра традиционных курсов экономического развития, направленных на все возрастающее потребление природных ресурсов при полной безответственности по отношению к возможным катастрофическим последствиям роста благосостояния людей.

Последовавший анализ сложившейся ситуации, экологических проблем, приближающегося экологического кризиса позволил ответить на волновавшие всех вопросы:

- возможно ли дальнейшее развитие человечества без экологических осложнений?
- как решение экономических задач согласовать с экологическими ограничениями?
- каких правил должно придерживаться международное сообщество, каждое государство и каждый человек, чтобы максимально содействовать усилению экологической безопасности?

Оказалось, что экологический кризис обусловлен не только ростом потребления в связи с открывшимися в результате научно-технической революции возможностями, но и стратегическими

ошибками планирования экономического развития. Так, загрязнение окружающей среды стало чрезвычайно опасным не только в связи с появлением более токсичных веществ и ростом их количества, но и потому, что отходы производства и жизнедеятельности не принято было перерабатывать, доводя до необходимого состояния.

Установившиеся веками стереотипы поведения людей, жизненных приоритетов, социальных ценностей не включали заботу о сохранении всей природы на Земле в устойчивом состоянии. Даже самые ответственные и культурные люди привыкли ограничивать сферу своей ответственности лишь небольшим домашним мирком, содержа свое жилище в порядке, при этом не считая для себя обязательным содействовать чистоте и порядку на “ничейной территории”. Пока природа справлялась с переработкой небольшого количества отходов, такая социальная безответственность была вполне оправданна, так как избавляла от излишней конфронтации между людьми. Но по мере роста численности человечества, количества и качества всевозможных отходов мы превысили возможности природной саморегуляции, подойдя к опасной грани, за которой обычная природная стабильность может начать разрушаться у нас на глазах. Это означает, что необходимо не только найти способы решения отдельных экологических проблем, таких, как загрязнение воздуха автотранспортом или реки стоками промышленного предприятия, но и ввести правила поведения на “ничейной территории” для того, чтобы сохранить природные механизмы саморегуляции климата, сохранения биологического разнообразия. Надо не только разработать соответствующие законы и нормативные акты, но и распределить ответственность, научиться взаимному контролю. По существу, перед человечеством встала необычная и непростая задача, выходящая далеко за рамки самой экологии.

Решение экологических проблем ради предотвращения экологического кризиса и сохранения экологической безопасности невозможно осуществить одними лишь научными и техническими методами. Для выживания человечеству необходимо усовершенствовать и социальную сферу: повышать культурный и образовательный уровень населения, решать проблемы социальной неустроенности и несправедливости, прилагать максимум усилий к изживанию межгосударственной борьбы и межгрупповой вражды.

Так постепенно решение экологических проблем оказалось катализатором совершенствования всего мирового порядка, с тем

чтобы обеспечить сбалансированное и *устойчивое развитие человечества* без страшных катаклизмов, порожденных в равной мере воздействием на природу и социальными противоречиями.


Невозможно отсрочить решение очень непростой задачи — мирной интеграции человечества ради спасения жизни на Земле. Поэтому все люди на планете независимо от их социального статуса, образовательного ценза и профессиональной направленности должны понимать, в какой исторический период им довелось родиться и жить, чтобы своей деятельностью ненароком не погубить весь мир не только оружием разрушительной силы, но и внешне безвредным повседневным трудом. Речь идет о новых правилах жизни, столь же важных для каждого из нас и для всего человечества в целом, как правила обращения с взрывоопасными или радиоактивными веществами, с электричеством или автомобилем, с кислотами в химической лаборатории или станками в металлообрабатывающей мастерской.

Нельзя ограничивать эту задачу лишь рамками личной безопасности людей. Экологические последствия хозяйственной деятельности намного сложнее обычных аварий. Поэтому изучение *глобальных экологических проблем* надо начинать с уточнения условий существования живого на Земле (гл. 3 и 4), особенностей природных процессов, находящихся в сбалансированном устойчивом состоянии (гл. 5 и 6), оценки имеющегося биологического разнообразия (гл. 7). Логически следующим шагом должен быть анализ закономерностей роста численности человечества как одного из многих биологических видов, населяющих планету (гл. 8). Выяснив закономерности и пределы роста народонаселения мира, мы попытаемся оценить продовольственные ресурсы планеты (гл. 9), а затем провести аналогичную оценку лесных, водных, минеральных и энергетических ресурсов (гл. 10–13). Мы приходим к выводу, что рост производства материальных благ сопровождается все возрастающим потреблением энергии, порождающим проблему глобального изменения климата (гл. 14). Поэтому в гл. 15 рассмотрены такие варианты получения электроэнергии, которые в меньшей степени способствуют потеплению климата. Поскольку всякое производство не только потребляет ресурсы, но и производит отходы, логично перейти к этой стороне человеческой деятельности, акцентируя внимание на глобальных последствиях загрязнения окружающей среды (гл. 16–19).

Следующий раздел посвящен *способам решения экологических проблем*. Экологический кризис невозможно предотвратить одними лишь инженерно-техническими средствами, направленными

на снижение количества отходов и совершенствование способов их переработки. За последние десятилетия возникла новая управленческая сфера деятельности, включающая организационные, правовые и экономические методы достижения экологической безопасности. Рассмотрев их в гл. 20, перейдем к завершающему разделу, в котором проанализируем условия устойчивого развития человечества и действия мирового сообщества, направленные на достижение решения этой сверхзадачи (гл. 21–24).

Экологический кризис был порожден несоответствием устаревшего стиля жизни как новым научно-техническим возможностям человечества, так и ограниченным возможностям саморегуляции стабильности биосферы. Приняв в расчет экологические ограничения, человечество способно модернизировать правила жизни и избежать грозящей катастрофы, для чего потребуются поддержка просвещенных людей и объединение усилий мирового сообщества.



НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Основные вопросы

1. *Какое значение имеет стабильность условий окружающей среды для существования жизни?*
2. *В каких пределах меняются температура воздуха и воды, химический состав воды и другие важные параметры на Земле?*
3. *Какова роль Мирового океана в стабилизации климата на Земле?*
4. *Как перераспределяется энергия на поверхности земного шара?*
5. *Насколько сильно менялся климат на планете в течение последних сотен тысяч лет?*
6. *Чем обусловлены эти изменения климата?*

Жизнь на Земле возникла и существует в постоянных условиях. Практически неизменны за период жизни многих поколений газовый состав атмосферы и солевой состав морской воды. В весьма ограниченных пределах варьируют температура, химический состав атмосферы, радиационный фон и множество других параметров. Со строгой периодичностью меняется освещенность.

Чем ближе показатели среды обитания организмов к оптимальным для жизни условиям, и чем меньше они отклоняются от оптимума, тем выше разнообразие видов. Именно в тропическом поясе, где колебания температуры незначительны, расположены самые богатые видами экосистемы: на суше — влажные тропические леса, в море — коралловые рифы. По мере приближения к полюсам богатство жизни уменьшается (рис. 3.1). Сказываются как само отклонение от оптимальных условий существования живых организмов, так и возрастающие в течение года флуктуации параметров среды.

Возьмем для примера температуру окружающей среды — важнейший параметр, влияющий на все химические и биологические процессы. Жизнь возможна в узких температурных пределах. При температуре выше 60 °C длительно существуют лишь

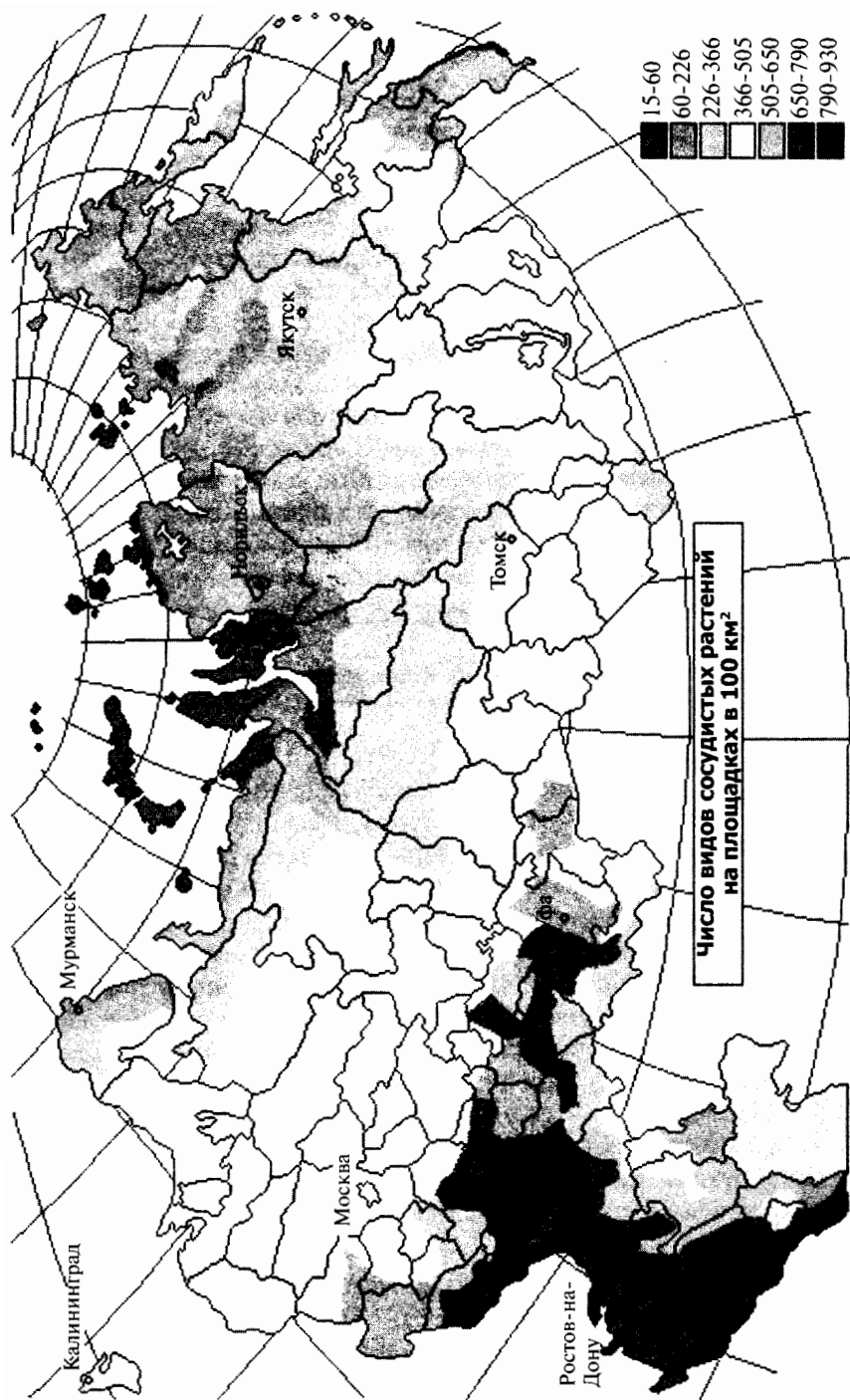


Рис. 3.1. Уменьшение видового разнообразия растений по мере продвижения на север (<http://www.Biodat.ru>)

немногие виды термофильных бактерий, ниже 0°C подолгу активно могут существовать лишь некоторые виды теплокровных животных¹. Оптимальный температурный диапазон не превышает 30°C , хотя при континентальном климате даже в Москве температура может колебаться от -25°C зимой до $+35^{\circ}\text{C}$ летом², а в Якутске — от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$. В целом по всему земному шару температура воздуха варьирует от -90°C на Южном полюсе антарктической зимой до $+58^{\circ}\text{C}$ летом в пустынях Африки, Аравийского полуострова и Южной Америки. Этот температурный диапазон составляет почти 150° , но для каждого отдельного места на поверхности Земли он существенно ниже: в Антарктиде всего 40° , в Аравийской пустыне 58°C .

На суше вблизи экватора температура воздуха меняется в течение года всего на несколько градусов (от 22 до 26°C). В умеренных широтах на небольшой высоте температура варьирует в течение года уже в пределах 16°C , а в Арктике в пределах 24°C . Температура воды в поверхностном слое Мирового океана остается на экваторе практически постоянной (около 24°C), в умеренных широтах в течение года варьирует в пределах 10°C , а по мере приближения к полюсам годовые колебания сначала возрастают, а затем снижаются по мере того, как среднегодовая температура становится отрицательной. В глубинах Мирового океана температура почти постоянна и круглый год остается на уровне не выше $+4^{\circ}\text{C}$.

Удивительно постоянен и состав среды обитания всего живого.

Морская вода — основная среда обитания большинства типов живых существ — отличается особой стабильностью солевого состава. В большинстве акваторий Мирового океана в 1 кг воды содержится 35 г солей. В ней растворено более 70 химических элементов, но на долю шести из них приходится почти 99% всех растворенных солей (в весовых %) (табл. 3.1).

¹ Нижний температурный предел зависит от продолжительности пребывания при отрицательной температуре, способности организма вырабатывать тепло и укрываться от холода за теплоизолирующими оболочками или переносить промерзание в инстинстированном состоянии. Поэтому нижнюю температурную границу существования жизни сложнее указать. Есть птицы и млекопитающие, которые остаются зимой в полярных регионах, перенося тридцати- и сорокоградусные морозы. Столь же устойчивыми к непродолжительному промерзанию оказываются и некоторые виды деревьев. Однако при бесконечном промерзании ничто живое существовать не может.

² Не беря в расчет отдельные дни с более низкими или более высокими температурами.

Таблица 3.1

Солевой состав морской воды в Мировом океане

Элементы	Количество, вес. %	Элементы	Количество, вес. %
Хлор Cl	55,04	Натрий Na	30,61
Сульфат SO ₄	7,68	Магний Mg	3,69
Кальций Ca	1,16	Калий K	1,10
		<i>Всего</i>	99,28

Атмосфера — вторая по значению среда обитания живого — также весьма стабильна по газовому составу. В нижних слоях атмосферы воздух состоит из азота (примерно 78%), кислорода (около 21%) и аргона (около 1%). Других газов в атмосфере Земли очень мало, например, диоксида углерода (CO₂) всего 0,0466%, метана (CH₄) — 0,00009, оксида азота (NO) 0,0000003%. Полагают, что земная атмосфера сильно изменилась в процессе эволюции: обогатилась кислородом и приобрела современный состав в результате длительного взаимодействия с горными породами и при участии биосферы, т.е. растительных и животных организмов.

Освещенность на поверхности планеты варьирует в значительно больших пределах, чем температура. Так, на единицу поверхности вблизи экватора поступает за год солнечной энергии в три раза больше, чем на полюсах. В то время как на одном полюсе Земли может быть полярный день, на другом полюсе в этот же период года — полярная ночь. Однако если принять в расчет, что растения активно фотосинтезируют и растут лишь в оптимальный для этого период года, и сравнить различные по широтному положению регионы по количеству света, поступающего на поверхность Земли именно в период наибольшего роста растений, то окажется, что различие между ними не столь значительно. Все организмы прекрасно приспособлены к тому, чтобы активно жить в наиболее благоприятные для этого периоды суток или года. Регулярно получая эту возможность, растения, животные и микроорганизмы расселились на Земле почти повсюду. Однако не будь благоприятных периодов жизнедеятельности, они не смогли бы существовать ни в заснеженной Арктике, ни в пустынях.

По количеству осадков, выпадающих за год, отдельные регионы различаются между собой. Так, в Колумбии, Индии, на Гавайских островах есть места, где выпадает до 12 тыс. мм осадков в год, а в пустынях Атакама в Чили, Дахла в Египте дождя не бывает по

несколько лет. В большинстве регионов всплеск жизненной активности приходится на период оптимальной температуры и достаточного увлажнения. В остальное время рост растений замедляется и многие виды растений, животных и микроорганизмов вынуждены переживать неблагоприятные периоды года в гипобиотическом состоянии, когда процессы обмена веществ в них заторможены.

Атмосфера защищает обитателей Земли от различных неблагоприятных космических воздействий (рис. 3.2). Даже солнечный свет был бы для живого губителен в отсутствие мощного слоя воздуха, который оказывается эффективным фильтром на пути солнечной радиации. Жесткое ультрафиолетовое излучение многократно ослабевает, задерживаясь атмосферой, особенно в пределах наивысшей концентрации озона (O_3), и до поверхности Земли доходит в основном безопасная часть спектра солнечного излучения.

Ионосфера атмосферы Земли, простирающаяся выше 60 км, служит надежным защитным экраном от электромагнитных бурь, которые достигают поверхности Земли многократно ослабленными. Даже небольшие твердые космические тела (метеориты) в большинстве своем сгорают в атмосфере, нанося значительно меньший ущерб населению планеты по сравнению с тем, что могло бы быть без воздушной оболочки Земли.

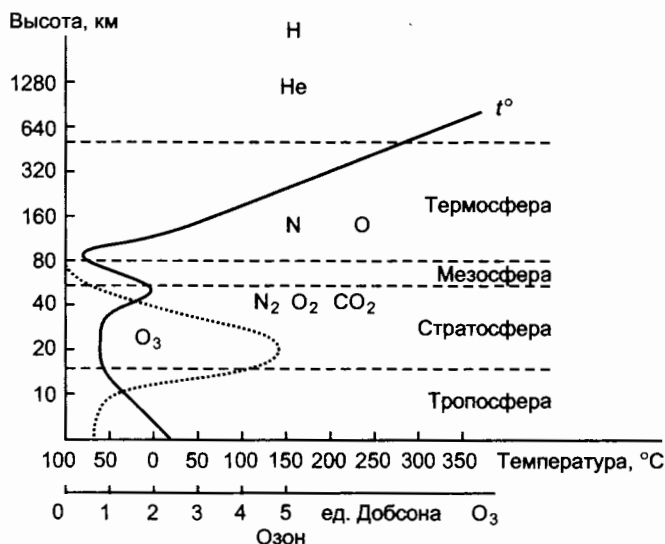


Рис. 3.2. Схема строения атмосферы Земли, вертикального изменения температуры, преобладающих газов, в том числе озона (Погосян, 1962 и <http://www.college.ru/astronomy/course/content/chapter5/section3/paragraph2/theory.html>)

Радиационный фон Земли изменяется весьма незначительно. Обычный фоновый уровень радиационного излучения на поверхности Земли на нулевой высоте соответствует эффективной дозе примерно 0,7–1,4 мЗв (70–140 мбэр). В некоторых районах Земли радиационный фон в сотни раз выше. Наиболее чувствительны к радиационному облучению млекопитающие, а наименее — мхи, лишайники и многие бактерии. Гамма-излучение многократно ослабевает по мере прохождения через атмосферу, а для альфа- и бета-частиц толща атмосферы оказывается непрозрачной.

Факторы, определяющие постоянство среды обитания на Земле

Основная причина высокого постоянства важнейших параметров среды на Земле — это почти *неизменный уровень солнечной энергии*, поступающей на ее поверхность со средней интенсивностью 1360 Дж/м^2 в 1 с. Солнце излучает свет поразительно стабильно ($3,9 \times 10^{20}$ МВт). Постоянство светимости существенно не изменялось на протяжении 4,6 млрд лет существования Земли. Флуктуации солнечной радиации составляют ничтожную долю процента. Трудно себе представить длительную эволюцию жизни в иных условиях, если бы солнечное излучение пульсировало со значительной амплитудой и коротким периодом.

Земля находится на оптимальном расстоянии от Солнца, составляющем 107 его диаметров. Если бы расстояние между ними было на 5% меньше или на 1% больше, жизнь на Земле была бы невозможна: в первом случае было бы слишком жарко, во втором — слишком холодно и Земля постоянно находилась бы в условиях глобального ледникового периода (рис. 3.3; табл. 3.2).

Вторая причина равномерного освещения Земли — *почти круговая орбита*, благодаря чему количество солнечной энергии, поступающей к ее поверхности, очень мало меняется в течение года. Радиус орбиты изменяется в пределах от 147 тыс. до 152 млн км. Если бы орбита Земли была более вытянутой, то в течение одного года количество солнечной энергии, падающей на планету, менялось бы столь существенно, что все живое не смогло бы выдержать эти перепады температуры.

Третья особенность — это *положение оси вращения Земли* по отношению к плоскости орбиты и скорость вращения планеты вокруг своей оси. Угол наклона оси вращения Земли к плоскости орбиты примерно 66° , что способствует более равномерному прогреву всей поверхности при смене времен года (рис. 3.4). В за-

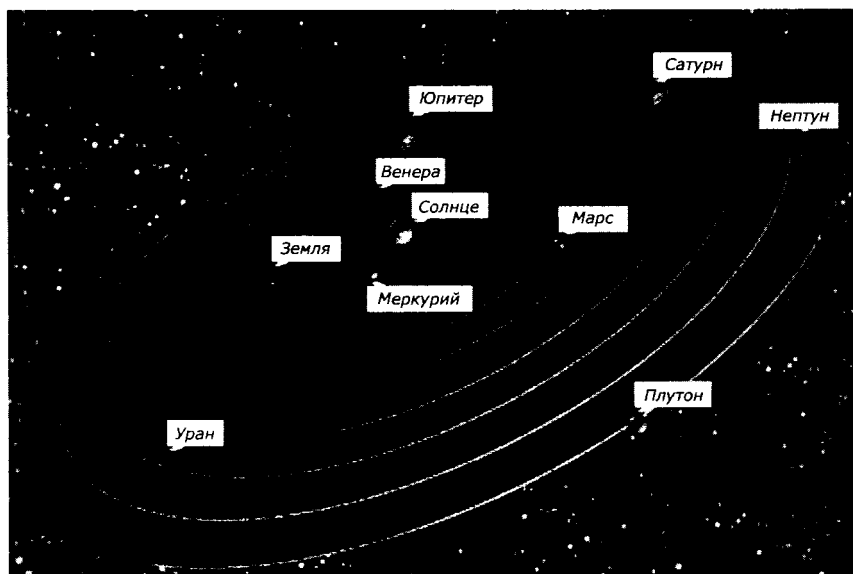


Рис. 3.3. Солнечная система схематично. Орбиты большинства планет почти круглые (<http://astrofiz.narod.ru/sunsys.html>)

висимости от положения на орбите то Северное полушарие, то Южное оказывается обращено к Солнцу, поэтому когда в Северном полушарии лето, в Южном зима и наоборот. Благодаря коротким суткам (24 часа) поверхность Земли не успевает ни перегреться, ни охладиться.

У Юпитера ось вращения почти перпендикулярна плоскости орбиты, сутки короткие, и поэтому в течение всего года прогрев на каждой широте не изменяется, т.е. отсутствует смена сезонов.

Ось вращения Урана почти совпадает с плоскостью орбиты, поэтому его полюса оказываются поочередно обращены к Солнцу и смена времен года оказывается весьма контрастной.

Период обращения Меркурия вокруг своей оси близок периоду обращения вокруг Солнца, из-за этого он обращен к Солнцу постоянно одним боком, где температура достигает $+350^{\circ}\text{C}$, в то время как на противоположной стороне -170°C .

Четвертое важное обстоятельство — это наличие мощной атмосферы и гидросферы на поверхности планеты. Большая масса Земли (6×10^{23} т) достаточна для того, чтобы удержать вокруг себя плотную атмосферу и большое количество воды, аккумулирующие тепло. Гидросфера покрывает 70,8% поверхности планеты и содержит 1320–1380 млн км³ воды, которая обладает высокой

Таблица 3.2

Сравнительная характеристика планет Солнечной системы

(Алексеевко, Алексеевко, 2002)

Планета	Диаметр, км	Среднее расстояние от Солнца, млн км	Эксцентриситет орбиты	Период обращения по орбите	Период вращения вокруг своей оси	Наклон оси вращения	Число спутников (лун)	Относительная масса (масса Земли равна 1)	Плотность (плотность воды равна 1)	Атмосфера	Температура поверхности, °С
Меркурий	4880	57,9	0,206	88 сут	59 сут	28°	0	0,055	5,4	нет	днем +350, ночью -170
Венера	12 258	108,2	0,007	224,7 сут	243 сут (обратное)	3°	0	0,815	5,2	CO ₂	облака -33, твердая поверхность +480
Земля	12 756	149,6	0,017	365,26 сут	23 ч 56 мин 4 с	23°27'	1	1,000	5,52	N, O ₂ , CO ₂ , Ar, H ₂ O	поверхность грунта +22
Марс	6774	227,9	0,093	687 сут	24 ч 37 мин 23 с	23°59'	2	0,108	3,9	CO ₂ , Ar (?)	твердая поверхность -23
Юпитер	142 800	778,3	0,048	11,86 года	9 ч 30 мин 30 с	3°05'	13	317,9	1,314	H, He	облака -150
Сатурн	120 000	1427	0,056	29,46 года	10 ч 14 мин	26°44'	11	95,2	0,704	H, He	облака -180
Уран	51 800	2870	0,046	84,01 года	11 ч (обратное)	82°05'	5	14,6	1,21	H, He, CH ₄	облака -210
Нептун	49 500	4497	0,008	164,8 года	16 ч	28°48'	2	17,2	1,67	H, He, CH ₄	облака -220
Плутон	5800	5900	0,25	247,7 года	6 сут 9 ч	?	0	0,1(?)	2(?)	не обнаружена	-230(?)

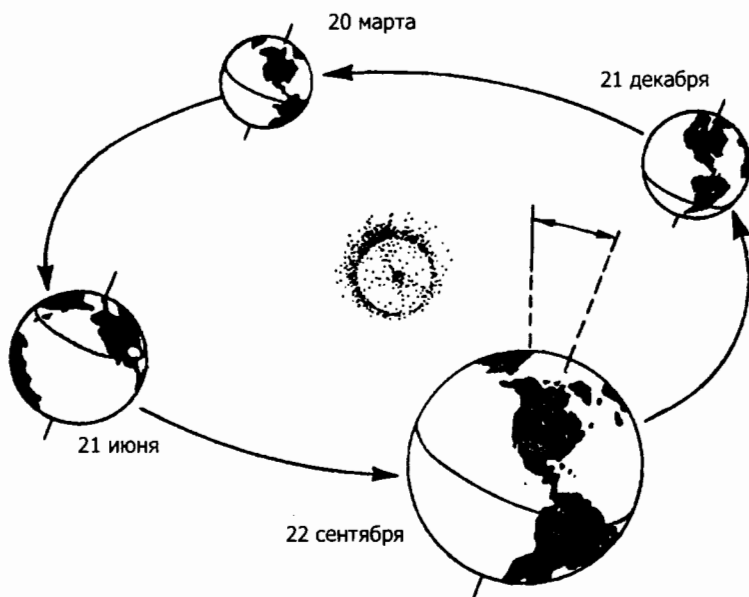


Рис. 3.4. Положение Земли на орбите в разные фазы обращения вокруг Солнца (Имбри, Имбри, 1988)

теплоемкостью, равной 1 кал/г на 1 °С (4186,8 Дж/кг на 1 К). Благодаря этому в Мировом океане накоплен огромный запас тепла — в 21 раз больше годовой суммы тепла, поступающего к поверхности планеты. Поэтому гидросфера является важнейшим стабилизатором температуры поверхности Земли.

Физические свойства воды способствуют аккумуляции тепла. При повышении температуры вода переходит в газообразную фазу (пар) со значительным поглощением тепла (539 кал/г). При понижении температуры вода переходит в твердую фазу (лед) с

выделением тепла (80 кал/г). Поэтому при наличии больших количеств воды изменения температуры среды происходят замедленно и с меньшей амплитудой.

Наибольшая плотность воды достигается при $+4^{\circ}\text{C}$, а лед образуется при 0° . Поэтому самая тяжелая вода, не достигая температуры образования льда, опускается на дно. Кроме того, твердая фаза воды (лед) легче жидкой, благодаря чему она укрывает воду сверху, препятствуя дальнейшей теплоотдаче и промерзанию.

Прогрев поверхности Земли происходит неравномерно, но благодаря перемещениям воздушных масс в нижнем слое атмосферы (рис. 3.5) и мощным **океаническим течениям** в гидросфере это неравенство сглаживается настолько, что жизнь стала возможной практически на всей планете. Расчеты показывают, что если бы в атмосферу Земли не выделялось запасенное тепло, то в полярных регионах зимой происходило бы значительно большее выхолаживание, вплоть до температуры $-273,2^{\circ}\text{C}$, близкой к абсолютному нулю, в то время как в противоположном полушарии стояла бы сильнейшая жара (рис. 3.6).

Ежегодно с поверхности Мирового океана испаряется 500 тыс. км³ влаги, что составляет 86% всей влаги, поступающей в

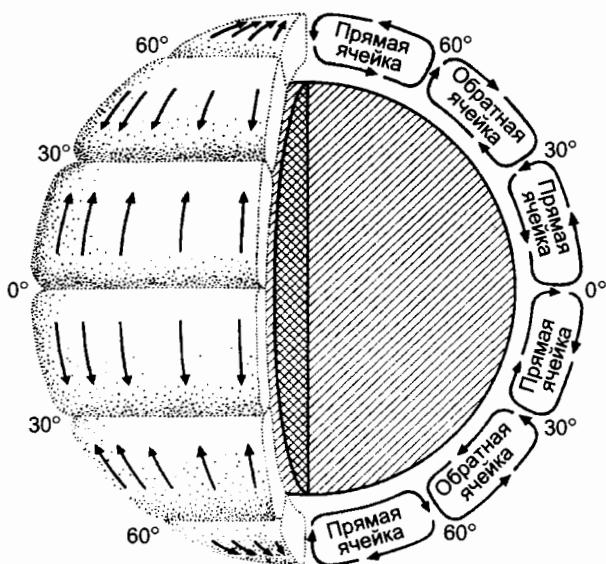
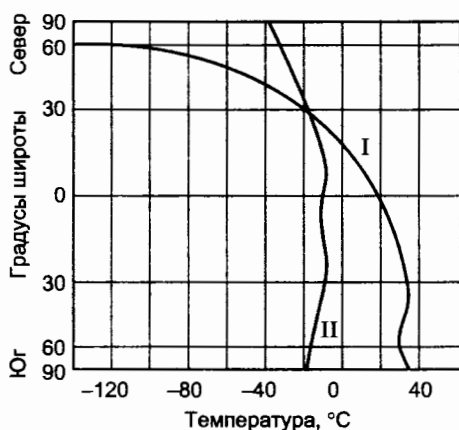


Рис. 3.5. Модель ячейистой атмосферной циркуляции, впервые предложенная в 1735 г. английским метеорологом Д. Галлеем (Оорт, 1972)

Рис. 3.6. График иллюстрирует значение циркуляции атмосферы для смягчения климата Земли. Кривая I — расчетные значения температуры в январе на разных широтах при отсутствии атмосферы; II — реальные осредненные температуры на разных широтах в январе. Более плавный ход кривой обусловлен смягчающим воздействием перераспределения энергии в атмосфере (Оорт, 1972)



атмосферу. Для сравнения: весь сток рек за год не превышает 40 тыс. км³. При испарении в атмосферу поступают огромные количества энергии. С атмосферными потоками происходит перенос не только влаги, но и энергии на значительные расстояния. Циклоны зарождаются над океанами, а приносят осадки повсеместно. Ураганы также порождены гигантской машиной перераспределения энергии.

Если присмотреться к направлению самых мощных океанических течений на карте Мирового океана, то легко увидеть теплые течения от экватора к полюсам и холодные, направляющиеся от полюсов к экватору. Вместе они образуют гигантские круговороты в Атлантическом и Тихом океанах (рис. 3.7). В последнее время выяснилось, что все океаны связаны течениями в единую глобальную систему (рис. 3.8). Поверхностные течения взаимодействуют с придонными, что способствует перераспределению энергии не только горизонтально, но и вертикально.

Природные кризисы в истории развития жизни на Земле

Благодаря последним достижениям науки известно, что Вселенная существует примерно 16 млрд лет, Солнечная система — 8 млрд лет, а наша Земля — 4,6 млрд лет. Жизнь на Земле появилась не позже чем через 1 млрд лет после ее возникновения, а может быть, еще раньше. Эволюция живого неплохо прослеживается по ископаемым остаткам и следам, начиная с 1 млрд лет тому назад. Особенно много данных сохранилось за последние 500 млн лет.



Рис. 3.7. Схема основных течений и океанических круговоротов в Мировом океане (Верещака, 2003)



Рис. 3.8. Схема единой системы течений в Мировом океане (светлым — теплые поверхностные течения, темным — глубинные холодные течения) (Broecker, 1987: <http://www.grida.no/climate/vital/32.htm>)

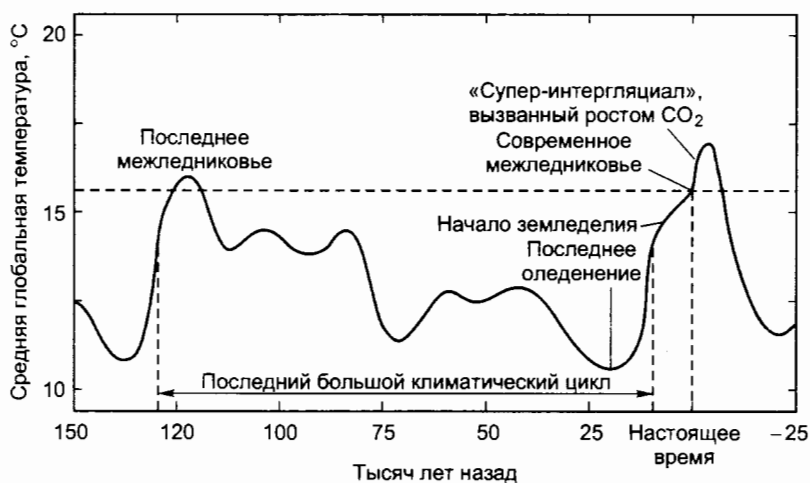


Рис. 3.9. Реконструкция климата на Земле за 150 тыс. лет и прогноз на следующие 25 тыс. лет (Имбри, Имбри, 1988; Woillard, Mook, 1982; Бараш, 1994)

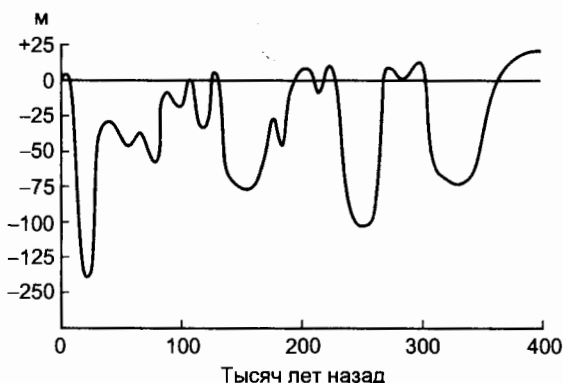
В истории Земли много раз происходили значительные отклонения от наиболее благоприятных для развития жизни характеристик среды: оледенения, падения космических тел, мощные извержения вулканов (рис. 3.9). Ошибочно предполагать, что современный экологический кризис не имеет равных по силе в

истории нашей планеты. Даже в последние несколько сотен тысяч лет на Земле было два периода сильного похолодания, вызвавшего оледенение значительной части суши: последнее оледенение было от 75 до 12 тыс. лет тому назад, предпоследнее — 125–180 тыс. лет тому назад.

В периоды оледенения средняя температура поверхности Земли была ниже современной на 5–6°, а уровень Мирового океана ниже нынешнего на 100 м (рис. 3.10).

Под тяжестью льдов прогибались материки. Изменялся водообмен, а объем стока рек сильно уменьшался. Сокращался и менялся растительный покров.

Вначале полагали, что значительные изменения глобального климата на Земле обусловлены периодическими колебаниями интенсивности излучения Солнца. Однако благодаря мно-



голетним расчетам, выполненным сербским математиком Милутином Миланковичем (1879–1958), было установлено,

Рис. 3.10. Изменение уровня Мирового океана (м) за последние 400 тыс. лет (Имбри, Имбри, 1988)

что большая часть известных похолоданий и потеплений связана с изменениями трех параметров положения Земли в Солнечной системе:

- **наклона оси** вращения планеты к плоскости орбиты (эклиптике);
- **эксцентриситета орбиты** — степени вытянутости орбиты;
- **прецессии** — колебания угла наклона оси планеты.

Гипотеза Милутина Миланковича о причинах изменения климата Земли

В соответствии с гипотезой Миланковича полушария Земли в результате изменения элементов ее движения могут получать меньшее или большее количество солнечной радиации, что отражается на глобальной температуре.

Миланкович выделил три элемента движения.

Один — *колебания земной оси*. Если посмотреть на ось сверху, то оказывается, что она описывает в пространстве круг за время приблизительно 25 тыс. лет, т.е.

как бы покачивается по отношению к Солнцу. Это называется прецессией оси вращения Земли.

Второй — изменение наклона земной оси по отношению к плоскости орбиты (эклиптики) Земли. Такие изменения происходят с периодичностью 41 тыс. лет и достигают трех градусов.

Третий элемент движения связан с изменением формы орбиты от почти круговой до несколько вытянутой — эллиптической. При этом различие в удалении от Солнца составляет около 5 млн км. Предполагается, что раньше оно было больше.

Рассчитав совместное влияние всех трех факторов, Миланкович смог определить периоды, когда те или иные широтные зоны Земли получают наименьшее количество солнечного излучения. По всей видимости, эти периоды и должны соответствовать периодам формирования и развития покровных ледников в Северном полушарии.

Эта гипотеза получила косвенное подтверждение благодаря анализу климатических ритмов при изучении колонок глубоководных морских осадков, относящихся к последним 500 тыс. лет, содержания тяжелого изотопа кислорода, а также видового состава двух видов морских организмов (радиолярий) — все три индикатора характеризуют разные стороны климатической системы — температуру, рассоление и засоление океана в результате таяния и образования ледниковых покровов.

Индикаторы подтвердили существование трех циклов изменения климатической системы с периодичностью, соответствующей периодичности факторов Миланковича. Подробнее см.: *Имбри Д., Имбри К.Т.* Тайны ледниковых эпох. М.: Прогресс, 1988. 264 с.

Периодические колебательные изменения каждого из этих параметров оказывают значительно более сильное воздействие на климат, чем изменение солнечной активности (рис. 3.11). Колебания перечисленных параметров закономерны, и на этом основании можно определить ход изменения глобального климата как в прошлом, так и в будущем. Период колебаний климата равен примерно 100 тыс. лет.

В голоцене (последние 10 тыс. лет) было несколько не столь сильных периодов похолодания, которые называют “малыми ледниковыми периодами”. Они происходили: 5 тыс. лет до н.э.; 1 тыс. лет до н.э. и в период с 1400 по 1800 г. н.э. В это время среднегодовая температура воздуха на поверхности Земли понижалась на 2–3 °С, разрастались ледники и ледниковые шапки на полюсах планеты, понижался уровень Мирового океана. В настоящее время мы живем в эпоху потепления климата, обусловленного прежде всего естественными причинами и закономерностями, усиленными антропогенным вмешательством (рис. 3.12). Постепенно среднегодовая температура увеличивается пока еще менее чем на 1 °С (подробнее см. гл. 12), ледники тают, а уровень Мирового океана повышается.

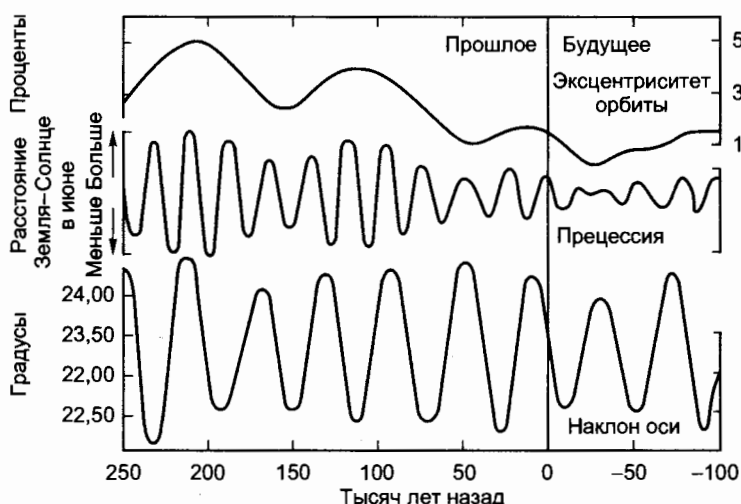


Рис. 3.11. Периодические колебания трех параметров планеты по теории М. Миланковича (Имбри, Имбри, 1988)

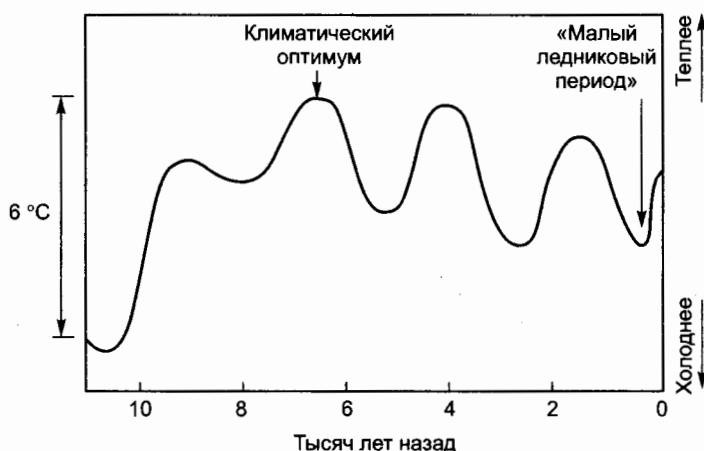


Рис. 3.12. Изменение климата Земли в голоцене за последние 10 тыс. лет (Имбри, Имбри, 1988)

Не надо думать, что происходящие в наше время природные катаклизмы беспрецедентны. В недалекой истории человечества многократно наступали катастрофические погодные периоды. Из письменных источников были собраны и систематизированы данные, позволяющие год за годом проследить метеорологические

экстремумы, засухи, наводнения, бури, недороды, голод и эпидемии в Европе на протяжении 2000 лет — с IV в. до н.э. по XVI в. н.э. включительно. За это время в летописях Западной Европы отмечено 905 экстремальных лет, в том числе 456 голодных лет, а повсеместный голод был в течение 263 лет. Следовательно, каждый второй год бывает неблагоприятным (если учитывать локальные катаклизмы, происходящие на большой территории), а каждый девятый год столь неблагоприятным, что вызывал бедствие в континентальном масштабе. В Восточной Европе за тот же срок отмечено 794 экстремальных, из них 434 голодных года, повсеместный недород и голод был 215 лет. Неблагоприятные года не распределены равномерно. Бывали периоды благополучные, которые иногда продолжались десятилетиями, как например в течение V–VII вв., а бывали “черные” периоды, когда природные бедствия следовали друг за другом, например в XII, XIV–XVI вв. (Бараш, 1989).

Некоторые природные катаклизмы были поистине чудовищными. Так, в 70 г. была такая сильная засуха в Германии, что корабли не могли проплыть по Рейну. Римляне установили военные посты, чтобы препятствовать германским воинам переходить реку вброд. Зима 400/401 г. была настолько сурова, что замерзло все Черное море. Лед сохранялся 20 дней. В дальнейшем Черное море замерзло в 764, 776 и 800 гг. Зимой 860 г. замерзло даже Адриатическое море, так что в Венецию можно было ходить пешком. В 37 г. северное сияние было видно по всей Европе. По свидетельству Сенеки, римляне, увидев красное сияние, решили, что горит вся колония Остия. Кстати, спустя почти 2000 лет, 25 января 1938 г. было аналогичное явление, при этом жители некоторых южноевропейских городов вызвали пожарные команды. Таких примеров можно приводить множество.

Ничем не отличается от описанных событий и настоящее время, когда мы узнаем либо о разрушительных наводнениях, либо о великой засухе, либо о необычном похолодании или ураганах (см. рис. 3.12). Примером естественных катастроф большого масштаба стало землетрясение 26 декабря 2004 г., которое вызвало цунами у берегов Индонезии, унесшее жизни более 300 тыс. человек. Благодаря возросшей мощи и консолидации человечеству удастся быстро справиться с локальными природными катастрофами за счет оказания своевременной помощи, однако частота катаклизмов не уменьшилась и реакция биоты не стала менее болезненной.

Множественно возросшая за последние века сила антропогенного воздействия на природу способна снизить стабильность биосферы. В настоящее время человечество, сжигая все виды ископаемого топлива, вырабатывает приблизительно $8,7 \times 10^{16}$ ккал в год (World resources: 1998–1999), что всего в 5000 раз меньше суммарного количества солнечной энергии, поступающей к верхней границе атмосферы Земли за год, — $4,2585 \times 10^{20}$ ккал в год (Будыко, 1977). За 100 последних лет потребление энергии человечеством увеличилось в 10 раз. Значит, при сохранении современных темпов роста энергопотребления не так много времени потребуется в будущем для приближения к значениям получаемой нашей планетой от Солнца энергии, которая определяет важнейшие процессы в биосфере.

Один из исследователей устойчивости биосферы, В.Г. Горшков (1995), считает, что биосфера уже вышла из своего стабильного состояния, что другого устойчивого состояния (с иными характеристиками) у биосферы не существует, хотя при сокращении антропогенного влияния на порядок величин биосфера еще может вернуться в свое прежнее состояние. Его выводы основаны на следующих расчетах. В естественных экосистемах 99% всей первичной продукции потребляют низшие организмы и лишь 1% приходится на долю позвоночных, к которым относится и человек. На этом основано равновесие круговорота углерода в природе, с которым связано равновесие и по ряду других химических элементов неорганического происхождения. Равновесие между связыванием и освобождением углерода поддерживалось на Земле с большой точностью. Экспансия человечества и сокращение естественных экосистем приводит к разбалансировке углеродного цикла, а вслед за ним и снижение стабильности концентрации ряда других химических веществ. Одним из первых признаков этого процесса может быть изменение климата вследствие парникового эффекта (Горшков и др., 1994; Арский и др., 1997).

В том-то и опасность, порождаемая современным развитием человечества, что по масштабу освоенных вещественно-энергетических потоков мировое сообщество сопоставимо с гигантским природным круговоротом. Не владея достаточными знаниями относительно механизмов природного равновесия биосферных параметров, мы можем нечаянно нарушить это равновесие и не быть способными его восстановить.

Вот почему освоение курса “Глобальные экологические проблемы” необходимо начинать с уточнения фундаментальных законов существования жизни и устойчивости биосферы.

Выводы

1. Жизнь на Земле возникла и существует благодаря высокой стабильности среды — особому сочетанию особенностей парамет-

ров Солнечной системы и положения Земли, благодаря которому колебания освещенности, температуры, химического состава литосферы, воды и воздуха, радиационного и магнитного фона оказались незначительными.

2. Тем не менее в истории Земли неоднократно происходили природные кризисы и катастрофы, обусловленные флуктуациями глобального климата (вследствие изменений астрономических параметров положения Земли относительно Солнца), а также космическими воздействиями.

3. Человечество должно внимательно оценивать возможные глобальные последствия своей хозяйственной деятельности, проявляющиеся в изменении существующего равновесия природных процессов.



БИОСФЕРА: РОЛЬ ЖИВОГО В ПРЕОБРАЗОВАНИИ ОБОЛОЧЕК ПЛАНЕТЫ

Основные вопросы

1. *Сколь значимо влияние живого на преобразование окружающей природной среды?*
2. *В какой мере стабильность окружающей среды зависит от эффективной и сложной организации биосферы?*
3. *Какие составляющие биосферы определяют ее фундаментальную устойчивость?*
4. *Как менялась биосфера в истории Земли?*
5. *Что такое биосфера?*
6. *Каковы ее границы?*
7. *Когда появилась жизнь на Земле, и при каких условиях это могло произойти?*
8. *Кто разработал концепцию биосферы?*
9. *Почему до XIX в. ученые вполне обходились без понятия “биосфера”?*
10. *Что означает понятие “живое вещество”?*
11. *В чем проявляется влияние биоты на литосферу?*
12. *В чем проявляется влияние биоты на атмосферу?*
13. *Когда в истории Земли в атмосфере стал накапливаться кислород и почему?*
14. *Что такое прокариоты и эукариоты?*
15. *Что такое прокариотная биосфера?*
16. *Когда возникли эукариоты в истории биосферы и какова их роль?*
17. *Когда произошло освоение “живым веществом” суши, и с какими изменениями в окружающей среде это было связано?*

Биосфера

Жизнь и среду обитания нельзя рассматривать отдельно, они органически связаны и взаимодействуют друг с другом: живое постоянно потребляет вещества из окружающей неживой природы, преобразуя их. Под воздействием живых организмов происходит постепенное изменение состава атмосферы, воды и почвы.

Среди геологических пород многие являются продуктом биологической деятельности. Это в первую очередь осадочные горные породы, такие, как глины, известняки и доломиты. Даже руды многих металлов появились в результате переработки исходных веществ бактериями. Живые вещества принимают активное участие и в разрушении минералов.

Впервые взаимная связь живого и неживого была понята лишь в XIX в. Известный биолог Жан Батист Ламарк (1744–1829) первым предложил понятие *биосферы*, которое затем было введено в геологию Эдуардом Зюссом (1831–1914) в 1875 г.

Великий российский ученый-геохимик Владимир Иванович Вернадский (1863–1945) создал *учение о биосфере* (1926), в котором важное место занимали представления о трансформации косного вещества живыми организмами. Роль живого на планете предстала в новом свете. Характеризуясь малой, можно сказать, ничтожной биомассой, живое тем не менее оказывает грандиозное воздействие на внешние оболочки Земли: литосферу, гидросферу и атмосферу, поскольку во много раз ускоряет химические реакции и влияет на их направление.

В.И. Вернадский писал: “Живое вещество по весу составляет ничтожную часть планеты... Оно сосредоточено в тонкой, более или менее сплошной, пленке на поверхности суши в тропосфере — в лесах и в полях — и проникает весь Океан. Количество его исчисляется долями, не превышающими десятых долей процента биосферы по весу, порядка, близкого к 0,25%. На суше оно идет не в сплошных скоплениях на глубину в среднем, вероятно, меньше 3 км. Вне биосферы его нет” (Вернадский, 1993. С. 305–306).

“Если литосферу представить себе в виде каменной чаши весом 13 фунтов, то вся гидросфера, которая поместится в этой чаше, будет весить 1 фунт, масса атмосферы будет соответствовать медной монете, а живого вещества — почтовой марке”. Тем не менее “за 1 млрд лет вся наработанная масса живого вещества больше массы земной коры. Вот из каких фактов это следует: ежегодная продукция = $2,32 \times 10^{11}$ т \times 1 млрд лет = 2×10^{20} т, т.е. в 10 раз больше массы земной коры” (В.М. Гольдшмидт. Цит. по: Перельман, 1977. С. 127–128).

Понятие биосферы, без которого наука обходилась до конца XIX в., акцентирует внимание не столько на *границах обитания живого*, сколько на огромной преобразующей роли живого в пределах трех оболочек Земли: литосферы, гидросферы и атмосферы.

БИОСФЕРА — нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы Земли, населенные живыми организмами. “область существования живого вещества” (по В.И. Вернадскому); оболочка Земли, в которой совокупная деятельность живых организмов проявляется как геохимический фактор

планетарного масштаба. Биосфера — самая крупная (глобальная) экосистема Земли — область системного взаимодействия живого и косного вещества на планете (Реймерс, 1990. С. 47).

По современным представлениям биосфера простирается на несколько километров вверх и вниз от поверхности Земли и Мирового океана:

в *атмосфере* живые организмы в активном состоянии распространены до высоты 6 км (где сохраняются положительные температуры);

в *гидросфере* — на всю глубину Мирового океана (т.е. свыше 10 км);

в *литосфере* — до 3–4 км (по данным сверхглубокого бурения на Кольском полуострове, достигшего 11 км).

Все оболочки Земли — атмосфера, гидросфера и литосфера — испытали на себе мощное трансформирующее влияние живого, потому что биологические и биогеохимические процессы протекают со значительно большей скоростью при тех же “земных температурах”, чем химические процессы, рассматриваемые без участия живых организмов.

Под влиянием биоты атмосфера Земли претерпела за время своего существования кардинальные изменения. Благодаря фотосинтезирующим организмам в ней накопился свободный кислород и из восстановительной она со временем стала окислительной. Также и азот не сразу стал основным компонентом атмосферы, а по мере накопления, в котором биогеохимические процессы сыграли решающую роль.

Не меньшее значение биоты проявилось и в формировании литосферы. Сначала было доказано, что многие осадочные породы образовались в основном из скелетов разнообразных водных беспозвоночных, скопившихся за тысячи лет на дне океанов. Затем в XIX в. выяснилось, что тонкий почвенный слой возник в результате жизнедеятельности населяющих его организмов. Одним из первых великий биолог Чарльз Дарвин (1809–1882) обратил на это внимание, изучая земляных червей. Позже основоположник научного почвоведения Василий Васильевич Докучаев (1846–1903) доказал, что *почва* является продуктом воздействия на материнскую породу климата, рельефа, растительного и животного мира, а также хозяйственной деятельности человека. Почва не могла бы возникнуть без участия разнообразной почвенной фауны и флоры: микроорганизмов (бактерий, плесневых грибов, актиномицетов) и беспозвоночных (круглых и кольчатых червей, личинок насекомых, многоножек и пауков). Огромную роль в

формировании почвы играют и растения, продукты обмена веществ которых поступают через корневую систему в почву, опадающие листья, хвоинки и сучки возвращают в почву преобразованные живыми организмами вещества, а растущие корешки способствуют формированию структуры почвенного слоя.

Живые организмы влияют на состав *воды* в реках, озерах, прудах, морях и океанах. В воде всегда содержатся растворенные и взвешенные многочисленные химические соединения, в том числе и продукты органического обмена веществ всех населяющих ее существ, совокупная концентрация которых может достигать больших величин.

Признавая важное значение живой природы в трансформации трех геосфер Земли, нельзя забывать и о том, что среда развития жизни на поверхности планеты оказалась достаточно постоянной и уравновешенной, изменяющейся несопоставимо медленнее по сравнению со скоростью протекания биохимических процессов. Биологические биосферные процессы развивались в стабилизированной среде, сложившейся под влиянием сложной системы химических превращений, не связанных первоначально непосредственно с деятельностью живых организмов. Уникальные во многих отношениях особенности Земли стали предпосылкой появления и развития жизни.

Рассмотрим кратко условия существования биосферы. Постепенно в науке накапливаются факты и обоснованные гипотезы относительно эволюции нашей планеты и жизни на ней. Их еще мало для восстановления полной картины развития Земли, но контуры величественного прошлого уже прорисовываются, а современные научные модели позволяют разобраться в генеральных закономерностях становления биосферы.

Происхождение Земли

По современным научным представлениям жизнь на Земле возникла рано. Считается, что возраст Вселенной примерно 20–13 млрд лет, Солнечной системы — 8 млрд лет, Земли — 4,6 млрд лет, и уже в самых древних геологических породах, возраст которых 3,5 млрд лет, обнаружены останки микроорганизмов (Заварзин, 2001). Возможно, простейшие живые организмы были занесены на Землю из Космоса с других планет. Об этом косвенно свидетельствуют находки таких же окаменелых останков микроорганизмов в некоторых метеоритах — углистых хондритах, возраст которых еще древнее — 4,2 млрд лет (Жмур и др., 1993).

Однако более вероятно, что жизнь на Земле возникла самостоятельно после того, как планета уже сформировалась, а температура на ее поверхности стала ниже 100°C . Будучи частью природы, жизнь теснейшим образом связана с химическими процессами в окружающей среде и зависит от ее состояния.

Несмотря на давние попытки добиться в экспериментальных условиях зарождения жизни, сделать это до сих пор не удалось. Сама планета вместе с Солнечной системой за 4,6 млрд лет претерпели столь значительные изменения, что теперь уже сложно воссоздать изначальные условия, благоприятствовавшие самосборке разнообразных крупных молекул на основе соединений углерода. В этом уникальность и неповторимость жизни.

К концу XX в. широко распространились представления о ведущей роли живого в стабилизации биосферных процессов. Для того чтобы реально оценить возможности всей совокупности биогеохимических процессов в сохранении устойчивости условий существования на Земле, необходимо сначала разобраться в том, какова роль небиологических механизмов в стабильности биосферы.

В науке общепризнано, что история Вселенной началась примерно 20–13 млрд лет назад с так называемого Большого взрыва, сконцентрированного в малом объеме вещества Вселенной, после которого образовалось облако, состоящее из элементарных частиц. Спустя значительное время в расширившейся Вселенной стали образовываться сгущения. Под действием гравитационных сил частицы сближались и в сгустках нарастала плотность вещества и температура. В этих сгущениях — протозвездах — появились условия для ядерного синтеза. Образовались атомы водорода (H^1), гелия (He^4), из них изотопы лития (Li^7), бериллия (Be^9), бора (B^{11}). По мере дальнейшего сжатия звезд с возрастанием плотности и температуры происходил синтез новых элементов: углерода (C^{12}), кислорода (O^{16}), неона (Ne^{20}) и т.д. Порядку образования элементов и их атомному весу в общем виде соответствует и количество каждого элемента во Вселенной (рис. 4.1).

Синтезированные в звездах атомы поступали в космическое пространство при их взрывах в виде газовых облаков и пыли, из которых в свою очередь образовались планеты. Земля в числе ближних к Солнцу планет (от Меркурия до Марса) образовалась из объединения более мелких тел (планетезималей). Когда молодая Земля менее чем за 0,5 млрд лет увеличилась почти до современной массы, она нагрелась за счет энергии, высвобождающейся при гравитационной дифференциации и при падении планетезималей на ее поверхность, а также радиоактивного распада некото-

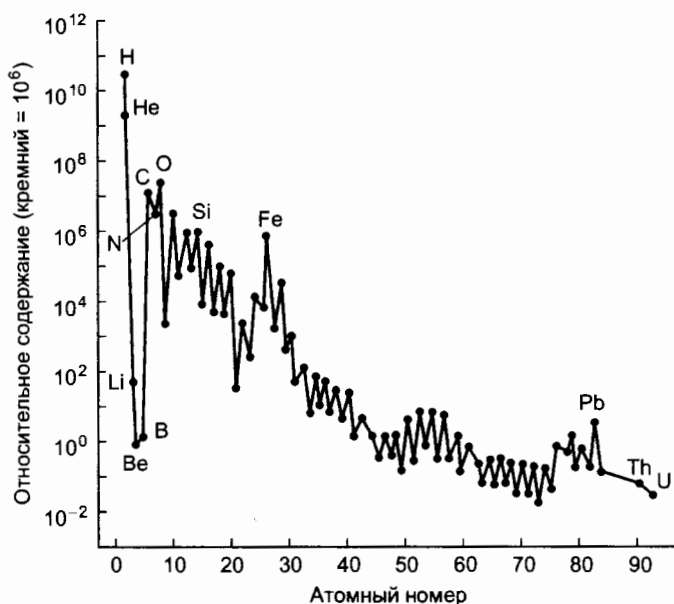


Рис. 4.1. Содержание элементов в космосе. Относительное содержание элементов (вертикальная ось) определяется как число атомов каждого элемента, приходящееся на 106 атомов кремния, и откладывается по логарифмической шкале (Андруз и др., 1999)

рых изотопов. В результате расплавились железо и никель, которые в силу своей высокой плотности стали погружаться в центр планеты, формируя центральное ядро, а более легкие вещества, состоящие в основном из соединений кремния и алюминия, на периферии протопланеты разделились на четыре слоя (рис. 4.2), образовав нижнюю мантию, астеносферу, верхнюю мантию и земную кору. Верхняя мантия вместе с корой образует твердую оболочку планеты — *литосферу* толщиной от 50 до 200 км. Давление, плотность вещества и температура увеличиваются от поверхности к центру Земли (табл. 4.1).

Литосфера

В литосфере больше всего кислорода (49,13%), кремния (26,00%), алюминия (7,45%), железа (4,20%), кальция (3,25%), натрия (2,40%), магния (2,35%) и калия (2,35%). Все остальные элементы составляют по массе всего лишь 2,87% (рис. 4.3, табл. 4.2). Образующиеся из этих химических элементов разнообразные

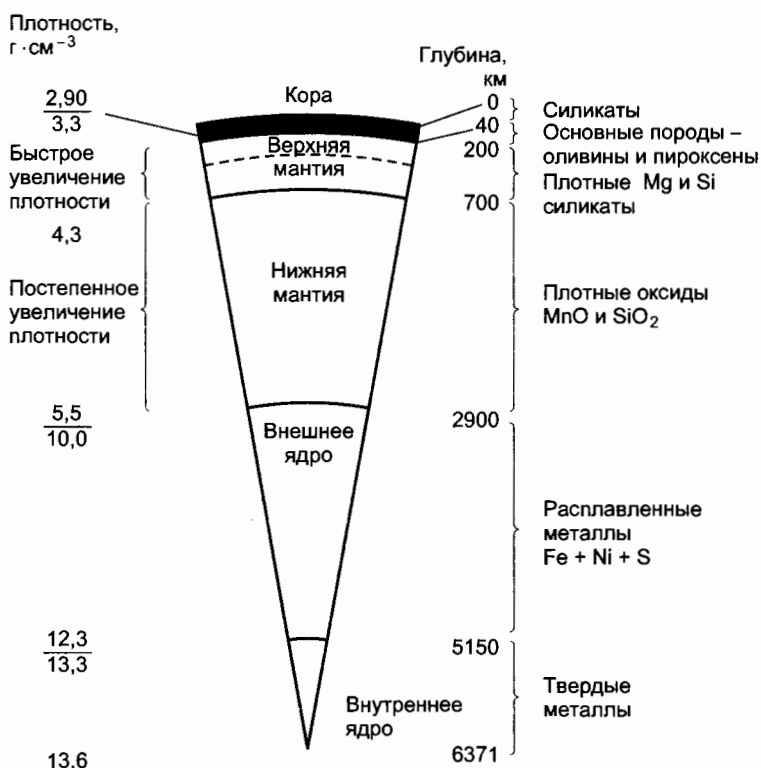


Рис. 4.2. Схема строения планеты Земля (Андруз и др., 1999)

соединения представлены магматическими, осадочными и метаморфическими породами (табл. 4.3).

Магматические породы образуются из магмы, поступающей на поверхность Земли из астеносферы. При извержениях вулканов с разной глубины литосферы поступают магма и газы. Химический состав магмы: SiO_2 , FeO , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , которые в сумме составляют около 97%. Состав газов: H_2 , H_2O , CO_2 , NH_3 , N_2 , F , Cl и др. После остывания и дегазации магмы образуются в основном *силикаты*, т.е. соединения кремния, которые в зависимости от условий (глубины, температуры и состава соседних пород) формируют граниты и базальты. В результате извержений вулканов на поверхность планеты выносятся от 6 до 10 млрд т магматических горных пород в год (Мархинин, 1967).

Минеральный состав магматических горных пород разнообразен: полевые шпаты, кварц, амфиболы, пироксены, слюды, в мень-

шей степени оливин, нефелин, лейцит, магнетит, апатит и др. Все они подолгу сохраняются в литосфере, так как обладают низкой химической активностью. Получается, что *литосфера в общем весьма инертна*, и это важно для понимания условий существования биосферы.

Тем не менее очень медленно под влиянием колебаний температуры, механического и химического воздействия воды и воздуха магматические породы разрушаются, хотя силикаты и соединения алюминия растворяются в воде очень слабо. Мелкие частицы вместе со стоком рек поступают в Мировой океан и пресноводные водоемы, где откладываются на дне. Так формируются *осадочные породы*, мощность которых местами достигает нескольких десятков километров. В настоящее время вся масса выносимых в Мировой океан твердых частиц составляет примерно 28 млрд т в год.

Земная кора состоит из отдельных *литосферных плит* (рис. 4.4), которые легче вещества, составляющего верхнюю мантию, и поэтому

Таблица 4.1

Давление, плотность и температура
в недрах Земли
(Монин, 1977)

Глубина, км	Давление, Мбар	Плотность, г/см ³	Температура, °С
30	0,0084	3,32	700
100	0,031	3,38	1500
200	0,065	3,46	1950
413,3	0,130	3,64	2400
1047	0,399	4,58	2800
2060	0,889	5,12	3600
2920	1,386	5,56— 10,08	4300
3955	2,445	11,46	5250
4991	3,239	12,28	6050
6371	3,657	12,68	6300

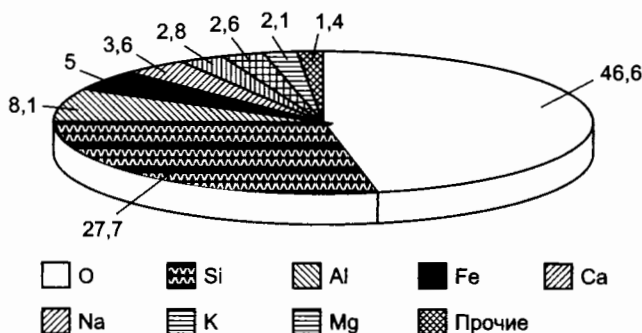


Рис. 4.3. Процентный состав основных элементов коры Земли (Андруз и др., 1999)

Таблица 4.2

Распространенность элементов в земной коре (мас.%)

Кислород	49,13	Бор	0,005
Кремний	26	Иттрий	0,005
Алюминий	7,45	Церий	0,0029
Железо	4,20	Кобальт	0,002
Кальций	3,25	Неодим	0,0017
Натрий	2,40	Свинец	0,0016
Магний	2,35	Молибден	0,001
Калий	2,35	Торий	0,001
Водород	1,00	Цезий	0,001
Титан	0,61	Иттербий	0,0008
Углерод	0,35	Гадолиний	0,00075
Хлор	0,20	Диспрозий	0,00075
Фосфор	0,12	Самарий	0,0007
Марганец	0,10	Лантан	0,00065
Сера	0,10	Эрбий	0,00065
Фтор	0,08	Скандий	0,0006
Барий	0,05	Мышьяк	0,0005
Азот	0,04	Кадмий	0,0005
Стронций	0,035	Празеодим	0,00045
Хром	0,03	Германий	0,0004
Цирконий	0,025	Бериллий	0,0004
Никель	0,02	Уран	0,0004
Ванадий	0,02	Гафний	0,0004
Цинк	0,02	Аргон	0,0004
Медь	0,01	Лютеций	0,00017
Олово	0,008	Галлий	0,0001
Рубидий	0,008	Тербий	0,0001
Вольфрам	0,007	Йод	0,0001
Литий	0,005	Другие	менее 0,0001

медленно перемещаются на ее поверхности под действием сил Кориолиса, возникающих в результате вращения планеты вокруг своей оси. Взаимное положение литосферных плит менялось в течение геологической истории (рис. 4.5). При столкновении одна литосферная плита вздымается и образуются горы, а другая погружается под первую. При погружении края литосферной плиты находящиеся на поверхности земной коры горные породы попа-

Таблица 4.3

Химический состав литосферы Земли

Элементы	Масса, $\times 10^{18}$ кг	Мас. %	Элементы	Масса, $\times 10^{18}$ кг	Мас. %
SiO ₂	13 050	55,2	Fe ₂ O ₃	661	2,8
Al ₂ O ₃	3629	15,3	K ₂ O	452	1,9
CaO	2082	8,8	TiO ₂	385	1,6
FeO	1381	5,8	P ₂ O ₅	62,0	0,3
MgO	1234	5,2	MnO	42,6	0,2
Na ₂ O	682	2,9			

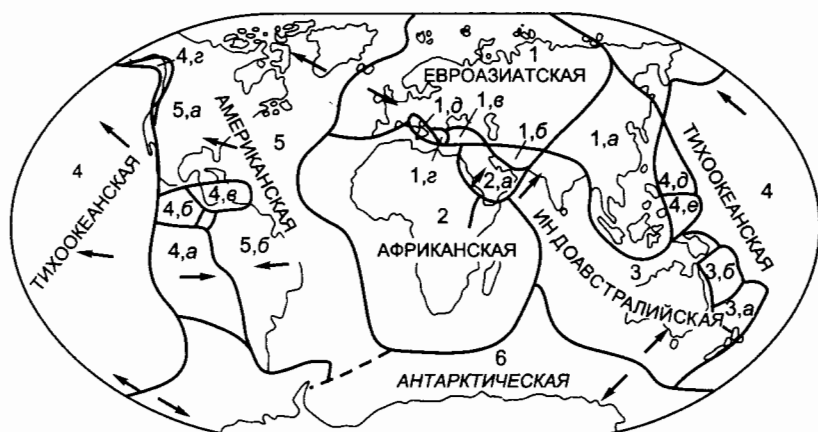


Рис. 4.4. Литосферные плиты (Монин, 1980)

дают в зону высокой температуры и давления (рис. 4.6), где происходит их перекристаллизация в *метаморфические породы* (гнейсы, сланцы, кварциты и др.). Образующиеся при этом жидкие и газообразные вещества возвращаются на поверхность Земли через трещины или во время извержения вулканов. Так происходит *круговорот веществ в литосфере*. В процессе него с поверхности литосферы удаляются новообразовавшиеся вещества, а из недр Земли продолжают поступать те же вещества, что и сотни миллионов лет назад. Получается, что *геохимический круговорот веществ в литосфере сам по себе важнейшее условие глобальной стабильности биосферы*.

Даже небольшие вариации в интенсивности тектонической активности оказываются весьма существенными для биоты. В зависимости от фазы вулканической активности на поверхность

Земли поступает больше или меньше твердых, жидких и газообразных веществ. При значительных извержениях вулканов в атмосферу выбрасывается так много газов и пепла, что на несколько лет уменьшается прозрачность воздуха и на большей части планеты меняется погода.

Биота реагирует на такие изменения перераспределением видов. Благодаря широкому разнообразию видов и условий обита-



70 млн лет до н.э.



250 млн лет до н.э.



0 млн лет до н.э.



150 млн лет до н.э.

ния на Земле, к которым они адаптированы, всегда есть возможность более приспособленным видам занять место тех, кто не выдержал изменившихся условий существования.

Эпохи горообразования, наступающие при возрастании тектонической активности, меняют лик планеты, что сказывается на направлении переноса воздушных и водных масс и на интенсивности образования осадочных пород. В зависимости от положения

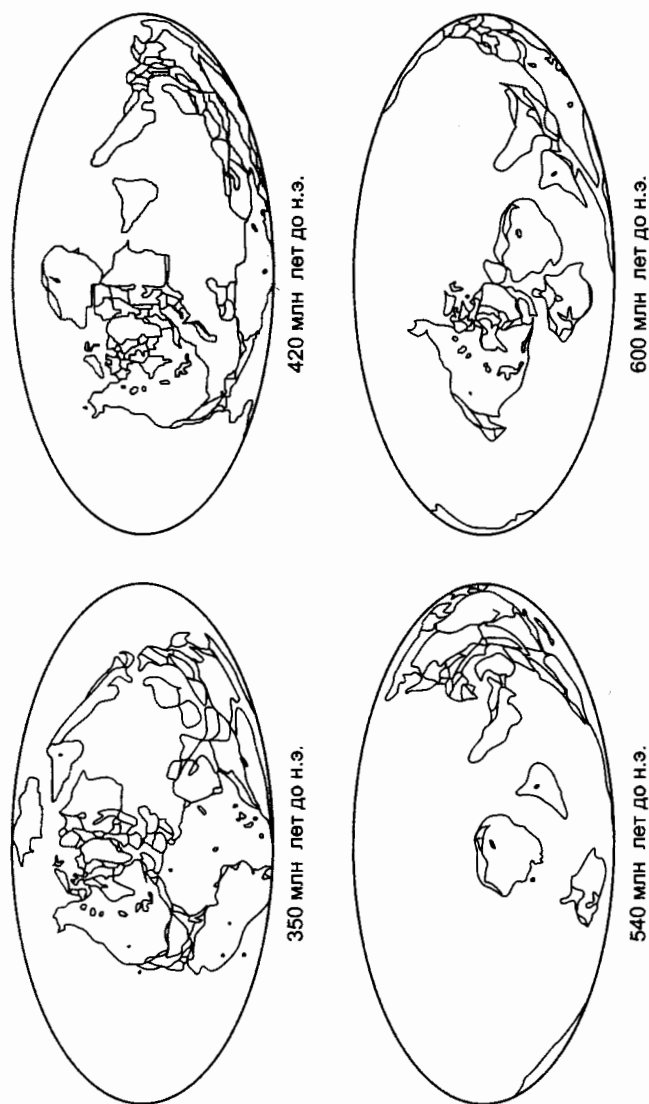


Рис. 4.5. Изменение положения континентов в разные исторические эпохи (Исмаил-Зале, 1998)

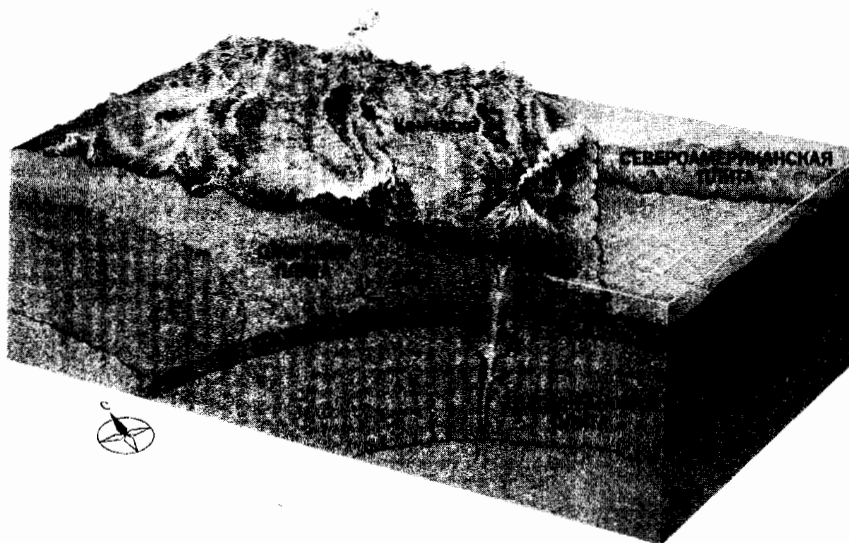


Рис. 4.6. Погружение литосферной плиты и горообразование в этом месте на примере Камчатки (GEO, 1998)

материков, расположенных на дрейфующих литосферных плитах, на них меняется климат и состав биоты. Расселение подавляющего большинства видов ограничивается географическими преградами, такими, как горные хребты и огромные водные пространства. По этой причине на отдаленных островах тысячелетиями сохраняется уникальная флора и фауна.

Таким образом, поверхность Земли не остается неизменной. Все время происходит перемещение слагающих ее твердых веществ, но скорости этих процессов намного меньше тех, что присущи биологическому круговороту веществ. Этим прежде всего определяется относительная стабильность среды обитания живого. Тем не менее сами *литосферные процессы в целом уравновешены: между литосферой и глубже расположенной астеносферой и нижней мантией существует сбалансированное взаимодействие*, так же как и между литосферой, гидросферой и атмосферой сохраняется достаточно стабильная система круговорота веществ.

Гидросфера

Гидросфера включает морские воды Мирового океана и поверхностные воды суши. Гидросфера находится в тесном взаимодействии с грунтовыми водами, насыщающими литосферу, и атмосфе-

рой, содержащей большое количество водяного пара, а также с ледниками, аккумулирующими воду в твердом виде.

Водная оболочка Земли образовывалась, как только температура поверхности стала ниже 100°C . Происхождение Мирового океана можно объяснить по крайней мере двумя альтернативными научными гипотезами. Согласно одной из них, Мировой океан образовался относительно быстро на одном из первых этапов развития планеты, когда температура на поверхности Земли стала ниже точки кипения. До этого атмосфера была насыщена парами воды, поступающими при дегазации мантии, а при понижении температуры произошла конденсация паров воды и образовался Мировой океан, в котором постепенно менялся состав растворенных ионов.

Согласно другой гипотезе, Мировой океан наполнялся постепенно за счет высвобождения воды из мантии в течение всей истории Земли и продолжает пополняться в настоящее время (примерно 1 км^3 в год). Процеживающаяся из недр Земли вода сразу несла в себе растворенные соли, как результат взаимодействия так называемых “кислых дымов” (HCl , HF , HBr , HI) с силикатами и извлечения из них щелочных и щелочно-земельных металлов (Na , Mg , Ca , Sr , K , Li). Из атмосферы в воду переходили прежде всего кислоты, а кроме того, диоксид углерода, аммиак, сера в чистом виде и в виде сероводорода. По ходу реакции происходила нейтрализация раствора. Поэтому, согласно данной гипотезе, морская вода с самого начала была соленой и нейтральной, а состав примесей фактически зависел от состава мантии (Монин, 1977).

Морская вода в современных океанах характеризуется постоянством солевого состава, в котором основную массу составляют ионы натрия, магния, калия, кальция, хлора, серы, а также содержатся взвешенные твердые частицы, растворенные газы, некоторые органические соединения. В состав морской воды входят 34 химических элемента, но преобладают хлориды (88,7%).

Пресные водоемы образовались в результате испарения воды с поверхности Мирового океана и последующего выпадения осадков на сушу. В пресной воде растворяются некоторые вещества, представленные на суше. Легче всего растворяются известняки, поэтому в пресных водах преобладают ионы кальция. Попадая в океан, пресные воды смешиваются, и карбонаты выпадают в осадок. Пресноводный сток ($42,8\text{ тыс. км}^3$ в год) настолько меньше объема Мирового океана ($1\,350\,000\text{ тыс. км}^3$), что не может оказать

существенное влияние растворенными в нем веществами на химический состав морской воды, тем более что большинство растворенных в пресной воде веществ затем трансформируется в осадок.

В воде в биосфере принадлежит выдающаяся роль: 1) ведущего участника в глобальных циклах вещества; 2) индикатора состояния экосистем; 3) самого употребляемого природного ресурса (Голубев, 1999).

Вода обладает уникальными *физико-химическими свойствами*, что выделяет ее среди других веществ. Вода остается жидкостью в температурном интервале, наиболее подходящем для углеродной формы жизни. Лед — твердая фаза воды — легче, чем жидкая фаза, так как наибольшей плотности вода достигает при охлаждении до 4 °С, а ниже этой температуры ее объем увеличивается. Из-за этого свойства водоемы редко промерзают до дна, так как покрывающий их лед предохраняет от быстрого промерзания. Если бы лед был тяжелее воды, то в результате зимнего охлаждения большинство водоемов успело бы полностью промерзнуть.

Вода обладает очень высокой теплоемкостью — самой высокой среди всех жидкостей, что создает условия для аккумуляции в воде огромных запасов энергии, которые расходуются при смене температурной обстановки. Вода нагревается и остывает медленно. Поэтому зимой в высоких широтах океаны и моря “обогревают” воздух, и климат в этих местах существенно мягче, чем в середине континента. В глобальном масштабе высокая теплоемкость воды способствует смягчению колебаний температуры на всей планете.

В силу особенностей строения молекулы H_2O вода оказывается очень хорошим растворителем. Из-за этого она в природных условиях практически никогда не бывает чистой, а содержит разнообразные примеси. Поэтому вода оказывается главным участником глобального круговорота веществ в биосфере, и от ее обращения зависит интенсивность переноса других химических веществ. Поскольку живые организмы состоят на 9/10 из воды, то и их роль в биосферных круговоротах веществ, таких, как углерод, азот, фосфор и сера, подчинена круговороту воды.

Благодаря огромной теплоемкости Мирового океана и его буферным свойствам, а также вследствие ряда физических особенностей воды *гидросфера играет исключительно важную роль в стабилизации условий существования на поверхности планеты*, что можно показать на примере глобального круговорота воды.

Круговорот воды

Круговорот веществ — это многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере или литосфере, в том числе в тех их слоях, которые входят в биосферу планеты.

“Вода — возникший природы” — так считал еще Леонардо да Винчи. За год в атмосферу поступает в виде пара, а затем возвращается с осадками на Землю примерно 108,4 тыс. км³ воды. Основной поставщик воды — это Мировой океан, но и суша вносит свой вклад (рис. 4.7). При испарении каждого грамма воды поглощается 660 кал. Зная величину суммарного испарения воды за год, легко посчитать, сколько энергии оказывается вовлечено в круговорот воды в биосфере. Эта колоссальная энергия “питает” воздушные потоки, переходит к циклонам и ураганам, выделяется

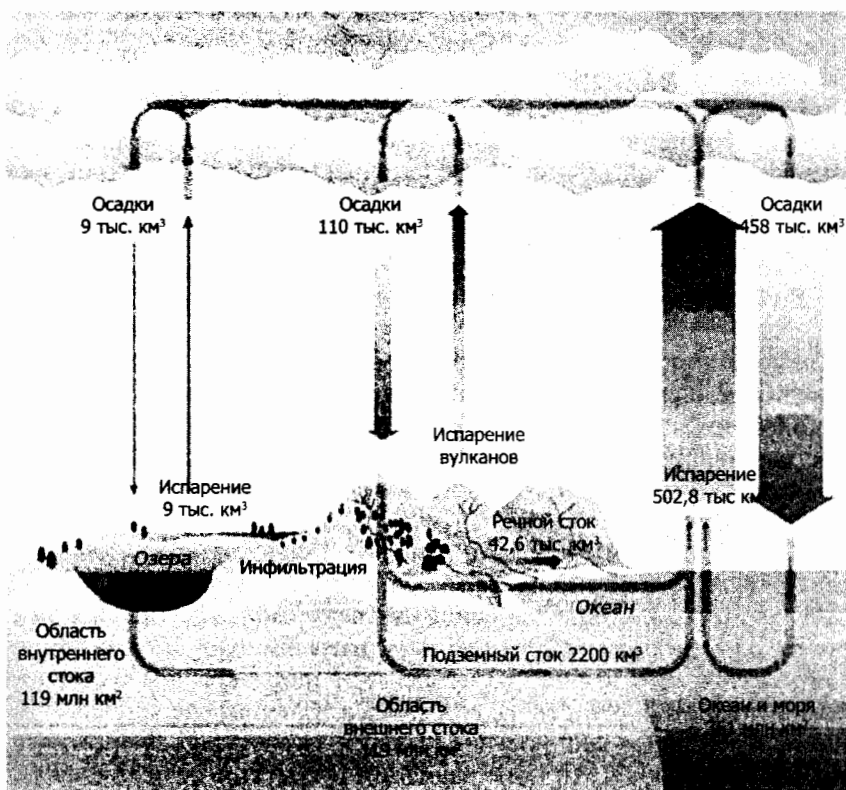


Рис. 4.7. Схема глобального круговорота воды в природе (<http://www.unep.org/vitalwater/05.htm>)

в других местах при выпадении осадков. Одновременно происходит перераспределение энергии по поверхности всей планеты (см. гл. 3).

Пары воды могут переноситься воздушными потоками на тысячи километров, прежде чем они превращаются в дождь, снег или град. Около 90% воды, испарившейся с поверхности Мирового океана, выпадает в него обратно — это *большой (или океанический) круговорот*, а 10% осадков выпадает над сушей, что называется *малым (или материковым) круговоротом*. Вода стекает в ручьи, реки, озера, просачивается через почву, пополняя грунтовые воды. Часть воды остается на суше в ледниках. Они играют большую роль в стабилизации стока, круглогодично питая истоки горных рек. С поверхности суши, озер и рек больше половины выпавшей воды снова испаряется, но затем вновь выпадает с осадками. Таким путем вода в конце концов попадает в Мировой океан. Общий годовой объем стока, по современным данным, составляет $42\,785\text{ км}^3$ в год (ЮНЕП, 2002).

При этом в воде растворяются и переносятся химические вещества, особенно с суши в Мировой океан. За год речной сток выносит примерно 28 млрд т твердых неорганических осадков, еще 3 млрд т растворенных минеральных веществ, и еще 1 млрд т органических веществ, что втрое больше количества веществ, поставляемых вулканами из недр Земли.

Во всех понижениях поверхности суши и в водоемах происходит накопление осадков, как минеральных, так и органических. Микроорганизмы, обитающие в порах твердого осадка и на поверхности частиц, активно участвуют в их трансформации по мере захоронения. Большой и малый круговороты воды объединяют все составляющие биосферы: атмосферу, гидросферу и литосферу, а также оказывают влияние на круговороты всех остальных веществ.

Присутствие паров воды в атмосфере способствует *парниковому эффекту*, проявляющемуся в задержке части тепловой энергии излучаемой планетой. Солнечное излучение почти беспрепятственно доходит до поверхности планеты, нагревая сушу и воды Мирового океана. В ответ на это происходит инфракрасное излучение самой планеты, которое задерживается в атмосфере многими газами. Круговорот воды осуществляется за счет двух энергетических источников: солнечной радиации и энергии недр (рис. 4.8).

В земной коре и мантии, по имеющимся расчетам, содержится около 30 млрд км^3 воды, что во много раз превышает объем Мирового океана. При этом общие запасы подземных вод в верхней

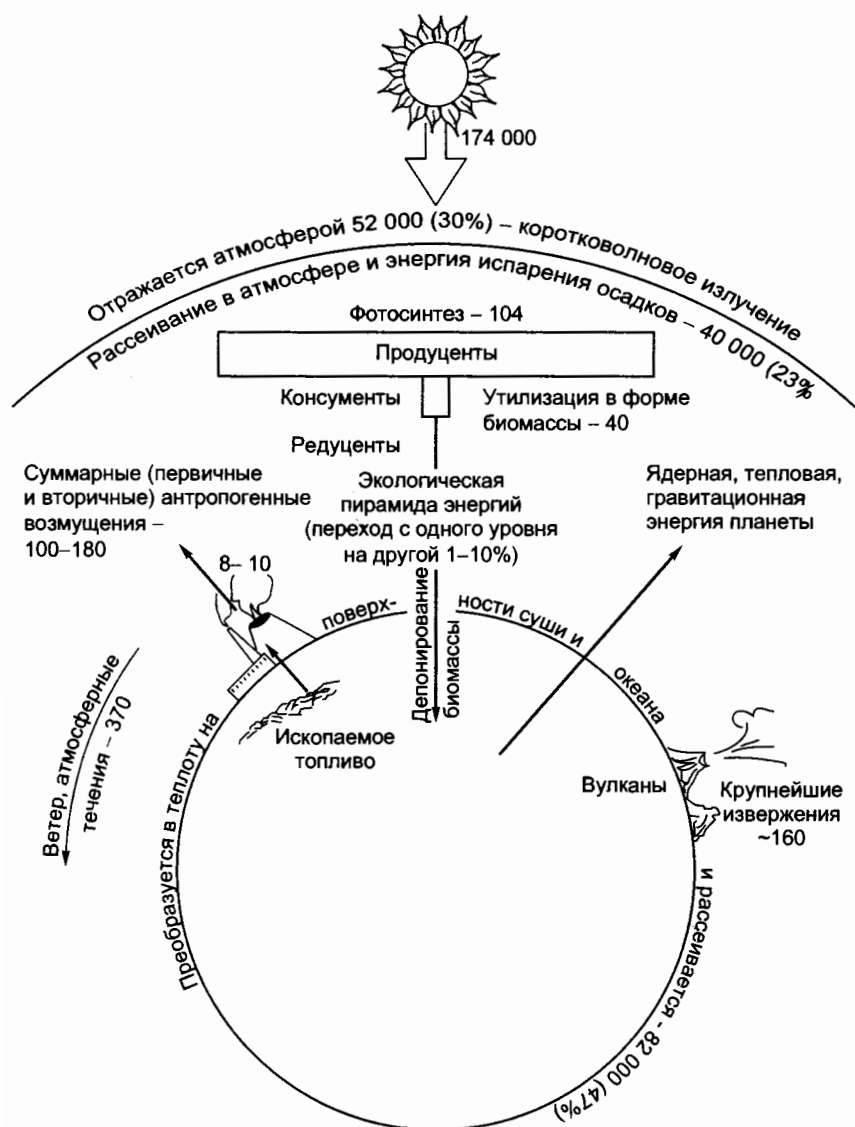


Рис. 4.8. Общий энергетический баланс Земли, миллиарды ватт (Реймерс, 1990)

части земной коры до глубины 200 м оцениваются в 23,4 млн км³. При дегазации мантии выделяется примерно 1 км³ воды в год (Клиге и др., 1998). Под землей вода содержится в виде почвенной влаги, в грунтовых водах, в более глубоко залегающих пластах,

где часто образуются высокоминерализованные растворы и, наконец, в химически связанной форме.

В недрах Земли происходит свой круговорот воды, связанный с тепловыми и химическими конвекциями. Часть воды образуется при метаморфизме (перекристаллизации) пород в верхней мантии. Одновременно некоторое количество воды связывается при образовании осадочных пород. На поверхность ювенильная вода, образующаяся в недрах Земли, поступает с вулканическими газами, а также через разломы в земной коре, незначительно пополняя имеющиеся запасы. Взаимодействие гидросферы с литосферой осуществляется медленно, на протяжении сотен миллионов лет, но и этого оказывается вполне достаточно, чтобы рассматривать их как единую систему. Мировой океан оказывается детищем литосферы, и его минеральный состав об этом свидетельствует со всей очевидностью.

Основной источник энергии — солнечная радиация приводит в движение круговорот воды на поверхности планеты. К верхней границе атмосферы поступает примерно 174×10^{15} Вт тепловой энергии. Из них 30% отражается атмосферой, а 23% рассеивается в атмосфере и затрачивается на испарение воды. Оставшиеся 47% поглощаются поверхностью суши и океана (рис. 4.9). Из 79 ккал/см² в год 66 ккал/см² тратится на испарение. Неравномерность прогрева поверхности Мирового океана на разных широтах обуславливает значительные различия в распределении энергии в океанах и атмосфере, которые в свою очередь порождают мощные перемещения водных и воздушных масс (см. рис. 3.5 и 3.7).

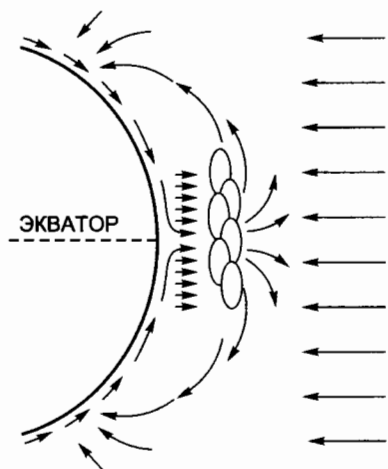


Рис. 4.9. Глобальное перемещение воздушных масс под влиянием солнечной энергии (Николайкин и др., 2000)

В Тихом, Атлантическом и Индийском океанах эти перемещения водных масс накладываются на гигантские круговые течения, образующиеся под действием вращения планеты (силы Кориолиса).

Перегретые воды тропической части океана поступают в высокие широты. Например, самое знаменитое теплое течение Гольфстрим формируется в Мексиканском заливе, а выходя из него на уровне

Флориды, представляет собой гигантскую “реку” шириной 30 км и глубиной 700 м, текущую со скоростью 2,5 м/с, т.е. как стремительный горный поток.

В то же время холодная вода вблизи берегов Антарктиды погружается по материковому склону и затем проследивается вблизи дна океанов в Южном полушарии почти до экватора. Эта холодная водная масса насыщена кислородом, в котором нуждаются обитатели глубоководья. Раньше полагали, что в глубинах Мирового океана нет никакого движения и обновления воды. Наделись даже, что там можно найти доисторических морских животных, которые на протяжении эволюции живого не испытывали изменений среды обитания. Оказалось, что и глубины океана находятся в динамическом взаимодействии с поверхностными водами, а при изменении климата меняется характер и интенсивность стока обогащенных кислородом холодных приполярных вод, что неизбежно сказывается на условиях обитания на дне океанов. Поверхностные и глубинные течения взаимосвязаны (см. рис. 3.8).

Атмосфера

Состав атмосферы претерпел за время существования планеты важные изменения (рис. 4.10). Первичная атмосфера, согласно некоторым представлениям о формировании планеты, соответствовала составу газов в том сгущении вещества, из которого она образовывалась, и поэтому в основном была водородной. Вторичная атмосфера Земли образовывалась из вулканических газов. В момент формирования Земли из протопланетного облака все элементы ее будущей атмосферы находились в связанном виде в составе твердых веществ: вода — в гидроокислах; азот — в нитридах и, возможно, в нитратах; кислород — в окислах металлов; углерод — в графитах, карбидах и карбонатах. При дальнейшем разогреве Земли

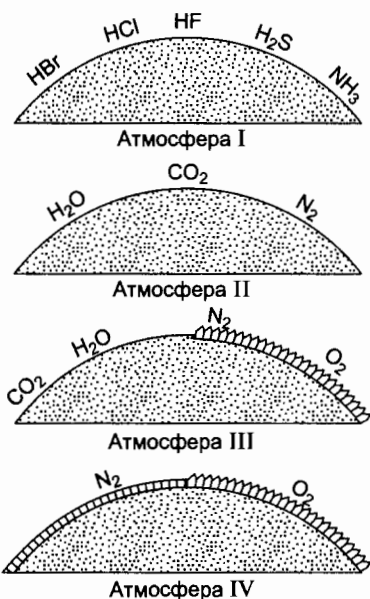


Рис. 4.10. Четыре этапа эволюции атмосферы Земли (www.meteor.iastate.edu/gccourse/chem/evol/images.html)

в период гравитационного сжатия при формировании ядра и за счет распада радиоактивных изотопов, продолжавшемся первые 0,5–1 млрд лет, на поверхность планеты вместе с магмой стали поступать вулканические газы, которые скорее всего состояли из паров воды и диоксида углерода (CO_2).

В современных вулканических газах на долю паров воды приходится примерно 75–80%, а уголекислоты — 15%. Остальные газы (CO , CH_4 , NH_3 , H_2S , SO_2 , HCl , HF , HBr , HJ , H , Ag и др.) представлены незначительными долями — в сумме не более 10% от общей массы вулканических газов. Почти весь водяной пар конденсировался, превращаясь в воду, в которой растворялись другие вулканические газы, а именно большая часть диоксида углерода, кислоты, сера и ее соединения, часть аммиака. В результате вторичная атмосфера должна была состоять в основном из паров воды с примесями CO_2 , CO , CH_4 , NH_3 , H_2S , кислых дымов и инертных газов. Сначала она была тонкой.

Дальнейшее изменение состава атмосферы ученые связывают с появлением жизни на Земле. Согласно косвенным фактам, следы деятельности фотосинтезирующих микроорганизмов обнаружены в самых древних горных породах Исуа в Гренландии, возраст которых составляет 3,8 млрд лет. Вначале кислород вырабатывался как побочный продукт жизнедеятельности примитивных анаэробных микроорганизмов. Он затрачивался на окисление атмосферных газов, а затем и пород коры. При этом аммиак (NH_3) окислялся до молекулярного азота (N_2), который постепенно накапливался в атмосфере. Метан (CH_4) и оксид углерода (CO) окислялись до CO_2 , и уголекислота в основном поглощалась водой. Сера (S) и сероводород (H_2S) окислялись до SO_2 и SO_3 . В результате диоксид углерода находился в равновесии с растворенным в океане, а почти инертный молекулярный азот постепенно накапливался в ней.

В течение 1,5–2 млрд лет весь свободный кислород уходил на окисление закисного железа, но примерно 2,2 млрд лет назад ситуация в корне изменилась (рис. 4.11). В это время в основном завершился процесс гравитационной дифференциации недр, большая часть железа перешла в ядро планеты и концентрация растворенного в морской воде закисного железа значительно снизилась. Освобождающийся кислород стал накапливаться в атмосфере, о чем свидетельствует смена в горных породах двухвалентного закисного железа (FeO), представленного железистыми кварцитами, на трехвалентное окисное (Fe_2O_3) в виде красноцветных пород (рис. 4.12). В результате атмосфера Земли стала азот-

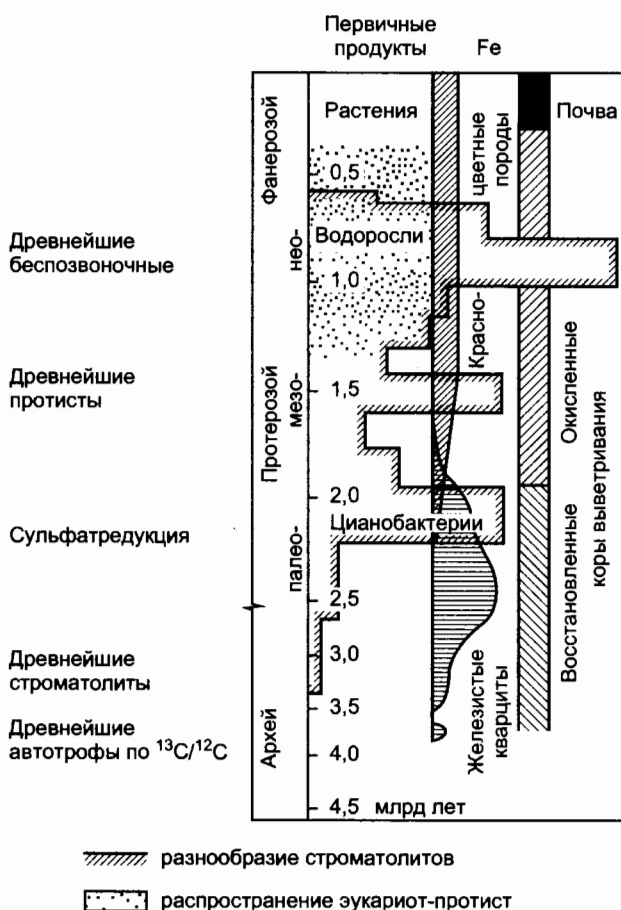


Рис. 4.11. Эволюция биосферы: сопоставление смен ведущих групп организмов с изменением состава пород и состоянием коры выветривания (Заварзин, 2001)

но-кислородной (табл. 4.4). Современная атмосфера состоит из 78% азота, 21% кислорода и менее чем 1% аргона. Углекислый газ, водород, гелий, неон и другие элементы присутствуют в еще меньших процентных долях. Пары воды также имеются в атмосфере, но их концентрация весьма переменчива, местами достигает до 5%. Водяные пары, диоксид углерода и другие газы, которые встречаются в атмосфере в очень малых концентрациях, могут существенно влиять на способность атмосферы задерживать тепло и поэтому называются *парниковыми газами*.

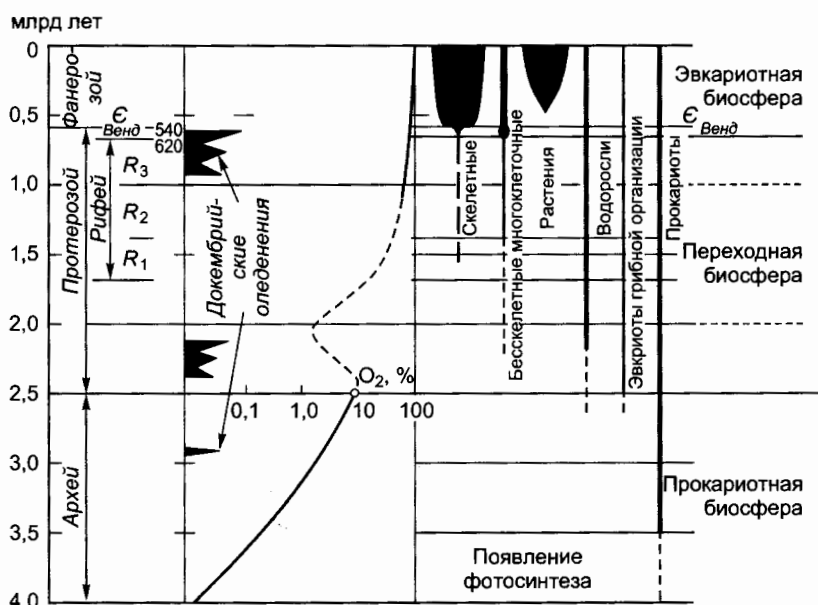


Рис. 4.12. Увеличение содержания кислорода в атмосфере Земли и хронологическая схема эволюции биосферы. Концентрация кислорода, % от современного уровня (Розанов, 2002)

Таблица 4.4

Газовый состав современной атмосферы Земли

Газ	Содержание в сухом воздухе, объем. %	Газ	Содержание в сухом воздухе, объем. %
Азот N_2	78,08	Гелий He	0,0005
Кислород O_2	20,95	Криптон Kr	0,0001
Аргон Ar	0,93	Водород H_2	0,00005
Углекислый газ CO_2	0,03	Ксенон X	0,000009
Неон Ne	0,0018		

Структура атмосферы. Газообразная оболочка Земли состоит из нескольких слоев, значительно отличающихся друг от друга по физическим параметрам: тропосферы, стратосферы, мезосферы, термосферы и экзосферы (см. рис. 3.2).

Тропосфера простирается от поверхности Земли до высоты 10–18 км (в зависимости от широты). Ее воздух находится в непре-

рывном движении и перемешивании. В тропосфере возникают и затухают циклоны, образуются облака, выпадают осадки, с высотой понижается температура до -55°C и уменьшается давление, $4/5$ атмосферного воздуха сосредоточена именно в этом слое не такой уж большой мощности. Тропосфера нагревается инфракрасным излучением земной поверхности.

Стратосфера находится над тропосферой до высоты 50 км. В нижний слой стратосферы тепла поступает столько же, сколько и излучается, поэтому ее температура до высоты 35 км остается неизменной, в пределах $-55\ldots-65^{\circ}\text{C}$, а выше постепенно увеличивается до 0° за счет реакции разложения озона, которая сопровождается выделением теплоты. На высотах 17–26 км располагается *озоновый слой* (O_3), задерживающий ультрафиолетовое излучение. Стратосфера отличается от тропосферы ничтожным содержанием водяного пара, сильными горизонтальными ветрами с малой турбулентностью и повышенным содержанием озона.

Мезосфера занимает пространство на высоте от 50 до 80 км, в котором температура понижается от -2 до -138°C .

Термосфера находится выше мезосферы от 90 до 500 км над поверхностью Земли. Выше 100–150 км состав атмосферы изменяется: количество тяжелых инертных газов резко падает, а молекулярный кислород заменяется атомарным. От высоты 280 км и выше преобладает атомарный кислород. В этом слое происходит поглощение рентгеновского излучения и коротковолновой части ультрафиолетового излучения и температура достигает 1000°C .

Выше 500 км атмосфера переходит в *экзосферу* и постепенно в межпланетное пространство. В ней с высоты 800 км преобладает гелий, а с 1600 км — водород. Экзосферу образно называют сферой “ускользания газов”. Молекулы здесь движутся с огромными скоростями, не сталкиваясь друг с другом, иногда улетая в межпланетное пространство.

Космические исследования показали, что еще до 20 тыс. км простирается так называемая *земная корона*, в которой на 1 см^3 приходится около 1000 частиц газа.

Снаружи от атмосферы Землю окружает *магнитосфера*, которая существует за счет магнитного поля Земли. Она имеет неправильную каплевидную форму, короткий радиус которой ориентирован к Солнцу и превышает радиус Земли в 8–14 раз, а длинный радиус направлен в противоположную от Солнца сторону и составляет несколько сотен радиусов Земли. В магнитосфере магнитное поле Земли взаимодействует с потоками заряженных космических частиц (с “солнечным ветром”), отклоняя

их от планеты, так что они обтекают вокруг пространство, занимаемое Землей.

Внешние оболочки атмосферы предохраняют планету от губительных излучений и сильных магнитных воздействий. Значительная часть космического излучения и частиц задерживается на различных уровнях атмосферы. В атмосфере сгорает, не достигая поверхности планеты, большинство твердых космических тел (метеоритов) небольших размеров. Атмосфера удерживает тепло и влагу. Перемещение воздушных масс, вызываемое неравномерностью прогрева воздуха и вращением Земли, вместе с океаническими течениями играет главную роль в стабилизации условий существования жизни на Земле.

"Живое вещество" биосферы

Пока человечество обладало примитивными знаниями о природе, единство живой и неживой (косной) материи казалось безусловным¹. Затем по мере накопления научных знаний такое наивное восприятие сменилось осознанием кардинальных различий в сложности организации между живыми организмами и окружающей их косной природой — как будто жизнь зародилась в ином мире, а на Земле оказалась случайно. И действительно, живая букашка устроена неизмеримо сложнее, чем вся неживая природа вокруг нее! В XIX в. Луи Пастер экспериментально доказал невозможность самозарождения жизни и провозгласил принцип "все живое из живого".

По мере того как научное познание набирало далее силу, все больше фактов указывало на единство живой и неживой материи. Живые организмы состоят из тех же атомов, что и вода, пыль и воздух вокруг нас. Они нуждаются в этих веществах и после смерти сами превращаются в минеральные соединения. Более того, все живое по химическому составу весьма однородно, т.е. бактерии, растения, животные — все построено из одних и тех же органических соединений². Потрясающая наше вооб-

¹ С древности бытовало мнение о самозарождении живых существ из земли в процессе гниения (III в. — философ Плотин). В XVII в. известный голландский ученый Я.Б. Ван-Гельмонт утверждал, что мыши получаются из пшеницы и грязного белья, и даже Ф. Бэкон, основоположник экспериментальной науки, писал о самозарождении мелких животных в гниющих субстратах. Даже в XX в. в нашей стране проводились исследования самозарождения жизни (Лепешинская, 1952).

² Этот принцип "биохимического единства" был впервые отмечен А. Клюевым в 1926 г.

ражение сложность и разнообразие строения и поведения живых организмов можно по степени усложнения расположить в непрерывный ряд. Проследивая происхождение жизни, биологи видят последовательный ряд усложнения организации: от микроорганизма, не обладающего всей полнотой клеточного строения, до человека, способного переживать, мыслить и познавать. В XIX в. стало ясно, что биологическое разнообразие возникло путем эволюции от простого к сложному, а теория естественного отбора смогла предложить убедительное объяснение подобного усложнения.

Однако само возникновение жизни оставалось загадкой. Ряд фактов указывал, что между организацией живых и неживых природных объектов слишком велико различие. Во-первых, по соотношению химических элементов в организмах биосфера отличается от литосферы, гидросферы и атмосферы (рис. 4.13); во-вторых, в неживой природе не образуются сложные молекулы, характерные для живых организмов; в-третьих, оказалось, что вне живого химические молекулы многих веществ находятся в смеси двух изомерных и зеркально-симметричных форм, тогда как в живом организме все аминокислоты левосимметричны, а нуклеиновые кислоты состоят только из правосимметричных сахаров. Это явление получило название "*хиральной чистоты*"¹.

В течение XX в. было установлено, что образованию сложных молекул в неживой природе мешает главным образом присутствие свободного кислорода в окружающей среде. А.И. Опарин (1894–1980) в 1924 г. первым сформулировал условия, при которых непроизвольный синтез сложных молекул может происходить и вне живого организма, а в 1959 г. С.Л. Миллер подтвердил это экспериментально. Используя электрические разряды, он осуществил в колбе с метаном, аммиаком, водородом и парами воды синтез аминокислот. Многочисленные геологические факты свидетельствуют о том, что на первых этапах эволюции нашей планеты свободный кислород не накапливался в атмосфере и гидросфере. В то же время в них доминировали в газообразной и растворенной формах простейшие соединения углерода, водорода, азота, из которых, собственно, и образуются сложные органические молекулы. В такой обстановке химический синтез сложных молекул

¹ Об этом писал еще В.И. Вернадский (Об условиях появления жизни на Земле // Изв. АН СССР. 1931. С. 633–653) со ссылкой на Луи Пастера, который первым обнаружил данное явление.

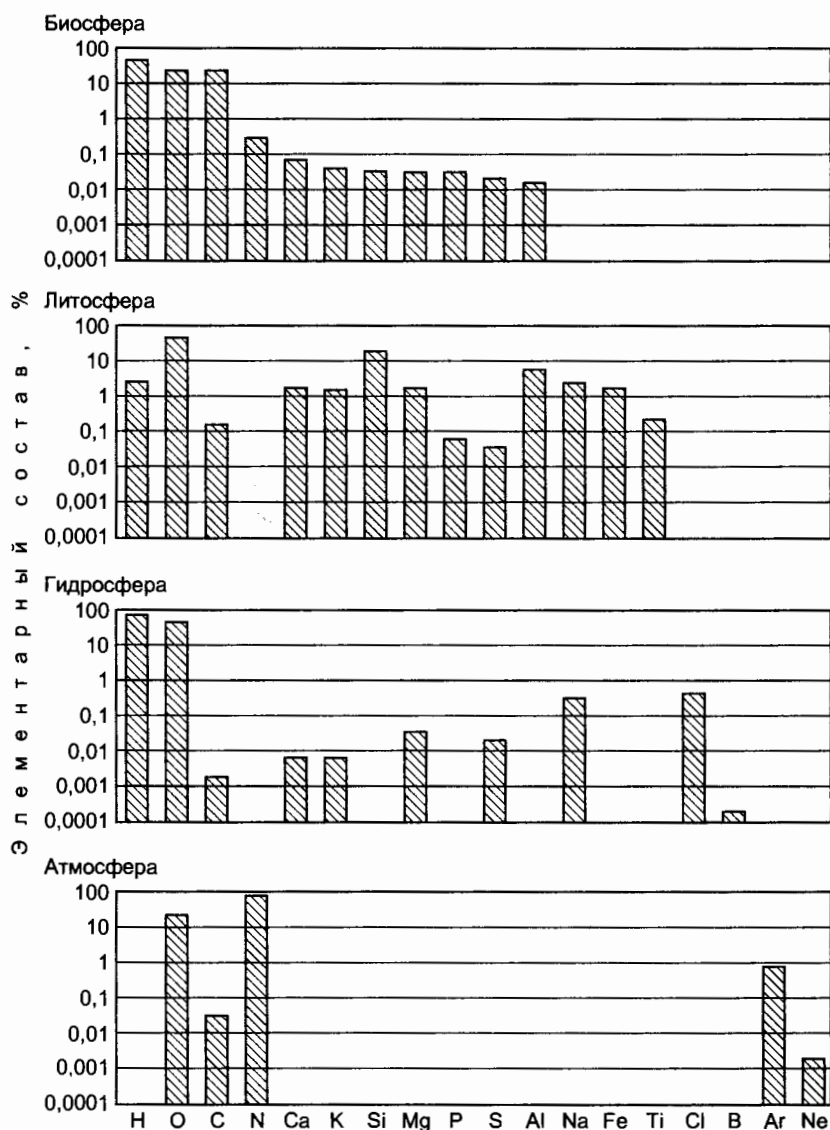


Рис. 4.13. Сравнение содержания химических элементов в биосфере, литосфере, гидросфере и атмосфере (Диви, 1972)

был вполне возможен, а последующее усложнение их строения можно объяснить на основе принципа естественного отбора наиболее соответствующих вариантов строения молекулярных комп-

лексов условиям среды¹. Что касается причин “хиральной чистоты” органических соединений, то в этом вопросе до сих пор нет достаточной ясности. Итак, по наиболее распространенным современным научным воззрениям жизнь как явление могла возникнуть в начальный период эволюции Земли, когда условия среды были для этого подходящими.

В физических особенностях строения атомов углерода, азота, фосфора и серы содержатся необходимые предпосылки для образования разнообразнейших сложных молекул при земных значениях температуры и давления. Основные отличия усложненных комплексов от простых соединений и химических реакций неорганического мира заключаются в активном поддержании и самовоспроизведении специфических структур организма за счет получаемой извне энергии.

Источником энергии на первом этапе формирования предшественников жизни (органических молекул вроде аминокислот) могло быть ультрафиолетовое излучение Солнца, а затем химическое окисление различных простых неорганических субстратов (H_2 , NH_4^+ , NO_2^- , H_2S , S^0 , $S_2O_3^{2-}$, Fe^{2+} и др.). До настоящего времени сохранились бактерии, которые живут в подобных анаэробных условиях: в горячих источниках, в толще литосферы, на разломах, по которым из земной коры сочится водород и диоксид углерода. На дне океана обнаружены удивительные гидротермальные экосистемы, включающие гигантских червей, двустворчатых моллюсков, крабов, креветок, которые в конечном счете все существуют за счет первичной продукции бактерий, усваивающих энергию и биогенные вещества из флюида — обогащенного вулканическими газами раствора, поступающего по трещинам из земных недр. По строению эти бактерии относятся к самым примитивным и древним из группы архей.

Простейшие микроорганизмы называются *прокариотами*. Это все бактерии, в том числе цианобактерии (синезеленые водоросли). Они не имеют оформленного клеточного ядра и многих оргanelл, характерных для более высокоорганизованных форм живого. Однако уже в бактериях представлены все главные особенности жизнедеятельности: питание, рост, размножение, движение. Судя по великому разнообразию бактерий, приспособившихся к обитанию практически во всех доступных условиях обитания, их роль в круговороте веществ в природе была с самого начала огромной.

¹ Подробнее см.: Камшилов, 1979; Руттен, 1973.

Поэтому можно уверенно полагать, что *биосфера возникла одновременно с прогрессивным усложнением материи и возникновением жизни*. Среди прокариот находятся такие, которые усваивают только простые неорганические вещества, и те, которые специализируются на потреблении органики и даже паразитических бактерий, обитающих внутри других прокариот. Еще В.И. Вернадский (1940) писал: "...среди миллионов видов нет ни одного, который мог бы исполнять один все геохимические функции жизни, существующие в биосфере изначально. Следовательно, изначально морфологический состав живой природы в биосфере должен быть сложным". К этому можно добавить высказывание Клода Бернара (1878): "Жизнь может быть только там, где есть вместе и синтез, и органическое разрушение".

Прокариоты освоили все возможные среды обитания. Среди них есть специализирующиеся на переработке метана, углеводов (например, нефть), всевозможные минералы. Они оказались способными обитать при предельных для живого температурах (от -18 до $+104$ °C), солености (от дистиллята до насыщенного солевого раствора), кислотности (рН от 0 до 13). После того как появились инструментальные методы изучения микроструктуры прокариот, выяснилось, что строение их организма поразительно разнообразно. Этому соответствует и многообразие биохимических способов обеспечения жизнедеятельности.

В неподходящих для жизнедеятельности условиях или при недостатке пищевых ресурсов прокариоты переходят в покоящиеся формы (споры), в которых могут находиться не только годами, но и в течение сотен и даже многих тысяч лет. В последнее время удалось выделить в жизнеспособном состоянии бактерии из промерзших грунтов зоны вечной мерзлоты, возраст которых превышал 2 млн лет. Такая способность подолгу пережить в неактивном состоянии неблагоприятные для жизнедеятельности периоды известна и для ряда растений, низших беспозвоночных. Однако у прокариот она развита тотально, причем по эффективности "заconservирования" на длительный срок с ними мало кто может сравниться.

Все эти факты означают, что мир прокариот, несмотря на относительную простоту строения их организма, был разнообразным и многофункциональным, полностью соответствующим критериям полноценной биосферы. Исключительно *прокариотная биосфера* продолжалась не менее 2 млрд лет. В горных породах геологи находят свидетельства мощного воздействия живого на косную природу.

Среди прокариот были и фотосинтезирующие, т.е. использовавшие энергию света для построения сложных молекул и энергетического обеспечения всего обмена веществ в организме. Считается, что синтез сложных молекул на самом первом этапе происхождения жизни мог идти за счет энергии ультрафиолетового излучения. Особые фоторецепторные молекулы, находящиеся в составе хлоропластов, поглощают кванты падающего солнечного света, которые используются в качестве энергетического ресурса построения молекул внутри организма бактерии. Предполагается, что вначале фотосинтез шел без выделения свободного кислорода. Однако в великом разнообразии бактерий нашлись и такие, у которых в качестве донора электрона использовалась вода, а в качестве акцептора — диоксид углерода. В результате этого при фотосинтезе из воды и диоксида углерода образовывались простые органические молекулы с выделением свободного кислорода как побочного продукта реакции. Атомарный кислород — сильный окислитель и поэтому ядовит для организма. Часть кислорода связывается в других биохимических процессах, а избыток выводится из организма.

Долгое время свободный кислород весь уходил на окисление неорганического субстрата, и в первую очередь закисного железа (см. выше). 2,2 млрд лет назад ситуация изменилась в связи с завершением дифференцировки ядра планеты и снижением растворенного закисного железа. Кислород стал накапливаться в атмосфере, что неизбежно сказалось на всей прокариотной биосфере, большая часть обитателей которой не была приспособлена к жизни в окислительной среде. Разнообразие прокариот стало снижаться.

С этого времени, по образному выражению Г.А. Заварзина (2001), биосфера как бы “вывернулась наизнанку” — она превратилась в кислородную с немногочисленными бескислородными карманами, где нашли убежище анаэробные микроорганизмы. Накопление кислорода привело к росту концентрации озона, связанного с молекулярным кислородом динамическим равновесием. В свою очередь кислород с озоном стали эффективным фильтром на пути ультрафиолетового излучения, жесткая составляющая которого перестала достигать поверхности Земли. Тем самым создались предпосылки для распространения живых организмов на суше. Это произошло 2 млрд лет назад.

Появление живых организмов, потребляющих “пищевые” ресурсы с неограниченно возрастающей скоростью благодаря возможности размножения, должно было подорвать сам источник

абиогенного синтеза сложных молекул, так как концентрация необходимых для этих процессов веществ неизбежно снизилась. Накопление свободного кислорода в окружающей среде в свою очередь подорвало энергетическую базу самопроизвольных химических реакций синтеза сложных молекул. Так, живое “оторвалось” от неживого в том смысле, что органические вещества могли быть синтезированы теперь только внутри самих организмов благодаря ферментативному катализу. В этом проявился один из главных законов природы, когда развитие системы изменяет условия, ее породившие, и тем самым способствует ходу дальнейших изменений.

Последующее развитие биосферы пошло по пути совершенствования более сложно организованных *эукариот* (с клеточным ядром и рядом органелл), затем появления многоклеточных организмов, далее освоения новых сред обитания (в первую очередь суши) и, наконец, появления вида, способного мыслить, познавать и создавать новые формы воздействия на природу. С момента возникновения на Земле живое претерпело длительное развитие, по мере которого появлялись все новые типы и классы, возрастало разнообразие строения организмов, а вся их совокупность полностью вписалась в условия существования и сама стала мощной силой, способствующей усложнению и стабилизации среды обитания.

Для обозначения всей совокупности живых организмов используют несколько терминов. В.И. Вернадский ввел в употребление понятие “*живое вещество*”, под которым понимается совокупность тел живых организмов, населяющих Землю, вне зависимости от их систематического положения. В последнее время в том же смысле используют термин “*биострома*”. Применительно к отдельной территории для обозначения совокупности живых организмов, ее населяющих, употребляют термин “*биота*”.

Некоторые важнейшие составляющие биосферы, такие, как *почвенный слой*, не смогли бы возникнуть без активного участия живых организмов. Микроорганизмы перерабатывают останки растений и животных, извлекая из них необходимые для своей жизнедеятельности вещества и энергию. Органическое вещество при этом распадается на более простые молекулы, которые в конце концов оказываются биогенными солями, потребляемыми растениями. Этот процесс называется минерализацией органических веществ. Сами микроорганизмы вместе с органическими веществами на всех стадиях их редукции насыщают верхний слой грунта, химический состав которого значительно изменяется под влиянием выделяемых микроорганизмами веществ. Почвенные (или плесневые) грибы пронизывают нитевидными колониями все пространство между почвенными частицами. Почвенные беспозвоночные вместе с корнями растений также вносят значительный вклад в формирование почвы. Дождевые черви, многоножки, личинки насекомых питаются опавшими листьями, измельчая их. Еще более мелкие беспозвоночные, такие, как почвенные круглые черви (нематоды), перерабатывают прошедшую

через кишечник органику, остающуюся в почве в виде фекальных пеллетов. Совместная деятельность разнообразной почвенной фауны и флоры ускоряет последующую переработку микроорганизмами продуктов разложения опада. Высокомолекулярные органические вещества откладываются в почве в виде гуминовых кислот, которые со временем разлагаются на соединения, используемые растениями для питания. Наличие гумуса определяет плодородие почвы. Из корней растений в почву выделяются растворенные продукты жизнедеятельности, которые частично вступают в химические реакции, а частично потребляются микроорганизмами. В почве вблизи корней некоторых растений имеются азотфиксирующие микроорганизмы, которые обладают уникальной способностью переводить атмосферный азот в легко усвояемые организмами формы.

Почвообразование зависит не только от биоты, но и от особенностей климата и рельефа, однако без активной деятельности живых организмов по переработке мертвого органического вещества основная биосферная функция почв — перевод на суше органических веществ в минерализованные — оказалась бы неосуществимой. В водной среде редукция мертвого органического вещества в простейшие минеральные соли происходит при участии микроорганизмов и беспозвоночных во всей толще воды и в поверхностном слое осадка. Поэтому в водных экосистемах почвы как таковой нет.

Редукция органического вещества до минеральных солей, снова используемых в жизнедеятельности, снижает зависимость биоты от ограниченных минеральных ресурсов, доступных в среде ее обитания. Поэтому круговорот основных биогенных веществ (вода, кислород, соединения углерода, азота, фосфора) стал главной причиной процветания жизни и многократной интенсификации жизненных процессов на Земле, а биосферу можно представить в виде гигантской глобальной экосистемы, объединенной круговоротом веществ.

Эволюция биосферы и саморегуляция ее устойчивости

По мере усложнения биологического мира и все большего совершенствования круговорота жизненно важных веществ должна была возрастать устойчивость биосферы. В лабораторных условиях можно смоделировать примитивную биосферу, поместив в колбу раствор питательных веществ и микроорганизмы, питающиеся именно этими веществами. После короткого всплеска размножения микроорганизмов наступит неизбежное истощение раствора, так как любое количество пищи будет в самые сжатые сроки исчерпано. Культура микроорганизмов исчезнет. Вернее, в самом растворе останутся споры, в которых все процессы жизнедеятельности почти приостановлены. Если видоизменить опыт и постоянно приливать питательный раствор в колбу, то установится равновесие между количеством поступающей пищи и концентрацией микроорганизмов. Так, видимо, и было в примитивной биосфере, в которой количество прокариот должно было строго соответствовать скорости поступления питательных веществ, например вулканических газов.

Надо еще учесть, что в процессе жизнедеятельности обязательно вырабатываются отходы, непригодные и даже ядовитые для самого организма. Эти отходы в замкнутой среде накапливаются пропорционально численности сообщества и времени его существования. Именно отходы, а не дефицит питательных ресурсов могут в конце концов привести к вырождению сообщества, сделать условия существования совершенно непригодными для населяющих его организмов. Если среда обитания не замкнута и существует вынос отходов, например, течениями или в результате связывания их какими-то химическими реакциями в твердые нерастворимые соединения, то тогда срок благополучного существования сообщества продлится. По накопленным в древних геологических формациях остаткам органических веществ, не переработанных живыми организмами, можно считать, что в начале эволюции биосферы был длительный период, когда отходы жизнедеятельности просто выводились из окружающей среды, захоранивались на дне водоемов. Так образовались огромные месторождения нефти, которыми мы сейчас пользуемся. В таких условиях “проточного” функционирования биосферы любые сбои или флуктуации в поступлении питательных веществ и выводе из обращения отходов жизнедеятельности обязательно приводят к сокращению численности сообщества, угрожая его существованию.

Иное дело, если в самом сообществе имеются виды, специализирующиеся на утилизации (потреблении) отходов жизнедеятельности “первичных продуцентов”, живущих только за счет простых неорганических веществ, тогда концентрация ядовитых отходов снижается и все сообщество становится более стабильным. Еще лучше, если имеется несколько групп *редуцентов*, каждая из которых специализируется на потреблении отходов предыдущей. Тогда эта “фабрика переработки отходов” доводит их до самых простых соединений, аналогичных тем природным неорганическим веществам, которые потребляются “первичными продуцентами”. Круг замыкается: одно и то же вещество при наличии энергии может многократно использоваться в такой системе. В биосфере формируется замкнутый цикл обращения химических соединений — круговорот веществ, возвращающий потребленные и преобразованные жизнедеятельностью вещества в первоначальное состояние. При таком условии источник пищевых ресурсов никогда не иссякает, причем в зависимости от скорости оборота им могут питаться большее или меньшее число организмов.

Получается, что при увеличении согласованности экологической специализации видов возрастает устойчивость всего сооб-

щества — биосферы. Есть все основания полагать, что *прокариотная* биосфера была достаточно устойчивой. В противном случае жизнь не сохранилась бы на Земле в течение всей истории ее существования и не достигла бы такого совершенства. Благодаря возрастающему разнообразию специализации среди прокариот появились и те, что использовали в качестве пищи органические соединения, выработанные другими прокариотами. Следовательно, можно не сомневаться, что уже в прокариотной биосфере была вполне совершенная система круговорота вещества в природе с активным участием бактерий. Более того, и в наше время роль микроорганизмов в круговороте веществ оказывается определяющей.

Однако уравниловка и совершенство круговорота веществ не означает постоянства экологических отношений и состава участников в биосфере. Конкуренция за жизненно важные ресурсы порождает биологическую эволюцию, в процессе которой появляются все новые варианты устройства и функционирования живых существ. Сами прокариоты весьма разнообразны как по строению, так и по функционированию. Среди различных способов получения энергии для обеспечения процессов жизнедеятельности один оказался связанным с использованием солнечного света. В фотосинтезирующих прокариотах имеется несколько способов получения квантов энергии, для чего выработались специальные фоторецепторные молекулы — хлорофиллы, каротиноиды (Гусев, Минеева, 1992).

Фотосинтез давал, по крайней мере, два преимущества. Во-первых, источник солнечной энергии не иссякал, во-вторых, “разрядка” на хлоропласты солнечного излучения позволяла защититься от его жесткого воздействия на одноклеточный организм. Но при использовании воды в качестве акцептора электрона фотосинтез приводил к образованию кислорода — сильного окислителя и потому яда для организма. Последующее приспособление к этому позволило нейтрализовать вредное воздействие кислорода, использовав его для дыхания, что оказалось примерно в 10 раз эффективнее более древнего способа получения энергии путем брожения.

По мере того как в атмосфере накапливалось все больше кислорода, аэробные микроорганизмы получали больше преимуществ по сравнению с анаэробными, живущими вне кислородной среды. Когда концентрация кислорода в атмосфере достигла 1% от современного уровня, брожение стало неэффективным. Это произошло примерно 2 млрд лет назад (см. рис. 4.12). Естественно, что наступившее изменение в окружающей среде привело к

кардинальной перестройке биосферы, во время которой должны были наладиться новые экологические отношения и круговороты веществ.

Не менее значимая перестройка произошла примерно в тот же период (1,7–1,9 млрд лет назад), когда среди прокариот возник новый тип строения клетки с внутриклеточным ядром и подвижной цитоплазмой — появились эукариоты. Считается, что такая организация появилась в результате симбиоза разных прокариот. Прошло около 1 млрд лет, прежде чем наступил новый эволюционный скачок — эукариоты дали начало протистам, растениям и грибам.

Эукариоты отличаются от прокариот также наличием особых белков — актина и миозина, которые могут сжиматься, из-за чего форма клетки стала изменчивой. Появилось амебоидное движение, стали образовываться временные выпячивания — псевдоподии, которыми клетка могла захватить другой объект и проглотить его. В результате возникли настоящие хищники, питающиеся другими живыми существами, заглатывая их и переваривая органическое вещество (Малахов, 2004).

С этого времени “мирная” биосфера прокариот кардинально изменилась. Численность первичных продуцентов теперь определялась не только наличием пищевых и других ресурсов в окружающей среде, но и интенсивностью их выедания хищниками. Чем богаче среда пищевыми ресурсами, тем выше концентрация продуцентов и тем быстрее возрастает численность хищников, которые не дают продуцентам слишком размножиться. Устанавливается динамическое равновесие между численностями жертвы и хищника. Это вариант типичной *саморегуляции системы по типу обратной связи*, хорошо известный из кибернетики.

По палеонтологическим находкам время возникновения хищников знаменуется появлением среди продуцентов сразу двух защитных приспособлений. Возрастают размеры тела у некоторых видов прокариот и появляются различные защитные приспособления на поверхности тела вроде шипов (Бурзин, 1997). Началось “соревнование” в размерах тела, которое привело к появлению **многоклеточных организмов**. Взаимоотношения “хищник–жертва” стали выстраиваться в несколько ярусов, что увеличило эффективность самоорганизации, хотя в основе круговорота веществ по-прежнему оставались продуценты и редуценты.

По мере дальнейшего увеличения концентрации в атмосфере кислорода и снижения диоксида углерода возникли предпосылки для образования минерального скелета. С этого времени в осадочных породах сохранилось множество скелетных остатков разнообразной фауны (примерно 500–600 млн лет назад). Наличие

скелета способствовало не только защите, но и дальнейшему увеличению размеров тела. После того как концентрация кислорода в атмосфере достигла 10% от современного уровня (примерно 2,5 млрд лет назад, см. рис. 4.12), мощность озонового экрана увеличилась настолько, что появилась возможность освоения живыми организмами суши. Это оказалось особенно благоприятным для растений, так как минеральные ресурсы и свет на суше стали для них доступнее, чем в воде. В течение долгого периода (примерно 2 млрд лет) сушу осваивали цианобактерии. Животные вслед за продуцентами стали осваивать новую среду обитания, примерно 500 млн лет назад, а еще через 50–100 млн лет появились сосудистые растения. Начался следующий этап эволюции биосферы, в течение которого сформировался тот богатый мир с большим разнообразием высших растений, позвоночных животных и насекомых, который нас окружает.

С появлением растений на суше кислород стал накапливаться в атмосфере еще быстрее, а концентрация диоксида углерода постепенно снизилась настолько, что CO_2 начал лимитировать суммарную биомассу биосферы. Многоярусная самоорганизация живого покрова Земли позволила повысить эффективность круговорота основных биологически важных веществ в природе, снизив потери материала. Особенно ярко это проявляется в тропических широтах, где наземные и водные сообщества достигают наивысшей сложности организации, при которой все произведенное органическое вещество не выходит из круговорота. Биосферная система теперь достигла такого совершенства, что практически перестала зависеть от поступления из недр Земли минеральных веществ, необходимых для синтеза органических соединений. Достигнутая в процессе длительной эволюции относительная замкнутость биосферы на собственные ресурсы способствовала развитию таких форм жизни, у которых отсутствуют защитные стадии продолжительного переживания неблагоприятных условий, такие, как цисты, споры и семена. Весь подтип позвоночных животных исчезнет с лица Земли, если абиотические условия среды отклонятся от нормы на несколько лет. Большинство растений не сможет восстановиться из погребенного в почве запаса семян, если подобная катастрофа продлится несколько сотен лет.

Однако основа биосферы — прокариоты и простейшие эукариоты способны выдержать значительно больший срок, в течение которого они сохраняются в инцистированном виде, под защитой специальных оболочек и при почти полной остановке процессов жизнедеятельности.

Гомеостатические свойства биосферы

Гомеостаз — это способность биологических систем противостоять изменениям и сохранять динамическое относительное постоянство состава и свойств. Наиболее яркий пример гомеостатических регуляций — это функционирование организма высших животных, где даже температура тела поддерживается на постоянном уровне вне зависимости от колебаний в широких пределах температуры окружающей среды.

Гомеостатические свойства биосферы проявляются более всего в ее стабильности. Так, Н.В. Тимофеев-Ресовский (1900–1981) писал: “...биосфера обладает значительной степенью стабильности. Если исключить аварии как общеприродные, так и связанные с деятельностью людей, нельзя не поражаться удивительной стабильности этих сложных комплексов жизни в различных участках биосферы... Вторая особенность биосферы — ее мозаичность. Как вид в известной степени разбит на дискретные единицы популяции, так и биосфера в известной мере разбита на дискретные регионы, внешне отличающиеся по типу населяющих эти регионы сообществ” (Тимофеев-Ресовский, 1970). Оба свойства — стабильность и мозаичность (или множественность структур) — оказываются взаимосвязанными в сложных системах, каковой является и биосфера.

Гомеостатический эффект саморегуляции достигается в биосфере, по крайней мере, тремя главными способами:

- 1) дублированием всех процессов на всех системных уровнях (клетки, организмы, популяции, виды);
- 2) наличием в биосфере множества обратных связей;
- 3) дублированием потоков вещества и энергии.

В основе стабильности сложных природных систем лежит *дублирование и параллелизм процессов*. Эта особенность функционирования проявляется на всех уровнях организации живой природы от молекулярного до биосферного. В клетке практически все структуры продублированы, даже генетическая информация сохраняется в двух близких копиях. Еще большее дублирование достигается при формировании организма из множества клеток. Также и вид представлен множеством популяций, а каждая популяция — множеством особей. В экосистеме все главные “роли” продублированы несколькими видами. Например, в лесу каждый ярус — верхний древесный, средний кустарниковый и нижний травяной — представлен множеством взаимозаменяемых видов.

Функционирование параллельных структур происходит практически независимо друг от друга. Только в клетке и в организме высших животных подсистемы зависят от централизованной регуляции. Поэтому здесь возможны фатальные сбои, связанные с ошибкой или повреждением управляющего органа. В клетке такое возможно при повреждении генома, а в организме — при отказе сердца или мозга. Однако ни от отдельной клетки, ни от организма не зависит стабильность функционирования экосистем и круговоротов веществ в биосфере, где все составляющие не подчинены централизованной регуляции.

Множественность и взаимозаменяемость в пределах каждой структуры сочетаются наличием *саморегуляций по типу обратных связей*. В гл. 5 (см. рис. 5.6) приведен пример взаимной количественной зависимости между хищниками и их добычей. Их численности колеблются, оставаясь постоянными в некоторых пределах. Если хищников становится слишком много, то их пищевая база истощается и наоборот. Точно так же происходит постоянная саморегуляция по типу отрицательной обратной связи в любом растворе, где устанавливается динамическое равновесие между химическими реакциями.

Более сложный пример: чем быстрее используются пищевые ресурсы экосистемы, тем быстрее они истощаются, и тогда быстрорастущие виды, потребляющим слишком много пищи, сменяются медленно растущими, которые существовали в той же экосистеме, но ранее не доминировали. В результате истощение жизненно важного ресурса затормаживается, а иногда и вовсе прекращается, если его потребление сравнивается со скоростью восстановления. На биосферном уровне система обратных связей позволяет использовать запасы диоксида углерода, азота и фосфора со скоростью, весьма точно соответствующей их возобновлению.

Подобные факты послужили поводом для утверждения, что планета Земля сама создает оптимальные для существования живого условия существования и в этом смысле проявляет черты целостного организма. Эта концепция была сформулирована Дж. Лавлоком в 1970-х годах (Lovelock, Margulis, 1974; Lovelock, 1979) под названием “гипотеза Геи” (по имени греческой богини Земли). На самом деле высокая устойчивость биосферы стала возможной благодаря нецентрализованной системе саморегуляции, в которой нет места “управляющему”.

Основная идея Дж. Лавлока стала руководящей в “теории биотической регуляции биосферы” В.Г. Горшкова (1995), в которой

на основе расчета баланса основных составляющих круговорота веществ в природе делается вывод об исключительной роли биотических процессов в создании и поддержании оптимальных для жизни условий на планете.

Его выводы основаны на следующих расчетах. В естественных экосистемах 99% всей первичной продукции потребляют низшие организмы и лишь 1% приходится на долю позвоночных, к которым относится и человек. На этом основано равновесие круговорота углерода в природе, с которым связано равновесие и по ряду других химических элементов неорганического происхождения. Равновесие между связыванием и освобождением углерода поддерживалось на Земле с большой точностью. Экспансия человечества и сокращение естественных экосистем приводят к разбалансировке углеродного цикла, а вслед за ним и снижению стабильности концентрации ряда других химических веществ. Одним из первых признаков этого процесса может быть изменение климата вследствие парникового эффекта (Горшков и др., 1994; Арский и др., 1997).

Большое внимание, которое было оказано в науке биосферным процессам после В.И. Вернадского, и безусловная важность биосферной саморегуляции круговорота веществ не должны стать причиной недооценки важной роли абиотических процессов, лежащих в основе высокой стабильности среды обитания живого. Особенности положения Земли в Солнечной системе, наличие на ней гидросферы и атмосферы, защищающих от разрушительных космических излучений, взаимодействие которых между собой обеспечивает перераспределение энергии по поверхности планеты; а также другие многочисленные особенности неживой природы играют не меньшую, а большую роль в обеспечении фундаментальной устойчивости биосферы. На этой основе стало возможным дальнейшее совершенствование механизмов саморегуляции, которое произошло эволюционным путем за счет высокой скорости и взаимосвязанности биологических процессов.

Круговорот углерода

Атомы углерода составляют основу органических молекул. Благодаря четырем валентностям углерод образует разнообразные соединения. Если для всех других химических элементов известно не более 100 тыс. соединений, то с углеродом образуется более 1 млн соединений. В основном это молекулы органического происхождения. За счет атомов углерода формируется остов линей-

ной молекулы, которая может достигать невероятной длины. По своему происхождению углерод относится к наиболее “древней” группе химических элементов вместе с водородом и гелием.

Доступный для биосферы углерод (рис. 4.14) главным образом содержится в связанном виде в осадочных породах (20×10^{15} т С). Весь этот углерод накоплен, по-видимому, за всю историю Земли.

Второй по значению резервуар углерода — это Мировой океан, в котором в растворенном виде присутствует примерно в 500 раз меньше углерода (40×10^{12} т), чем в литосфере. Почти весь он находится ниже фотического слоя (200 м), а значит, почти не

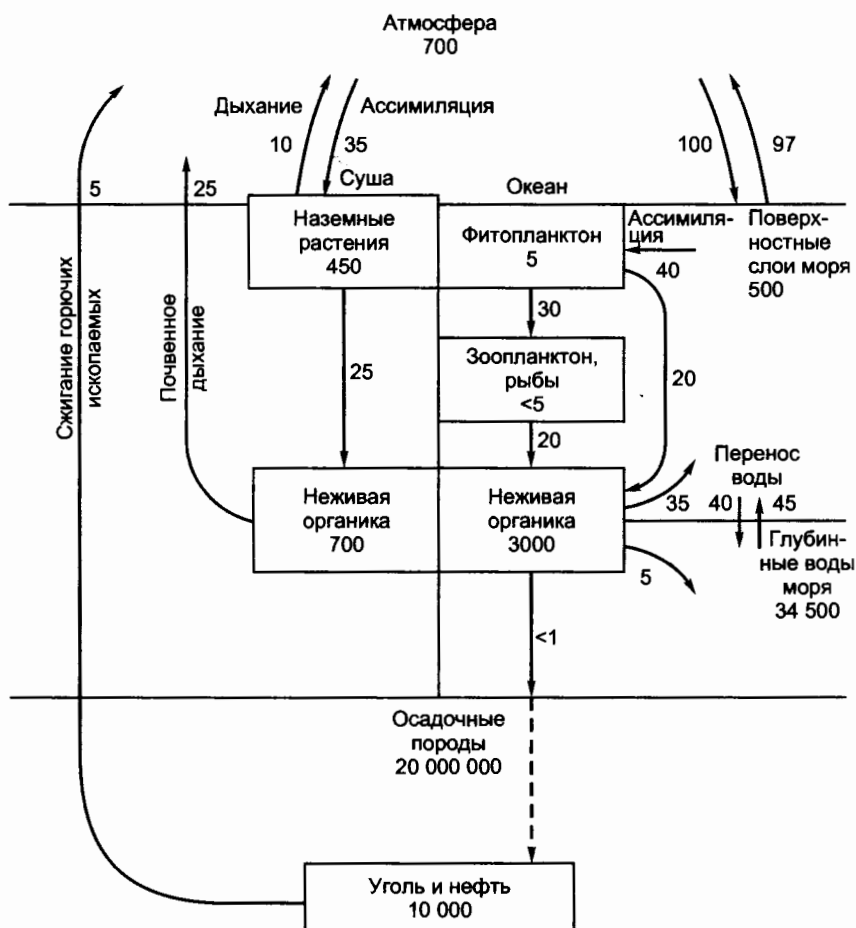


Рис. 4.14. Глобальный круговорот углерода в биосфере (млрд т) (Болин, 1972)

используется фитопланктоном, за исключением ограниченного поступления с глубины в результате вертикального водообмена. В океане существует свой круговорот углерода, который связан с наземным незначительно. Через фотосинтезирующий фитопланктон углерод поступает к зоопланктону и далее по трофической цепи к рыбам и другим хищникам. Далее с мертвой органикой углерод опускается в глубины океана, где неоднократно используется редуцентами и растворяется в воде. По сравнению с растворенной частью лишь незначительная доля углерода выводится из круговорота, оставаясь в донных осадках.

На суше углерод распределен между растительным покровом ($4,5 \times 10^{11}$ т) и почвой (7×10^{11} т). Растения ассимилируют за год примерно 35×10^9 т, а выделяют при дыхании лишь 10×10^9 т. Значительный остаток потребленного из атмосферы углерода поступает с опадом и выделениями корней в почву, где почти полностью используется на поддержание жизнедеятельности почвенных организмов. В результате очень медленно происходит формирование почвенного покрова и накопление в нем углерода, которое в данной схеме даже и не обозначено из-за несоизмеримо малой скорости.

Получается, что биосфера настолько хорошо сбалансирована, что практически весь потребляемый ею углерод возвращается обратно в окружающую среду и снова обращается в круговороте.

С вулканическими газами при дегазации мантии в год на поверхность планеты поступает такое количество углерода, которое примерно соответствует скорости переработки осадочных пород при их погружении в мантию и метаморфизации.

Итак, по содержанию углерода между литосферой, гидросферой и атмосферой установилось следующее соотношение: {28 570 : 57 : 1}. Углерод находится в этой системе в динамическом равновесии, которое более всего зависит от среднегодовой температуры у поверхности Земли. При повышении температуры равновесие должно сдвигаться в сторону освобождения углерода из поверхностных вод Мирового океана из-за снижения растворимости диоксида углерода в воде. Даже незначительное повышение концентрации углерода в атмосфере усиливает парниковый эффект и тем самым способствует потеплению климата. С. Аррениус (1859–1927) на этом основании считал, что при увеличении концентрации CO_2 в три раза температура в Арктике повысится в среднем на 8–9 °C.

Растительный покров Земли, вероятно, способен поглотить избыток углерода, поскольку обладает огромной мощностью как

резервуар временно связанного углерода и при этом его масса может быстро увеличиваться при условии достаточности других элементов питания, таких, как азот и фосфор, а также при наличии воды. От количества углерода, принимающего участие в круговороте веществ, зависит и суммарная биомасса живого. В истории биосферы были эпохи, когда живой покров Земли уменьшался или возрастал по биомассе. Сведение лесов из коммерческих соображений приводит к уменьшению регуляторных возможностей растительного покрова и биоты в целом. Из-за этого к концу XX в. биосфера уже лишилась возможности поглощения около 2 млрд т углерода в год. Кроме того, из-за сжигания горючих ископаемых в атмосферу ежегодно поступает еще дополнительно более 6,7 млрд т углерода.

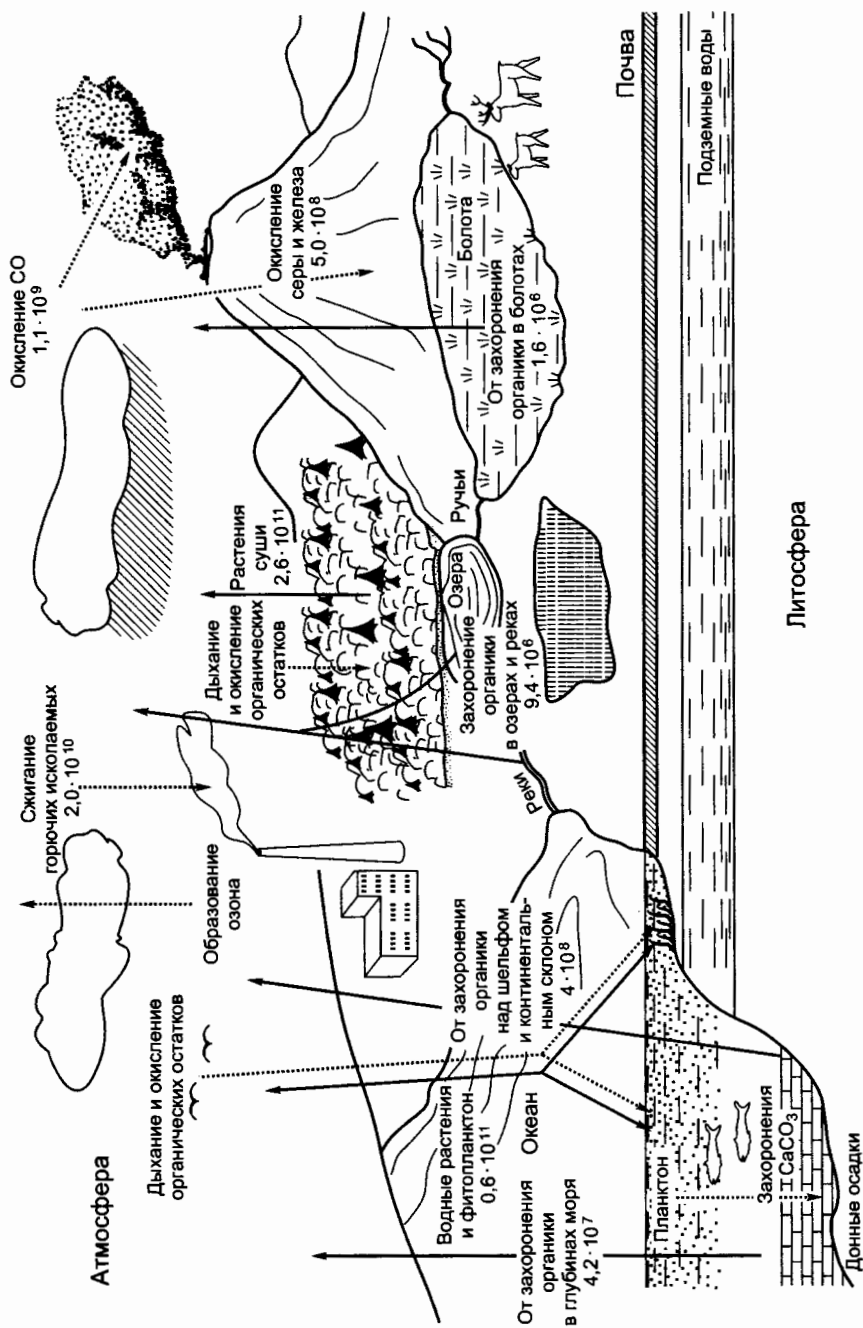
Круговорот кислорода

Кислород — самый распространенный химический элемент на нашей планете (рис. 4.15). В гидросфере его 85,8% (по массе), в литосфере 47%, в атмосфере 23,1%. Атом кислорода — один из самых крупных среди химических элементов. Поэтому структуру литосферы, гидросферы и атмосферы можно представить в виде более или менее плотной “упаковки”, состоящей из крупных атомов кислорода, пространство между которыми занято другими элементами. Практически весь кислород на Земле оказывается в связанном виде — в составе минералов или воды.

В свободном виде кислород накапливается как побочный продукт фотосинтеза растений и цианобактерий (синезеленых водорослей), т.е. как “отход” при ассимиляции углерода при использовании энергии солнечного света. Весь растительный покров поставляет за год 430–470 млрд т кислорода.

В водной среде кислород растворяется до насыщения, которое наступает при концентрации от 9 до 14 мг/л (в зависимости от температуры в интервале 20–0 °C). С глубиной концентрация кислорода сначала резко убывает ниже фотического слоя, так как именно здесь происходит в наибольшей степени окисление мертвого органического вещества — отмершего фито- и зоопланктона. Еще глубже содержание кислорода в воде возрастает, поскольку легкоокисляемой органики становится меньше, температура воды снижается, а давление увеличивается.

На суше образовавшийся в результате фотосинтеза кислород поступает в атмосферу, где он используется частично при окислительном выветривании горных пород, а также на дыхание самих



растений. Если бы мир лишился растений, то нынешние запасы кислорода были исчерпаны всего за 2000 лет.

Между атмосферой и океаном существует динамическое равновесие по содержанию кислорода. Любое изменение температуры воды сопровождается смещением этого равновесия. При потеплении концентрация кислорода в воде уменьшается, а при понижении увеличивается.

С присутствием в атмосфере кислорода теснейшим образом связано и наличие озона. Между ними существует динамическое равновесие. За счет реакции с озоном жесткая составляющая ультрафиолетового излучения, поступающего из космоса, значительно снижается уже в верхних слоях атмосферы.

В настоящее время человечество оказывает значительное влияние на круговорот кислорода в биосфере. Совокупное связывание кислорода за счет сжигания топлива и других форм промышленного воздействия составляет 13,8 млрд т O_2 в год. Избыточное использование минеральных удобрений приводит к эвтрофикации водоемов и последующему росту потребления кислорода гниющими остатками водорослей и животных. Сокращение площади лесов на планете приводит к снижению продукции кислорода. Загрязнение Мирового океана тоже приводит к снижению фотосинтеза, так же как и снижение прозрачности атмосферы. Последнее, правда, до сих пор происходит в основном по естественным причинам — после мощных извержений вулканов. Тем не менее опасность значительного снижения прозрачности биосферы в случае начала атомной войны и массированного ядерного удара долгое время рассматривалась как вполне реальная. В этой связи была даже разработана учеными разных стран концепция “ядерной зимы”, грозящей человечеству глобальной катастрофой.

Круговорот азота

Азот играет очень важную роль в органических соединениях наряду с углеродом, кислородом, водородом и фосфором. Главные органические молекулы — аминокислоты, нуклеиновые кислоты и белки обязательно включают аминогруппы (NH_2). Через них собственно аминокислоты и соединены друг с другом в белки. В белке животных содержится 16–17% азота. Круговорот азота в основном происходит за счет деятельности живых организмов (рис. 4.16).

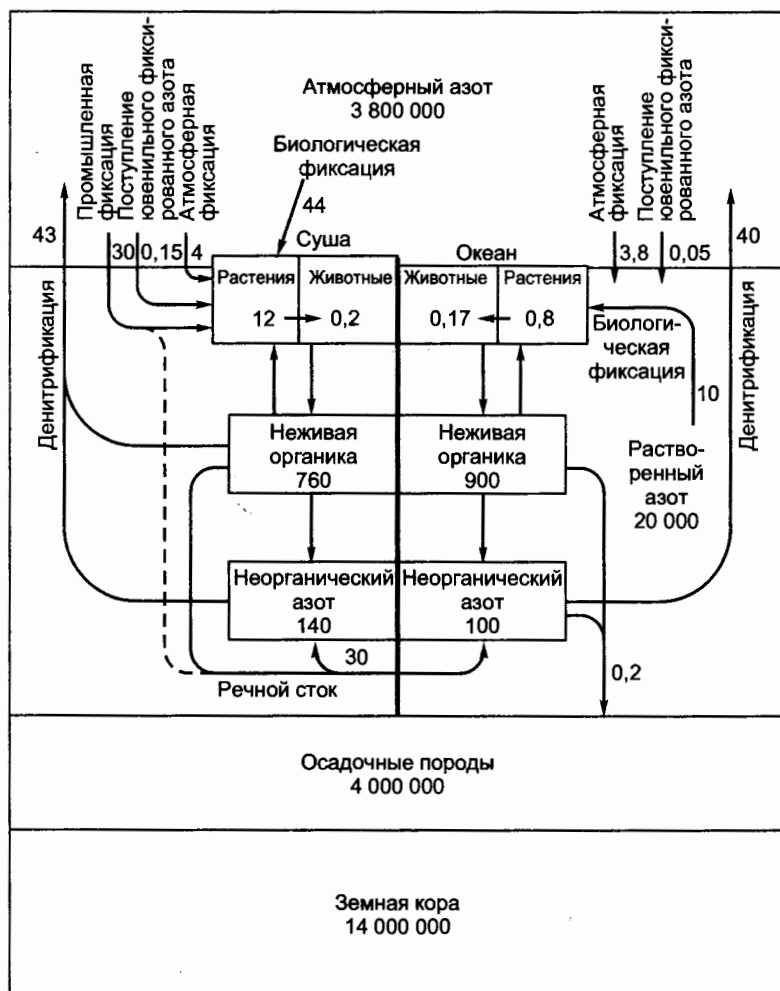


Рис. 4.16. Глобальный круговорот азота в биосфере (млрд т) (Делвич, 1972)

В Солнечной системе азот занимает четвертое место по распространенности после водорода, гелия и кислорода. При эволюции Вселенной азот должен был возникнуть в числе первых элементов после водорода, гелия и углерода. При дегазации мантии Земли азот высвобождается в форме *аммиака* (NH_3) и *молекулярного азота* (N_2), которые выходят на поверхность с вулканическими газами и флюидами (насыщенными газами растворами). Молекулярный азот при обычных температурах химически инер-

тен и остается в атмосфере, а аммиак вступает в реакцию с оксидами серы и легко растворяется в воде, присутствуя в ней в виде ионов аммония (NH_4^+).

Некоторые бактерии усваивают аммоний, выделяя его в виде нитрита (NO_2), а затем и нитрата (NO_3). Этот процесс получил название нитрификации ($2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+$, а затем $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_3^-$).

Другие бактерии используют нитриты и нитраты при анаэробном дыхании в качестве конечных акцепторов электронов, переводя их в восстановленную форму — газообразный молекулярный азот (N_2), который поступает в атмосферу. Этот процесс называется денитрификацией ($5\text{CH}_2\text{O} + 4\text{H}^+ + 4\text{NO}_3^- \rightarrow 2\text{N}_2 + 5\text{CO}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$).

Инертный молекулярный азот при этом выходит из обращения, так как для разрыва крепкой связи между атомами азота необходима большая энергия, а атмосфера стала крупнейшим резервом азота. Получается, что в экосистеме, состоящей только из нитрификаторов и денитрификаторов, азот используется только дважды, а затем становится недоступным для биоты. Можно предположить, что на заре возникновения жизни, при избытке аммиака в окружающей среде и непрерывном поступлении его в большом количестве из недр Земли, необратимая потеря азота какое-то время не была ограничителем развития биосферы. Кроме того, существует не связанный с жизнедеятельностью механизм возвращения азота в водную среду в виде аммиака и нитрата. Он возникает во время разрядов молнии, когда молекулы азота в воздухе диссоциируют под действием огромной энергии, и атомарный азот сразу вступает в реакцию с кислородом и парами воды, образуя аммиак и нитрат ($\text{N}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{NO}_3$). В настоящее время этот способ возврата азота в биологический цикл далеко не восполняет потерь при денитрификации. Однако возможно, что на второй и третьей стадиях формирования атмосферы Земли гроз было намного больше, и этот механизм перевода молекулярного азота в окисленные формы, доступные для усвоения биотой, был эффективен.

После того как атмосфера из восстановительной стала окислительной благодаря накоплению свободного кислорода, появились бактерии (азотобактер, цианобактерии и др.), способные усваивать молекулярный азот (N_2) с помощью особых ферментов, переводящих его в аммиак (NH_3). Этот процесс называется азотфиксацией ($\text{N}_2 + 8\text{H}^+ \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{H}_2$).

Уже на этой стадии развития биосферы азот использовался многократно — одни организмы переводили аммоний в нитриты

и нитраты, другие использовали эти вещества в анаэробном дыхании выделяя молекулярный азот, а третьи фиксировали азот с выделением аммиака, который переходил в аммоний.

Микроорганизмы и растения активно используют нитраты при синтезе своих белков. После отмирания организма белки разлагаются бактериями-редуцентами сначала до аминокислотных остатков, а затем другими бактериями до аммиака, что называется *аммонификацией*. В результате почти весь азот оказывается снова доступен для усвоения бактериями и растениями. В биосфере сформировалась такая система экологических отношений между группами видов, при которой значительная часть запаса азота оставалась внутри биоты, а потери в виде образования инертной формы молекулярного азота были сведены к минимуму. Очевидно, что такой совершенный “малоотходный” круговорот азота возник еще в прокариотной биосфере. В дальнейшем он усложнялся при появлении животных и растений, но по существу не менялся.

С возникновением хищных эукариот цикл азота несколько усложнился. *Автотрофами*, т.е. фотосинтезирующими организмами, получающими все вещества и энергию только из окружающей неорганической природы, стали питаться животные (*гетеротрофы*), получающие и “строительный материал”, и энергию только из органической пищи. В результате ассимиляции органической пищи вырабатывается в виде отхода мочевины (H_2NCONH_2), которая образуется в организме из конечных продуктов распада белков CO_2 и NH_3 . Растения усваивают мочевину в качестве дополнительного источника азота. Следовательно, с появлением животных азот по-прежнему использовался в экосистеме повторно и полно.

После распространения жизни на сушу схема круговорота азота, по существу, не изменилась. Две среды обитания оказались мало связанными друг с другом по параллельно происходящим круговоротам, за исключением двух важных обстоятельств. С суши в Мировой океан стал поступать дополнительный поток неорганического азота, что значительно увеличило продуктивность прибрежных экосистем. В свою очередь экосистемы суши за счет азотфиксации использовали атмосферный азот, который пополнялся в значительной степени за счет деятельности сообществ Мирового океана.

С наступлением эры антропогенеза и особенно в последние 100 лет в круговорот азота были внесены очень важные изменения, которые могут привести к далеко идущим последствиям для всей биосферы, что связано с производством почти в неограниченных количествах азотных удобрений для сельского хозяйства. В мире к началу XXI в. достигнуто производство 144 млн т мине-

ральных удобрений, в которых элементный азот составляет 86 млн т ежегодно. Это сопоставимо с основными биосферными потоками азотных соединений и поэтому может привести к смещению всего биосферного равновесия.

Итак, благодаря деятельности живых организмов стало возможным сохранить и накопить в биосфере те вещества, которые необходимы для жизнедеятельности. Пример с круговоротом азота в этом отношении особенно показателен. Более того, сама атмосфера в результате оказалась кардинально трансформирована биотой. Два основных газа, ее составляющих (O_2 и N_2), — это продукты жизнедеятельности биоты.

Изучая физиологию микроорганизмов, растений и животных, ученым удалось не только описать многочисленные непростые биохимические реакции, но и на основе этих фактов представить наиболее вероятный сценарий развития биосферы. Ее наблюдаемое совершенство возникло не сразу. В процессе эволюции среда обитания живого неоднократно менялась из-за его активности в неблагоприятном направлении (например, истощение резерва диоксида углерода и аммиака; появление свободного кислорода), но огромные адаптивные возможности функциональной изменчивости в сочетании с действием естественного отбора приводили к прогрессивному совершенствованию внутрибиосферных механизмов круговорота веществ.

Круговорот фосфора

Фосфор необходим для построения нуклеиновых кислот, из которых состоят ДНК и РНК — основные молекулы хранения и переноса генетической информации. Фосфор составляет также важнейшую часть основных энергетических молекул АТФ и АДФ. Кроме того, фосфолипиды входят в клеточные мембраны. В организме животных фосфор используется при построении скелета. Таким образом, фосфор играет в биосфере такую же ключевую роль, как углерод и азот (рис. 4.17).

В земной коре на долю фосфора приходится 0,08% массы. Фосфор содержится почти в 200 минералах, в основном в фосфатах кальция: апатитах $Ca_5(PO_4)_3F$, $Ca_5(PO_4)_3OH$, фосфоритах $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3 \cdot Ca(OH, F)_2$ и др. В среднем в горных породах фосфор составляет 0,01–0,1% по весу. Он достаточно равномерно распределен по поверхности земной коры, хотя его дефицит в некоторых местах, например в Австралии, лимитирует развитие растительности. В морской воде концентрация фосфора

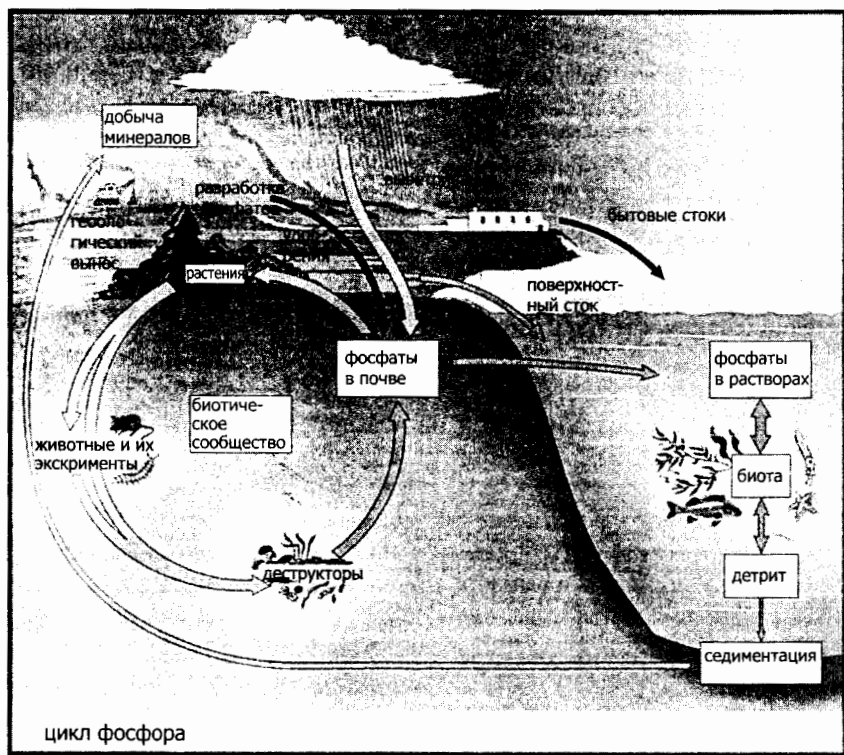


Рис. 4.17. Глобальный круговорот фосфора в биосфере, в мегатоннах (http://www.npc.edu/Bio105/media_html/M2_L8-01.htm)

также очень низка — всего 0,3–0,7 мг/л. Устойчивых летучих соединений фосфор не образует, а в воде большинство соединений фосфора плохо растворимы, что во многом определяет специфику его миграции в природе. С вулканическими газами на поверхность суши фосфор доставляется в ничтожных количествах.

Основной источник фосфора — содержащие его горные породы, в том числе и подстилающие почвы. Из них фосфор постепенно выходит в виде растворимых соединений, таких, как NaH_2PO_4 . В присутствии бивалентных ионов (Ca^{2+} , Mg^{2+}) и железа (Fe^{3+}) соединения фосфора переходят в нерастворимые фосфат кальция или фосфат железа.

Ряд бактерий обладают способностью делать соединения фосфора растворимыми за счет выделения органических кислот. То же происходит и у растений вблизи корневой системы. Усвоен-

ный растениями фосфор используется при построении органических соединений, которые затем могут быть потреблены травоядными, хищниками и далее по пищевой цепи или же вскоре оказываются в виде мертвой органики. В любом случае круговорот завершается в процессе разложения органического вещества бактериями и минерализации органики. На суше минерализованные соединения фосфора возвращаются в почву и могут быть снова использованы растениями. В воде соединения фосфора почти не остаются в растворенном виде, а захораниваются в осадке, т.е. на некоторое время выводятся из круговорота. Однако в иле обитают своя фауна и микрофлора, которые используют еще не разложившуюся до конца органику, препятствуя таким способом выводу соединений фосфора из оборота. По пищевой цепи фосфор снова может попасть к другим беспозвоночным или рыбам. Придонные течения служат вторым механизмом доставки к поверхности водоема необходимых для развития фитопланктона биогенных веществ.

На суше фосфорные соединения за счет низкой мобильности обычно остаются в пределах экосистемы. Однако в сельском хозяйстве почти всю продукцию (зерно, мясо, яйца, молоко) принято вывозить, следовательно, значительная часть дефицитного фосфора с каждым годом теряется и почвы становятся беднее. Единственным эффективным источником удобрения долгое время оставался лишь навоз, птичий помет и особенно минерализованный помет морских птиц — гуано, которое скапливается на скалах островов в океане, где размещаются многолетние птичьи базары. Индейцы в Мексике для подкормки кукурузы использовали рыбу: при посадке в каждую лунку они сначала помещали рыбку, а выше нее — кукурузное зерно. Чтобы повысить плодородие почв, с 1842 г. сначала в Англии, а затем и в других странах стали производить искусственные фосфорные удобрения — *суперфосфат* — $\text{CaSO}_4 + \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. С этого времени фосфор перестал быть столь жестко ограничивающим элементом, но возникла опасность, что из-за его смыва с полей и поступления в водоемы, реки и моря в водных экосистемах нарушится природное равновесие, рассчитанное на очень скудные концентрации фосфора в воде.

Круговорот серы

Сера также относится к биогенным элементам. Хотя она используется при построении белков значительно меньше, чем углерод и азот, но зато с ее помощью обеспечивается трехмерная

структура белковой молекулы, а также ряд других важных свойств (рис. 4.18). В белках серы может быть 0,8–2,4%.

В природе соединения серы распространены во всех трех сферах (рис. 4.19). Больше всего ее в литосфере (0,05% по массе). Особенно распространены сульфаты щелочных и щелочноземельных металлов (Na_2SO_4 , K_2SO_4) и сульфиды железа, меди, цинка и свинца. Примеси серы присутствуют в углях, сланцах, нефти и

природном газе.

В гидросфере сера содержится в концентрации примерно 1 г/л, главным образом в виде растворенного сульфата магния MgSO_4 , ионов SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, H_2S . Мировой океан — второй по значению резервуар серы после литосферы.

В атмосфере серы очень мало. В воздухе она может присутствовать в очень малых концентрациях ионов SO_4^{2-} и в виде сероводорода. Миграция соединений серы происходит в основном из литосферы в гидросферу с речным стоком и воздушными массами. При выветривании коры происходит вынос растворимых в воде ионов SO_4^{2-} . Обратное на сушу из Мирового океана серы

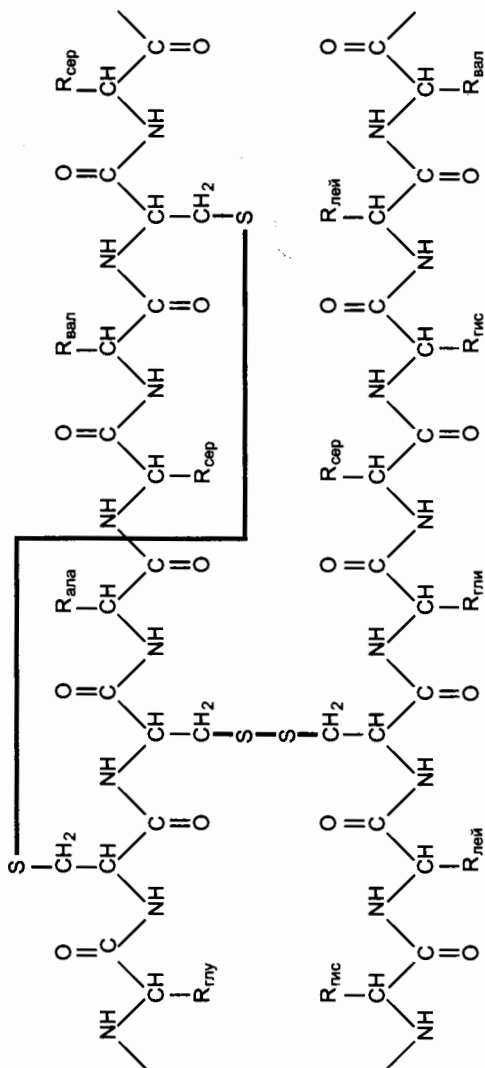


Рис. 4.18. Схема молекулы белка с указанием полипептидных связей, обеспечиваемых соединениями через серу. С, N, H, S, O — химические элементы; R_{сер}, R_{вал} и др. — аминокислоты. Жирной линией показаны связи между участками молекулы (Диви, 1972)



Рис. 4.19. Глобальный круговорот серы в биосфере (Одум, 1975)

поступает значительно меньше с воздушными массами, в которых в ничтожной концентрации содержится SO_4^{2-} .

В морской воде серы достаточно много для обеспечения биологических процессов. Тем не менее животные получают серу только путем потребления фотосинтезирующих растений и фотоили хемосинтезирующих микроорганизмов. Фотосинтезирующие организмы ограничены в своем распределении лишь верхним слоем воды не больше 200 м, в котором распространяется свет. Все другие организмы, обитающие ниже этого слоя, получают серу, потребляя живую или мертвую органику.

На суше круговорот серы осуществляется в основном в почвенном слое, где происходит как усвоение сульфатов, так и разложение органических остатков с выделением сероводорода и последующим возвращением серы в круговорот.

Основная роль в круговороте серы принадлежит прокариотам. У них множество групп параллельно и независимо друг от друга освоили этот источник необходимой для жизнедеятельности энергии и вещества. Среди прокариот имеются как восстанавливающие соединения серы, так и окисляющие их, т.е. ими обеспечивается полный круговорот серы. Нередко побочным продуктом сульфатредукции бывает сероводород, который, вступая в реакцию с ионами железа, дает нерастворимые соединения, в том числе и молекулярную серу, выпадающую в осадок. Так образовались руды, которые человечество использует с давних времен. Эукариоты после своего возникновения "подключились" к уже имевшемуся

круговороту веществ и в этом смысле исходно зависели от деятельности прокариот.

Выводы

1. История Земли тесно связана с деятельностью возникшей на ней жизни, которая сказалась на химическом составе всех трех оболочек: литосферы, гидросферы и атмосферы.

2. В процессе эволюции живое (биота) постепенно изменяло среду обитания и само вынуждено было приспосабливаться к новым условиям. В то же время деятельность живых организмов оказала немалое стабилизирующее воздействие на химический состав и температурные условия существования.

3. Регуляторная роль биоты стала возможной на основе исходной большой стабильности условий существования, определяемой особенностями размеров и положения планеты в Солнечной системе, наличием и свойствами воды, удержанием мощной атмосферы, эффективности геохимического круговорота веществ, перераспределения энергии на поверхности планеты за счет перемещения водных и воздушных масс.

4. Ведущую биологическую роль в круговороте веществ играют простейшие организмы — прокариоты, существующие на Земле с начала развития жизни. Сложившаяся система биогеохимических связей между разнообразными прокариотами обеспечивала на протяжении всей истории биосферы круговорот и удержание важнейших для жизнедеятельности химических соединений. Концентрация этих соединений (азота, фосфора) в окружающей среде была бы неизмеримо меньше в отсутствие прокариот.

5. Более высокоорганизованные организмы — животные и растения появились лишь в последней трети истории биосферы. Своей жизнедеятельностью они вписались в существовавшую систему биосферных отношений.

6. Постепенное усложнение биосферы в результате эволюции живого привело к усложнению саморегуляторных связей благодаря дополнительным контурам регуляции и возрастанию дублирования на всех уровнях организации.



ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗМОВ И ПОПУЛЯЦИЙ

Основные вопросы

1. Сколько в настоящее время в науке описано видов, населяющих сушу и воды Земли?
2. Можно ли считать, что биологическое разнообразие избыточно?
3. Много ли видов можно обнаружить на небольшом местообитании: в отдельном лесу, озере или реке?
4. В чем выражается специализация видов к определенным условиям обитания?
5. Какие факторы среды ограничивают возрастание численности особей вида?
6. Почему среди видов имеются приспособленные как к слабо, так и к сильно меняющимся условиям среды обитания?
7. Что такое вид и ареал вида?
8. Что такое популяция и чем это понятие отличается от вида?
9. Чем популяции одного вида различаются между собой?
10. Как растет численность популяции при благоприятных условиях?
11. Какими факторами определяется темп роста популяции?
12. Что такое “волны жизни” и в результате чего они происходят?
13. Что происходит при поэтапном уменьшении числа популяций, составляющих вид?
14. Какие антропогенные воздействия на биоту более всего снижают биологическое разнообразие?

Основы экологии изложены в специальных учебниках. Наша задача в главах 4, 5 и 6 — обратить внимание лишь на некоторые основные положения этой науки, без которых невозможно разобраться в таких первостепенных экологических проблемах современности как сохранение биологического разнообразия, причины и прогноз “демографического взрыва” человечества, продовольственная проблема и др. При изучении глав 4, 5 и 6 рекомендуется обратиться к учебнику по общей экологии для более корректного понимания соответствующих экологических процессов.

Биологическое разнообразие

В течение многих миллионов лет в Мировом океане и на суше возникали десятки тысяч новых видов и вымирало примерно столько же. Если попытаться оценить величину совокупной биомассы всех животных, одновременно обитающих на Земле, то получится $2,0 \times 10^9$ т, растений — $1,8 \times 10^{12}$ т (Реймерс, 1990). Для дальнейшего сравнения удобно представить массу живых организмов на Земле не в “сыром весе”, а в виде массы вовлеченного в организмы углерода, тогда получается величина 2×10^{12} т (Акимова, Хаскин, 2001). Несмотря на то что все приведенные числа внушительны, они намного меньше, чем масса Земли (6×10^{21} т). Однако по своей активности биота намного превосходит абиотические процессы. Всего за 10 лет живое производит биомассу равную самой себе, вовлекая в этот процесс взаимосвязанные круговороты веществ в биосфере. Вода, воздух, грунт и почва — все испытало на себе преобразующее воздействие живого, а значит, влияние живого на процессы, протекающие на поверхности Земли, огромно и от него в немалой степени зависит сохранение стабильности окружающей среды.

Постепенно накапливая знания о сложных взаимосвязях в природе, ученые стали осознавать, что огромное разнообразие живого имеет важное функциональное значение, и если люди научились создавать сложнейшие предприятия со множеством разнообразных компонентов, то и в природе для поддержания непрерывного круговорота веществ необходимы различные типы, классы и виды организмов.

Биологическое разнообразие — совокупность всех видов живых организмов населяющих планету, континент или отдельный регион.

Всего на Земле описано примерно 1,75 млн видов, в том числе 1,27 млн видов беспозвоночных животных, 52 тыс. позвоночных и 270 тыс. растений, и список живого почти каждый день пополняется открытием новых видов (ГЕО, 2002, № 3). В повседневной жизни заметны лишь отдельные виды, выделяющиеся среди остальных своими достаточно крупными размерами и высокой численностью: десяток видов деревьев, от силы три десятка видов трав и кустарников, несколько десятков видов насекомых и пара сотен видов позвоночных животных, включая рыб, амфибий, змей, птиц и млекопитающих. Однако реальное видовое богатство окружающей живой природы намного больше. Фактически незаметна разнообразная фауна небольших беспозвоночных животных, населяющих почву, реки, пруды и моря. Люди не в силах

разглядеть невооруженным глазом великое множество видов одноклеточных организмов.

Тем не менее в каждом отдельном местообитании (биотопе), кроме исключительных по богатству видов тропических влажных джунглей или коралловых рифов, общее число всех населяющих его видов невелико — всего лишь сотни видов (не считая микроскопических), а не десятки тысяч. Поэтому у каждого вида важная роль в экосистеме, а его уничтожение скорее всего не пройдет бесследно для сохранения устойчивого баланса межвидовых отношений в экосистеме.

Суммарно огромное множество видов объясняется в основном двумя причинами: 1) большим разнообразием условий существования, 2) особо благоприятными условиями среды в некоторых экосистемах.

Условия существования разнообразны из-за различий сред обитания и климата. К морской, пресноводной, наземной, почвенной и воздушной средам обитания исторически приспособились различные роды. В пределах одной среды обитания выделяют десятки и сотни вариантов, определяемых климатическими различиями. Для каждого из сотен и тысяч характерных местообитаний имеются свои сообщества растений, животных, грибов и микроорганизмов.

Их существование зависит от:

- сохранения в определенных пределах значений важнейших факторов среды (температура, влажность, элементный состав воды, почвы, освещенность, радиационный фон и др.);
- сбалансированных межвидовых отношений, построенных на конкуренции за пространство обитания, ресурсы, выедании хищниками и в то же время на взаимодополнительности видов, благодаря которой обеспечивается замыкание круговорота веществ, необходимых для роста организмов и обмена веществ в процессе их функционирования.

Условия существования организма

Экологические факторы

Любой элемент среды, способный оказывать прямое воздействие на живые организмы хотя бы на протяжении одной из фаз их индивидуального развития, называется **экологическим** фактором. К ним относится не так много разновидностей, чтобы не

пытаться разобраться в них и не использовать в практической деятельности.

Абиотическими экологическими факторами называются относящиеся к неживой природе (температура, влажность, освещенность, давление, минеральный состав почвы и воды, ионизирующее излучение, загрязнение среды разнообразными веществами и др.), влияющие на процессы жизнедеятельности: обмен веществ, рост, развитие, размножение, поведение организмов.

Биотическими экологическими факторами называются те, что связаны с влиянием живых организмов друг на друга (хищничество, паразитизм, симбиоз, мутуализм, пространственное вытеснение одних видов или организмов другими).

Имея ясные представления о том, какие факторы оказывают сильное воздействие на живое, своими действиями в повседневной жизни можно реально помочь сохранению биологического разнообразия на Земле.

Важнейшие абиотические факторы

Солнечный свет необходим как источник энергии для существования зеленых растений. Используя энергию солнечного света, растения растут, перерабатывают минеральные вещества, синтезируя органические соединения. Большинство животных существуют, потребляя в пищу зеленые растения или же питаются другими животными, которые в конечном счете зависят от “зеленой” пищи.

Существуют и другие источники энергии, химические, но они в современной биосфере не столь мощны, как поток солнечного света.

Температура определяет скорость химических реакций повсеместно, в том числе и в организме. Для каждой биохимической реакции характерен свой температурный оптимум. Ферменты способны изменять скорость реакции, но и они действуют в строго определенных для каждого из них температурных пределах.

Поэтому с изменением температуры связаны не только скорости многочисленных биохимических реакций в организме, но и особенности обмена веществ.

Влажность воздуха и почвы — обязательное условие поддержания жизни на суше.

Элементный состав воды, почвы, атмосферы в значительной мере определяет видовой состав организмов, так как их обмен веществ теснейшим образом определяется химическими вещества-

ми, содержащимися в окружающей среде. От соотношения минеральных веществ в почве зависит скорость роста растений; в воде — сама возможность существования всех организмов (растения, животные, грибы или бактерии). Количество минеральных веществ в воде определяет ее минерализацию, в том числе и соленость. Состав атмосферного воздуха в норме практически одинаков повсеместно на Земле. Тем опаснее последствия загрязнения воздуха различными химическими веществами.

Важнейшие биотические факторы

Пищевые отношения составляют основу биотических связей. Большинство видов живых организмов питается другими организмами. Травоядные питаются растительностью, а хищники — другими животными. Обитая веками совместно, виды-жертвы и виды-потребители настолько приспосабливаются друг к другу, что вне этой связи снижается стабильность и тех и других видов. Конкуренция межвидовая и внутривидовая представляет собой взаимоотношения организмов, основанные на соперничестве за ресурсы среды обитания.

Комменсализм — получение выгоды от сожительства с другим организмом без нанесения ему вреда.

Мутуализм — совместное взаимовыгодное сожительство двух или более видов. Например, муравьи питаются выделениями тлей; опыление многих цветковых растений усиливается за счет пчел, собирающих в их цветках нектар. Лишайники представляют собой трансформировавшееся сожительство грибов и водорослей, а в тканях многих мелководных кораллов обитают симбиотические водоросли, продукты выделения которых потребляются тканями организма-хозяина.

Паразитизм — жизнь одних организмов за счет тканей и соков других.

Закон оптимума: *любой фактор имеет ограниченные пределы положительного влияния на организм, вне которых нарастает вредное действие фактора.*

Это означает, что вред приносит не только недостаток какого-либо фактора, но и его избыток и наоборот. Например, для растений вредны как слишком слабое освещение, так и слишком интенсивное; как недостаток питательных веществ в почве, так и их переизбыток. Другой пример — яды, которые в одних концентрациях смертельно опасны, а при очень малых концентрациях многие из них используются как лекарства.

Закон лимитирующих факторов. Экологический фактор играет роль лимитирующего фактора в том случае, когда последний отсутствует или находится ниже критического уровня или превосходит максимально выносимый уровень.

Это означает, что положить предел благоприятному существованию могут вовсе не самые основные факторы (температура или пища), а второстепенные, значение которых слишком отклонилось от оптимума, например дефицит микроэлементов в питании, недостаток мест для гнездования, слишком большой шум и др.

Эврибионты и стенобионты

Виды, способные существовать в пределах широкого диапазона изменения экологических факторов, называются *эврибионтами*, а приспособленные к жизни в стабильных слабо меняющихся условиях среды называются *стенобионтами* (рис. 5.1).

Стенобионты более чувствительны к изменениям среды, но зато их организм функционирует эффективнее, чем у эврибионтов. Поэтому в тех местах, где факторы среды достаточно стабильны (например, в глубинах океана), преимущество получают в конечном счете именно стенобионты, а в условиях значительных колебаний параметров среды обитания — эврибионты.

Отсюда следует, что даже незначительные изменения среды обитания для многочисленных стенобионтных видов могут быть критическими. Сам человек относится к эврибионтам и далеко не всегда способен своевременно понять, сколь опасны его воздействия на природу.



Рис. 5.1. Положение "кривых оптимума" на температурной шкале для разных видов (Чернова и др., 1997)

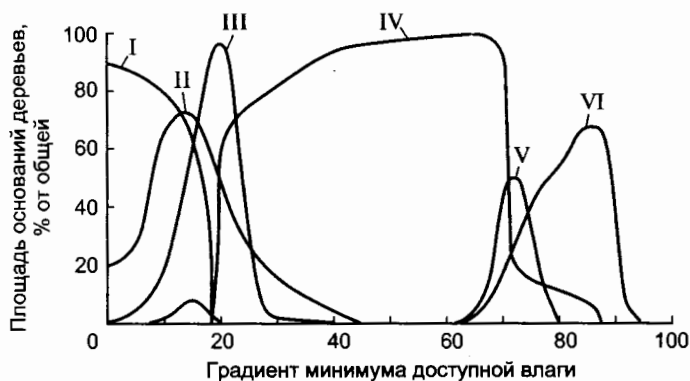


Рис. 5.2. Распределение разных видов древесных растений по градиенту минимума доступной почвенной влаги в прибрежной области на севере Калифорнии: I — ладанный кедр; II — жетсуга; III — земляничное дерево; IV — секвойя; V — калифорнийский лавр; VI — крупнолистный клен (Риклефс, 1979)

Специализация видов по экологическим факторам позволяет полнее использовать возможности занимаемого пространства или заселять различные климатические зоны. Поэтому на Земле так много видов: одни обитают на суше, другие — в воде; последние различаются по специализации к жизни в соленой, солоноватой или в пресной воде, на разных глубинах, при различной температуре, силе течения. Обитающие на суше виды вынуждены приспосабливаться к еще более разнообразным условиям жизни: в тундре, тайге, различных лиственных лесах, на лугу, в степях и пустынях, на почвах с различными минеральным составом и увлажненностью, внутри почвенного слоя, на разной высоте в горах (рис. 5.2).

Условия существования популяций

Способности организмов существовать за счет своей приспособленности к окружающей среде недостаточно для сохранения жизни на Земле, потому что любой организм смертен. Только благодаря существованию множества организмов одного вида, способных к размножению, возможно продолжение жизни. От поколения к поколению передается все необходимое для построения нового организма, в котором, несмотря на его сверхсложность, все процессы взаимосогласованы. У каждого вида исторически сформировался свой устойчивый генотип, в котором закодирована ключевая информация для построения тела и регуляции

биохимических процессов. Дублирование генетической информации в структуре молекулы ДНК обеспечивает сохранение высокой стабильности генотипа, несмотря на его постоянные мутации. Подавляющее большинство сбоев в структуре генов приводит к летальному исходу, и лишь ничтожно малое число мутаций оказывается жизнеспособным. Благодаря таким мутациям вид не остается неизменным в течение длительного времени.

Вид — основная таксономическая категория в биологической систематике. Обычно под видом понимается совокупность особей, обладающих рядом общих морфологических признаков, способных к скрещиванию с образованием плодотворного потомства.

Виды объединяют по степени их родства в *роды, семейства, отряды, классы, типы*.

Например, *человек разумный* (*Homo sapiens*) принадлежит к роду *Номо*, семейству гоминид, отряду приматов, классу млекопитающих, типу позвоночных.

При половом размножении происходит обмен генетической информацией между особями, что и определяет их родство. Чем дальше отдаленные друг от друга группы особей одного вида не обмениваются генами, тем больше между ними различий, возникающих непрерывно за счет мутаций генома. Поэтому на больших территориях, занятых расселившимися особями одного вида, со временем между отдаленными группами особей неизбежно нарастают различия в строении тела, физиологии и поведении, а в пределах групп особей, имеющих возможность свободно скрещиваться в процессе полового размножения, степень сходства остается очень высокой, хотя каждая группа по своим свойствам медленно меняется. Следовательно, вид реально представлен отдельными группами, которые называют популяциями. Они могут быть в различной степени разобщены между собой, что способствует сохранению генетической неоднородности, а следовательно, морфологического, физиологического и поведенческого разнообразия.

Ареал вида, рода или семейства — часть земной поверхности (территории или акватории), в пределах которой распространен и проходит полный цикл своего развития данный таксон (примеры ареалов см. рис. 5.3). Вид состоит из популяций.

Популяция — совокупность особей одного вида, обладающих одним генофондом и занимающих определенную территорию, внутри которой может практически осуществляться свободное и случайное скрещивание особей — *панмиксия*. Иными словами, популяция — это население вида на отдельной территории.

Морфологическое, физиологическое и поведенческое разнообразие популяции. Генофонд вида состоит из множества похожих, но не тождественных друг другу генотипов различных особей. При слишком больших различиях генотипов скрещивание между такими

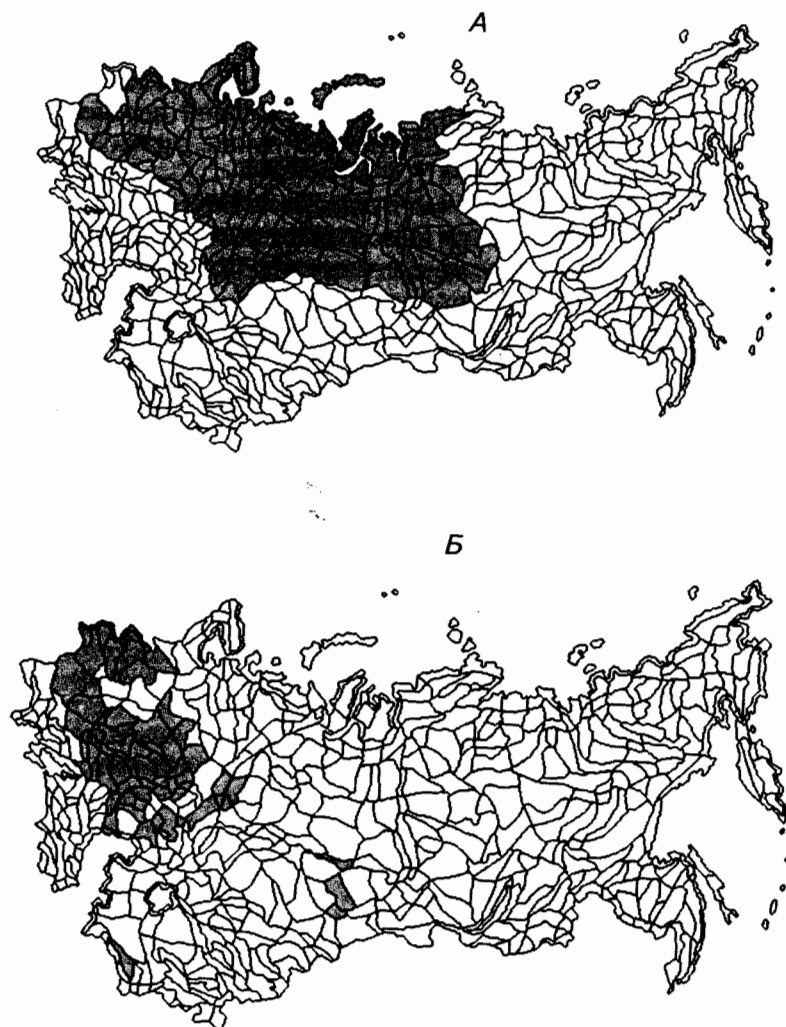


Рис. 5.3. Примеры различных ареалов видов (А — сплошной ареал березы пушистой, Б — прерывистый ареал русской выхухоль)
(<http://www.biodat.ru/map/index.htm>)

особями оказывается непродуктивным. Оплодотворенная яйцеклетка не может нормально дробиться или же в процессе эмбрионального развития наступают серьезные сбои.

Не столь значительные различия генотипов особей одной популяции способствуют сохранению разнообразия как в форме

морфологических различий, так и в форме физиологических и поведенческих особенностей. Наличие генетического разнообразия существенно при отклонении экологических факторов от оптимума. Часть популяции оказывается способной перенести неблагоприятные воздействия значительно лучше, чем остальные особи того же вида и возраста.

Подобные различия могут быть сильнее выражены у мало взаимодействующих популяций. Поэтому каждая из них может быть носителем ценных свойств, которых нет у остальных популяций. Вот почему *уничтожение отдельных популяций наносит непоправимый ущерб сохранению биологического разнообразия*. Например, при использовании современных огромных тралов для лова морской рыбы за один раз может быть полностью уничтожена вся стая. И хотя по числу особей в ней оказывается ничтожно малая часть вида, но вместе с ней навсегда исчезает неповторимый опыт миллионов невидимых простому глазу экспериментов перекombинации генотипа, происходящих в процессе естественного отбора.

Возрастная структура популяции — это соотношение в ней разновозрастных групп. Как правило, самая многочисленная группа — новорожденные, а по мере старения генерации ее численность сокращается в результате естественного отбора. В человеческом обществе такая структура характерна для экономически слабо развитых стран, а в развитых странах она значительно отличается (рис. 5.4).

Самоускоряющийся рост популяции. При благоприятных условиях размножение популяции превышает ее смертность, в результате численность популяции возрастает, а вместе с этим увеличиваются и ее потребности во всевозможных ресурсах (жизненное пространство, пища, вода и др.). При ограниченных ресурсах это влечет за собой снижение рождаемости и рост смертности. Так происходит саморегуляция численности вида, соответствующей вместимости среды обитания.

Простейшие расчеты позволяют показать, что одноклеточные существа массой всего 0,01 г, но делящиеся на дочерние особи каждый час, способны в считанные дни заполнить всю Землю при условии обеспечения их жизненными ресурсами. Через 18 часов потомство одной особи достигло бы 1,3 кг, через 24 часа — 84 кг, а через 48 часов — 1 409 280 000 кг.

К. Линней подсчитал, что три мухи могут съесть антилопу с такой же скоростью, как это делает лев (учитывая скорость размножения мух). Одноклеточная водоросль диатомея теоретически способна за восемь дней создать массу живой материи, которая равна земной, а на протяжении следующего дня удвоить ее (http://www.anriintern.com/ecology/acid_property.htm).

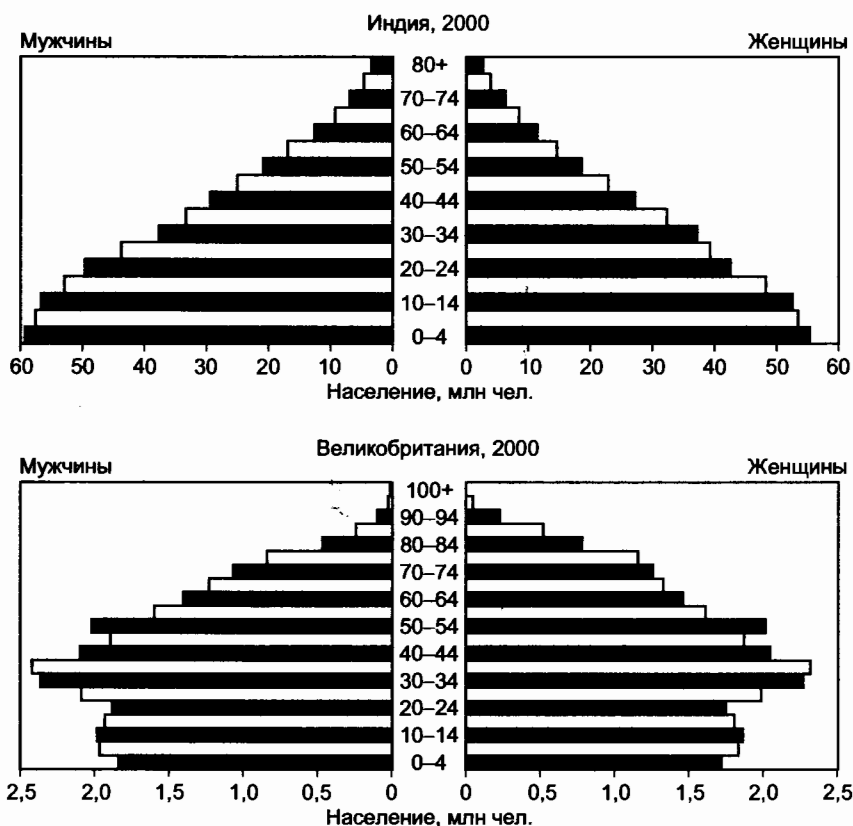


Рис. 5.4. Сравнение возрастных групп населения (“демографических пирамид”) Великобритании и Индии в 2000 г. (По оси ординат отложены возрастные группы с шагом 5 лет, по оси абсцисс — численность населения соответствующей группы (млн чел.): в левой части пирамиды — мужчины, в правой — женщины) (<http://www.census.gov/ipc/www/idbpyr.html>)

В реальной жизни по мере размножения популяции происходит сокращение запасов пищи, свободного пространства, а вместе с ними увеличение концентрации продуктов метаболизма в окружающей среде, возрастание заболеваемости и смертности. Рост и размножение особей снижается. На смену демографическому буму может прийти спад.

Способность вида быстро осваивать имеющиеся ресурсы за счет размножения называется “репродуктивным потенциалом”. Он зависит от продолжительности развития особей до начала размножения, от их плодовитости и выживаемости новорожденных.

Даже близкие по таксономическому положению виды могут отличаться по репродуктивному потенциалу. На отливно-приливной полосе северных морей обитают три вида морских улиток литорин, одна из которых, *Littorina littorea*, мечет в воду многочисленные мелкие яйца, другая, *L. obtusata*, откладывает яйца на водоросли слизистыми коконами, а третья, *L. saxatilis*, вынашивает немногочисленное потомство на себе вплоть до завершения эмбрионального развития. Все три вида размножаются один раз в год, но по численности произведенных яиц они различаются в сотни раз.

Высокоплодовитые виды с коротким сроком развития обычно хорошо соответствуют условиям с высоким уровнем элиминации. Они широко расселяются, занимая освобождающиеся места в биотопе, активно потребляют имеющиеся ресурсы, быстро достигают репродуктивного возраста. Часто они оказываются одними из первых поселенцев в необжитых местах: на пепелище, лаве, голом грунте, лишенном почвенного покрова, на отмели, постепенно обнажающейся в результате падения уровня воды в озере, на голой поверхности новых свай и любых попавших в воду предметах. Наряду с тем, что подобные виды — активные колонизаторы, они еще сами оказываются “поставщиком обильной пищи” для хищников.

Низкоплодовитые виды, как правило, расселяются не очень широко, оставаясь в зоне обитания предыдущей генерации с неплохими ресурсными возможностями. Меньшее их число погибает, но за счет медленного роста и столь же медленного освоения необходимых для жизнедеятельности ресурсов они не вступают в жесткую конкуренцию с другими особями своей популяции.

Между этими крайними вариантами *репродуктивных стратегий* существует множество промежуточных форм. В каждом случае соотношение срока развития, продолжительности жизни, плодовитости, широты расселения потомства и его элиминации прекрасно соответствует климату, биотопу, составу экосистем.

Темп прироста популяции удобнее всего оценивать через соотношение рождаемости и смертности. *Рождаемость* характеризуется “общим коэффициентом рождаемости” (ОКР) — числом живорожденного потомства на 1000 особей данного вида. *Смертность* характеризуется “общим коэффициентом смертности” (ОКС) — числом смертей на 1000 особей данного вида в год. *Темп прироста популяции* — это разница между ОКР и ОКС (рис. 5.5). При положительном значении популяция со временем возрастает, а при отрицательном — убывает. Нам еще пред-

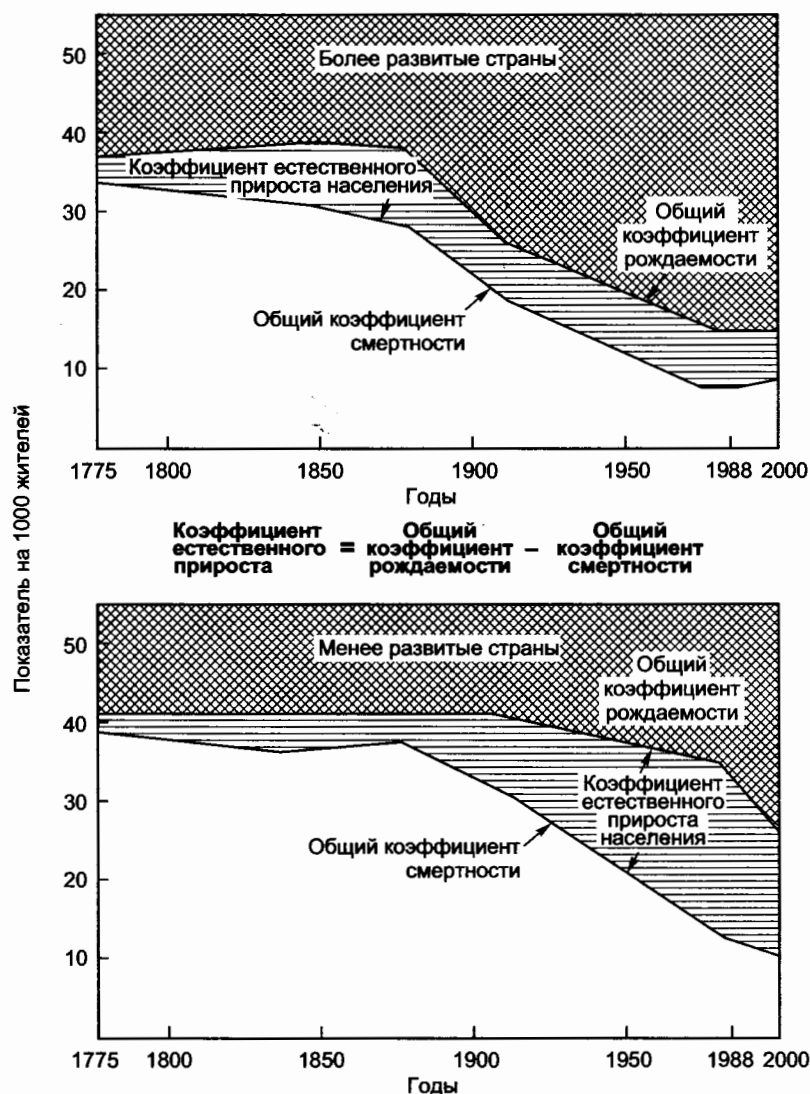


Рис. 5.5. Изменение коэффицента естественного прироста населения (темп прироста) в течение двух последних веков в экономически более или менее развитых странах. Коэффицент естественного прироста населения определяется по разнице между общим коэффицентом рождаемости и общим коэффицентом смертности (Миллер, 1994) .

стоит воспользоваться показателями рождаемости и смертности для анализа причин пугающего всплеска численности самого человечества в XX в. (см. гл. 8).

Приведенные пояснения позволяют понять, что в природе имеются как виды, готовые быстро заселить все возможное пространство, так и виды, численность которых не может быстро возрастать и для которых ухудшение условий обитания может оказаться фатальным. Большинство видов, находящихся под угрозой вымирания (занесенных в Красную книгу), специализированы на стратегии невысокого темпа воспроизводства. Это очень выгодно в стабильных условиях существования, но проигрышно в условиях повышенной флуктуации состояния окружающей среды.

Нельзя забывать и об агрессивной репродуктивной стратегии, которая жизнеспособна только в условиях повышенного уровня элиминации популяции, а при его снижении среди высокоплодовитых видов возникают “волны жизни”, вызванные перенаселенностью и чрезмерным перепотреблением природных ресурсов.

Достигнув современного уровня развития, *человечество обязано как заботиться о сохранении видов с низким темпом прироста популяции, так и ограничивать численность тех видов, у которых темп прироста слишком велик.*

“Волны жизни”. Численность популяции часто испытывает колебания, которые называют *“волнами жизни”*. Причины их различны. Сокращение населения может происходить особенно интенсивно в неблагоприятные периоды: неурожайные годы, морозные зимы, засушливое лето либо из-за наводнений, бурь, пожаров. В результате природных катаклизмов погибает значительная часть популяции, зато в последующие годы на долю выжившей части обычно приходится избыток ресурсов и со временем численность популяции восстанавливается в пределах доступного для нее местообитания и имеющихся пищевых ресурсов.

Другой причиной волнообразного изменения плотности популяции может стать слишком благоприятный период жизни, когда численность плодовитых видов быстро возрастает, а затем резко падает из-за внутренней конкуренции за истощенные жизненно важные ресурсы. Например, численность мышей значительно возрастает после мягкой зимы в годы с высоким урожаем зерновых. Расплодившиеся зверьки заполняют все вокруг и быстро уничтожают запасы пищи. Наступают голод, эпидемии, в результате которых численность грызунов резко падает.

Третья причина — зависимость численности популяции от количества хищников, питающихся ими. Если в экосистеме численность одного вида (хищника) зависит от численности другого вида

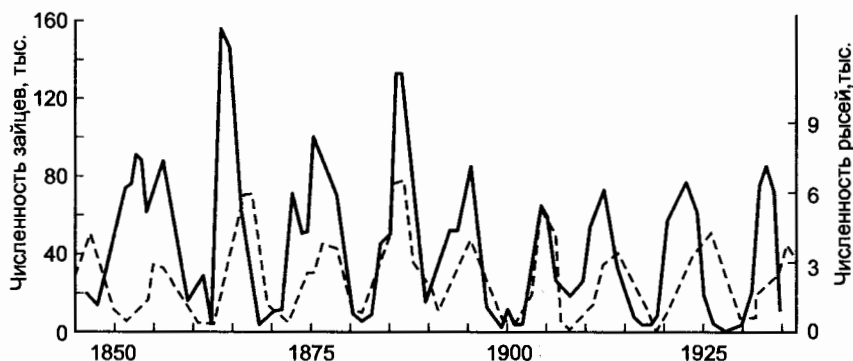


Рис. 5.6. Циклические колебания численности зайца-беляка (сплошная линия) и рыси (пунктирная линия) в районе Гудзонова залива в Канаде (Риклефс, 1979)

(жертвы), которым он преимущественно питается, то могут возникать регулярные колебания численности обоих видов. Так было в Канаде в течение 100 лет, где по книгам регистрации получаемых пушной компанией шкурок удалось проследить долгосрочные колебания численности зайца (жертвы) и рыси (хищника) (рис. 5.6).

Различные пути антропогенного воздействия на природу

Негативное влияние человеческой деятельности на численность видов вплоть до полного их истребления вовсе не ограничивается одной охотой, т.е. *прямым истреблением*. Не меньшее, а часто даже большее негативное значение имеют различные *косвенные воздействия на живое через изменение среды обитания* (рис. 5.7), такие, как: 1) мелиорационные работы (осушение или ирригация земель); 2) сокращение площади естественных экосистем или расчленение их на части, например автомобильными дорогами, железнодорожными насыпями и др.; 3) рекреационное воздействие; 4) шумовое воздействие; 5) химическое загрязнение; 6) радиоактивное воздействие; 7) изменение климата.

Все описанные воздействия направлены не против каких-то отдельных видов, а кардинально изменяют условия существования, негативно сказываясь на росте и размножении местных растений и многих адаптированных к данным условиям среды видов животных. Начинается замена видов: одни уже не могут существовать в новых условиях, а другие медленно заселяют освобождающееся место. В результате подобных перестроек часто упрощается

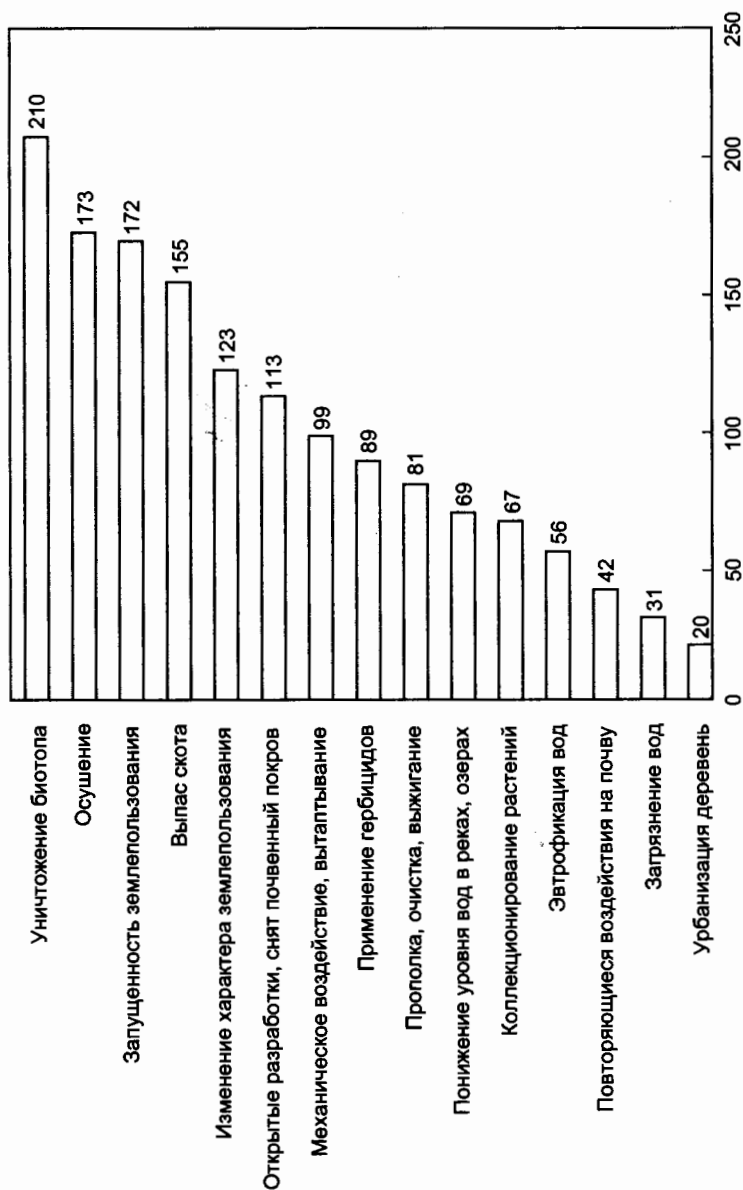


Рис. 5.7. Основные причины сокращения флоры Германии на 581 вид растений (Trautmann, 1984)

состав экосистем: более жизнестойкие и распространенные виды остаются, а редкие исчезают, их ареалы сокращаются и раз за разом, популяция за популяцией происходит вымирание целых видов.

Выводы

1. На Земле обитает великое множество различных видов микроорганизмов, растений, животных, но в большинстве отдельно взятых местообитаний общее число видов невелико (кроме самых благоприятных тропических экосистем). Это связано с тем, что биоразнообразие обусловлено специализацией видов к обитанию на суше и в воде, в пресных и морских водах, на севере и на юге, в засушливом и влажном климате, в высокогорье и низинах, а также по характеру питания, особенностям размножения и т.д.

2. Каждый вид исторически приспособлен к определенным условиям обитания, и его жизнедеятельность зависит от факторов среды: температуры, освещенности, влажности, химического состава воды, грунта и др.

3. Любой фактор имеет ограниченные пределы положительно-го влияния на организм, вне которых нарастает вредное действие фактора (закон оптимума).

4. Любой экологический фактор становится лимитирующим, если он находится ниже критического уровня, генетически присущего данному виду, или превосходит максимально выносимый уровень (закон лимитирующих факторов).

5. Изменение условий обитания — главная причина исчезновения видов в данном месте. В результате вырубки лесов, прокладки дорог, дренажных работ, изменения состава сточных вод, загрязнения воздуха и воды и многих других антропогенных воздействий происходит сокращение числа обитающих на Земле видов. Прямое уничтожение видов в результате потребления или истребления сокращает биоразнообразие в меньшей степени, чем косвенное, обычно незаметное изменение условий обитания.

6. Каждый вид представлен совокупностью отдельных популяций, которые в некоторой степени различаются по генофонду. Биологическое разнообразие складывается не только из множества видов, но и из множества составляющих виды популяций. Уничтожение биологического разнообразия начинается с уменьшения числа популяций.



ОСНОВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Основные вопросы

-
1. *Что такое экосистема, биоценоз, биотоп?*
 2. *Почему любое сообщество видов (лес, озеро, луг и др.) считается достаточно целостной экосистемой?*
 3. *Как разделяются “роли” между группами видов внутри экосистемы? Благодаря чему одни и те же вещества используются в процессах жизнедеятельности многократно?*
 4. *Почему экосистемы обязательно претерпевают закономерное изменение, называемое сукцессией?*
 5. *Почему этот ряд последовательных стадий сукцессии экосистемы завершается относительно стабильной “климаксной” стадией?*
 6. *Насколько избыточно число видов в экосистемах?*
 7. *Почему необходимо дублирование во всех функциональных группах сообщества?*
 8. *Для чего учреждают заповедники, национальные парки и заказники?*
 9. *В чем заключается различие между ними?*
-

Популяции множества видов растений, животных, грибов и микроорганизмов живут в связи друг с другом. Впервые это в полной мере описал Карл Мёбиус (1825–1908) в 1877 г., назвав такое объединение взаимодействующих видов на ограниченной территории биоценозом.

Биоценоз — это “объединение живых организмов, соответствующее по своему составу, числу видов и особей некоторым средним условиям среды, объединение, в котором организмы связаны взаимной зависимостью и сохраняются благодаря постоянному размножению в определенных местах... Если бы одно из условий отклонилось на некоторое время от обычной средней величины, изменился бы весь биоценоз... Биоценоз также претерпел бы изменение, если бы число особей данного вида увеличилось или уменьшилось благодаря деятельности человека, или же один вид

полностью исчез из сообщества, или, наконец, в его состав вошел новый..." (Хрестоматия по общей экологии, 2001).

Мы видим, что биоценоз — это *целостная система* — совокупность живых организмов, которые обитают на определенном месте и зависят как друг от друга, так и от окружающей среды. Например, лес может вырасти лишь в определенном климате при оптимальной температуре и влажности, на подходящей почве. Специфическая совокупность абиотических условий существования сообщества называется биотопом.

Биотоп — участок водоема или суши с однотипными условиями рельефа, климата и других абиотических факторов, занятый определенным биоценозом и обладающий достаточными для поддержания жизни ресурсами.

В самом лесу взрослым высоким деревьям достается много света, а их корни глубоко проникают в землю, получая необходимую влагу в любое время года. Под пологом леса света меньше, и здесь обитают тенелюбивые растения. Они формируют два или три яруса: подрост деревьев, кустарники, травы. Температура и влажность в течение суток в лесу изменяются меньше, чем за пределами лесного массива. Уже в этой стабильности сказывается влияние лесной экосистемы.

Для каждого вида характерно свое сочетание условий существования, при котором он живет лучше всего. Даже незначительные на первый взгляд понижения и повышения рельефа, изменения в освещенности, в составе почвы достаточны для того, чтобы условия существования были разнообразны и пригодны для жизни множества видов растений. Они в свою очередь дают укрытие и пищу для множества других организмов. На деревьях находят приют птицы, насекомые и различные зверьки. На стволах деревьев и кустарников разрастаются лишайники, снуют муравьи. Бабочки, пчелы и шмели собирают нектар с цветов. Гусеницы потребляют листья, а сами становятся кормом для множества птиц. Другие насекомые обитают в тонком слое опада из листьев и веточек. Совместно с микроорганизмами и червями насекомые, многоножки и пауки способны участвовать в переработке опада. Их личинки служат пищей другим видам тех же таксонов. Оказывается, что все множество видов, принадлежащих различным типам и царствам живого, находится в тесном взаимодействии и составляет звенья одной цепи, в которой происходит переход веществ из одной формы в другую, из одного организма в другой.

Все эти организмы зависят друг от друга, так как они существуют за счет ресурсов, находящихся в постоянном обращении.

Если в отлаженном круговороте углерода, азота, фосфора и других жизненно важных элементов где-то произойдет сбой, то круг разомкнется: не все органическое вещество окажется эффективно используемым, начнет выходить из оборота, из-за чего все общество будет ощущать дефицит необходимых для жизнедеятельности ресурсов. В обычных природных сообществах такого, как правило, не происходит, потому что все звенья цепи круговорота веществ многократно продублированы видами, различающимися по их экологическим предпочтениям (предпочтениям).

Еще Чарльз Дарвин в шуточной форме утверждал, что существует прямая зависимость между могуществом британского флота и количеством старых дев в Великобритании. Он проводил достаточно долгую цепочку умозаключений, согласно которой:

- *старые девы любят кошек*, и, значит, чем больше их, тем больше кошек;
- *кошки ловят мышей*, и, значит, чем их больше, тем меньше мышей;
- *мыши разоряют пчелиные ульи*,
- *пчелы опыляют клевер*;
- *клевер едят коровы*,
- *мясо коров идет на бифштексы*,
- *бифштексами кормят британских моряков*, и чем лучше их кормят, тем сильнее *британский флот* и тем сильнее *Британская империя*.

В этой шутке — прекрасный пример взаимной связи, казалось бы, совершенно отдаленных друг от друга членов сообщества.

Вот почему так важно сохранение биологического разнообразия, которое в свою очередь зависит от разнообразия условий существования. В однородных по всем параметрам условиях всегда окажется меньше видов, чем в разнородных. Разнообразие биотопов — важная причина существования столь высокого биологического разнообразия, т.е. множества видов организмов. Населяющие биотоп организмы также постоянно изменяют его. На суше под влиянием растений, микроорганизмов и почвенной фауны трансформируется верхний слой грунта. Меняются его состав и структура. В воде многие беспозвоночные отфильтровывают мелкие частицы и способствуют их осаждению. Они же насыщают воду продуктами своей жизнедеятельности. Обладающие твердым скелетом прикрепленные беспозвоночные и известковые водоросли постепенно меняют облик дна. Так образуются высокие и мощные рифы.

Биоценоз и биотоп вместе составляют единое целое, которое связано энергетическим и вещественным обменом. Поэтому для обозначения всей совокупности отношений между целостным сообществом организмов и окружающей их средой был введен термин “**биогеоценоз**”. Почти одновременно и независимо был

предложен сходный термин “экосистема”, в котором размеры и степень целостности сообщества не играют определяющей роли.

Любая совокупность организмов и неорганических компонентов, в которых может поддерживаться круговорот веществ, называется *экологической системой*.

Другое определение экосистемы заимствовано из международного документа — “Конвенции о сохранении биологического разнообразия” (1992): “...динамичный комплекс сообществ растений, животных и организмов, а также их неживой окружающей среды, взаимодействующих как единое функциональное целое” (ст. 2).

Экосистемы могут быть разного размера. Например, огромный лес и небольшой старый трухлявый пенек со всеми обитателями в равной мере соответствуют сущности экосистемы. Такая трактовка оказалась удобной, так как освободила от сложной процедуры определения степени целостности системы и ее границ для того, чтобы сконцентрировать внимание на разнообразных связях между составляющими системы.

В то же время, анализируя причины экологического кризиса, следует признать, что в массовой культуре долгое время недоставало понимания *степени целостности природы и взаимосвязанности разнообразных и внешне независимых процессов*. Поэтому считалось возможным и целесообразным приносить в жертву материальному благополучию леса, луга, реки и озера.

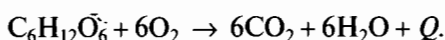
Трофические и энергетические уровни экосистем

Крупные экосистемы обязательно включают взаимодополняющие группы видов, которые различают по характеру питания, употребляя при этом понятие о трофических и энергетических уровнях экосистем.

Основу почти всех экосистем составляют виды, в организме которых синтез сложных органических молекул происходит из простых минеральных соединений, потребляемых из окружающей среды (почвы или воды) за счет энергии солнечного света или химических соединений. Поэтому их называют **автотрофами**, так как они никого не поедают. *Фотоавтотрофы* — это растения и лишайники, использующие энергию света. На суше растения представлены травами, кустарниками, деревьями и мхами, а в воде водорослями, причем в водной среде основная роль принадлежит невидимым невооруженным глазом одноклеточным водорослям — “фитопланктону”.

В природе также существуют и экосистемы, не зависящие столь сильно от солнечного света. В них основу составляют *хемоавтотрофы* — виды, получающие энергию в результате разложения некоторых химических соединений из окружающей среды (например, сероводорода или аммиака). Обычно такой способностью обладают особые бактерии. Однако роль таких экосистем в общем балансе круговорота вещества и энергии невелика.

Накопленные фото- и хемоавтотрофами энергия и вещество становятся основой для существования других организмов, которые употребляют микроорганизмы и растения в пищу. Синтезированные растениями углеводы — основной источник энергии для большинства гетеротрофных организмов. В процессе аэробного дыхания синтезированное органическое вещество разлагается с образованием углекислого газа и воды, при этом высвобождается энергия Q :



Содержащееся в растениях и микроорганизмах вещество вновь перерабатывается. Часть его трансформируется и входит в состав организма животных. Так по цепочке одни и те же химические элементы в различных сочетаниях в виде более или менее сложно устроенных молекул переходят из одного организма в другой.

Если с этих позиций представить экосистему, то в ней можно показать пищевые (или трофические) цепи, которые начинаются с синтеза органических молекул из неорганических, затем продолжаются серией превращений органических веществ из одной формы в другую через разборку на более простые молекулы в пищеварительном тракте животного и последующую сборку новых сложных молекул. Эта цепь трансформаций завершается распадом органического вещества после смерти организма в процессе потребления трупов организмами-редуцентами (или деструкторами). На финальной части преобразования также работает цепочка редуцентов, пока микроорганизмы не используют все возможности извлечения энергии из когда-то больших органических молекул. Так происходит минерализация органики — переход ее в простейшие молекулы, легко усвояемые растениями из почвы в процессе жизнедеятельности. Круг замыкается, вещество снова поступает в оборот и через многочисленные превращения используется многими организмами. Если на первом этапе синтеза органических молекул (фото- или хемосинтез) энергия для биохимических реакций черпается в основном извне организма, то на всех последующих этапах трансформации энергия извле-

кается из потребляемых в пищу молекул при их разложении на более простые составляющие. Так что запасенная автотрофами энергия продолжает работать во множестве других организмов, обеспечивая биохимические реакции жизнедеятельности на всех уровнях организации. На каждом следующем уровне общее количество оставшейся энергии существенно снижается, получается вроде пирамиды.

В основе такой энергетической пирамиды оказывается усвоенная растениями энергия света (или микроорганизмами энергия химических реакций, если это хемоавтотрофы). Сами автотрофы называют *продуцентами*. Далее следует цепочка потребителей (или *консументов*). Удобно разделить их по последовательности перехода энергии и органических веществ из организма в организм. Растительоядные организмы — это *консументы I порядка*, а охотящиеся на них плотоядные животные — *консументы II порядка*. Далее следуют *консументы III* и последующих порядков. В наземных экосистемах таких переходов обычно бывает три–четыре, а в водных больше. Крупные рыбы, такие, как тунцы, могут быть консументами V и даже VI порядков.

Несколько уровней консументов существует за счет исходной биомассы и энергии, накопленной автотрофами. При каждом переходе с одного уровня на другой теряется большая часть биомассы и энергии. Неусвоенная часть биомассы в виде экскрементов: 1) становится пищей редуцентов и 2) источником питательных веществ для растений и микроорганизмов; 3) выходит из круговорота веществ, так как не представляет пищевой ценности или же оказалась захороненной другими веществами до окончания их переработки и усвоения живыми организмами. Энергия тратится на все процессы, связанные с жизнедеятельностью: обменом веществ, движением, ростом, размножением и т.д. 80–90% переносимой энергии при переходе с одного уровня на другой теряется в виде тепла.

Например, из 10 000 кал солнечной энергии в рисе остается 100 кал, а человеку, питающемуся рисом, или корове, питающейся сеном, переходит 10 кал; тогда 1 кал переходит человеку из мяса коровы.

В естественных биогеоценозах суши потеря биомассы при переходе с одного трофического уровня на следующий обычно достигает 100–1000 крат (табл. 6.1). Это важно учитывать при решении проблемы продовольственного обеспечения человечества (см. гл. 9). Чем большую долю в рационе населения занимают мясомолочные продукты, тем больше требуется сельскохозяйственных

угодий. И наоборот, при ориентации на продукцию растениеводства требуется почти в 10 раз меньше сельскохозяйственных земель.

Если представить переход с одного трофического уровня на другой ступенями в виде пирамиды пропорционально оставшейся части биомассы или энергии, то получается диаграмма — экологическая пирамида (рис. 6.1).

Экологической пирамидой называется графическое выражение соотношения различных трофических уровней. Существуют пирамиды: 1) чисел, отражающие количество организмов на каждом уровне; 2) биомассы, отражающие сухой вес общего количества живого вещества на каждом уровне; 3) энергии, отражающие энергетический эквивалент каждого уровня.

Функциональное дублирование

В каждой экосистеме все основные “роли” продублированы. Множество видов обязательно является автотрофами. Точно так же и консументы каждого порядка представлены не одним видом, а множеством или хотя бы несколькими. Так же обстоит дело и на уровне редуцентов. Дублирование позволяет системе функционировать более надежно. Практически при любых обстоятельствах, не выходящих за пределы естественных флуктуаций (колебаний) параметров окружающей среды, в экосистеме оказываются жизнеспособными и активными виды на всех энергетических уровнях.

Эффективность функционирования усиливается за счет разделения “ролей” в сообществе. Особенно ясно это представлено в

Таблица 6.1

Отношение фитомассы к биомассе
травоядных животных
в различных наземных экосистемах
(Ковда, 1969)

Тип экосистемы	Кратность
Тундра	10^4
Тайга	10^5
Хвойно-широко- лиственные леса	10^4
Лесостепь	10^3
Степь	10^2
Пустыня	10^2

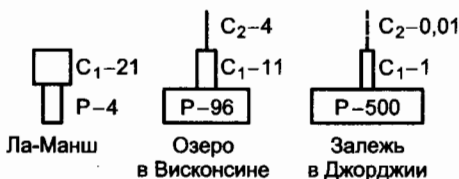


Рис. 6.1. Пример экологических пирамид биомасс (сухой вес, г/м²): P — продуценты; C₁ — консументы первого порядка; C₂ — консументы второго порядка (Одум, 1975)

многоярусности леса: верхний ярус — высокие деревья; средний ярус — кустарники и подрост деревьев; нижний ярус — травы. Все вместе они полнее используют поступающую энергию солнечного света. Аналогичная дифференцировка по местоположению или специализация по выполнению “экологической роли” существует среди консументов и редуцентов. Например, одни наиболее приспособлены для поимки крупной добычи, а другие — мелкой; одни охотятся днем, другие — ночью; одни — в густой траве, другие — на открытом месте и т.д.

Среди дублирующих видов обычно один-два лидируют, а остальные существуют на почти предельно низком уровне численности. Массовые виды играют основную роль в функционировании экосистемы и трансформации веществ. Малочисленные (или “минорные”) виды оказываются в резерве. Каждый из них может стать лидером при незначительном, по нашему мнению, изменении состояния среды обитания. Поэтому и они играют не менее важную, но скрытую до определенного времени роль для обеспечения стабильности и сбалансированности экосистемы. Поэтому нельзя пренебрежительно относиться ни к каким видам.

За счет дублирования обеспечивается стабильное функционирование не только экосистем, но и многоклеточных организмов, в теле которых каждая ткань состоит из множества взаимодублирующих клеток. Растения, низшие грибы и колониальные беспозвоночные состоят из повторяющихся органов: ветвей, листьев, корней, столонов, мицелия, зооидов. Внутри клетки (и одноклеточных организмов) большинство органелл представлено многократно.

В технических устройствах дублирование сведено к минимуму. Упор конструкторов сделан на подбор надежных материалов и точную сборку изделий, а в случае поломки — на замену деталей, производимую пользователем. Это иная форма дублирования, предполагающая вмешательство ремонтника, т.е. существа, разбирающегося в конструкции и способного целенаправленно ее исправить. В природе отсутствует такая форма контроля функционирования экосистем и все исправления осуществляются только за счет многократного дублирования выполнения всех функций, так чтобы “дублер” оказался в любом месте, где возможен сбой.

Дублирование — это главный прием обеспечения стабильности и надежности в природе. Поэтому противоестественно считать, что природа расточительна и у нее слишком много видов.

Естественное развитие экосистем — сукцессия

Ничто живое не остается неизменным. И организмы, и виды, и экосистемы все время меняются. Организмы растут и стареют. Виды постепенно трансформируются, достигают расцвета и сходят с арены эволюции. Экосистемы не столь целостны, как организмы и виды, но и для них существуют закономерные смены состояний. Развитие экосистем называется сукцессией, а причины изменения экосистем столь поучительны, что должны быть известны каждому культурному человеку.

Сукцессия — последовательная смена во времени одних экосистем другими на одном и том же участке земной поверхности.

Сукцессия происходит из-за того, что в ходе увеличения численности популяций уменьшаются необходимые для них ресурсы и накапливаются отходы. В результате условия среды оказываются более благоприятными для поселения и развития других видов растений, животных, микроорганизмов и грибов, приходящих на смену прежде процветавших. Если поместить в колбу с культуральной жидкостью несколько разных видов простейших, то затем можно проследить последовательную смену доминирования одних видов другими (рис. 6.2).

Яркий пример сукцессии — восстановление леса на месте вырубki или пожарища. Вначале преобладают светолюбивые растения, например такие, как береза. По мере того как березы вырастают, света под их кронами становится меньше и поэтому раньше или позже преимущество переходит к тенелюбивым видам, таким, как ель. Происходит постепенная смена древостоя, а вместе с ним и населяющих лес других видов растений и животных.

Понимая причины сукцессии, нередко приходится обращать внимание на то, что не только в экосистемах слишком быстрое развитие приводит к исчерпанию необходимых для него ресурсов и смене видового состава, но и повсеместно работает то же правило, которое еще Г.В.Ф. Гегель (1770–1831) в философии назвал “отрицанием отрицания”. В экологии этот закон диалектики предстает в виде развития экосистем.

Первичная и вторичная сукцессия

Первичная сукцессия начинается на субстратах, не затронутых почвообразованием, т.е. на голом месте, например на песке или на вулканических породах новообразовавшегося островка. В городах нередко можно наблюдать один из вариантов первичной

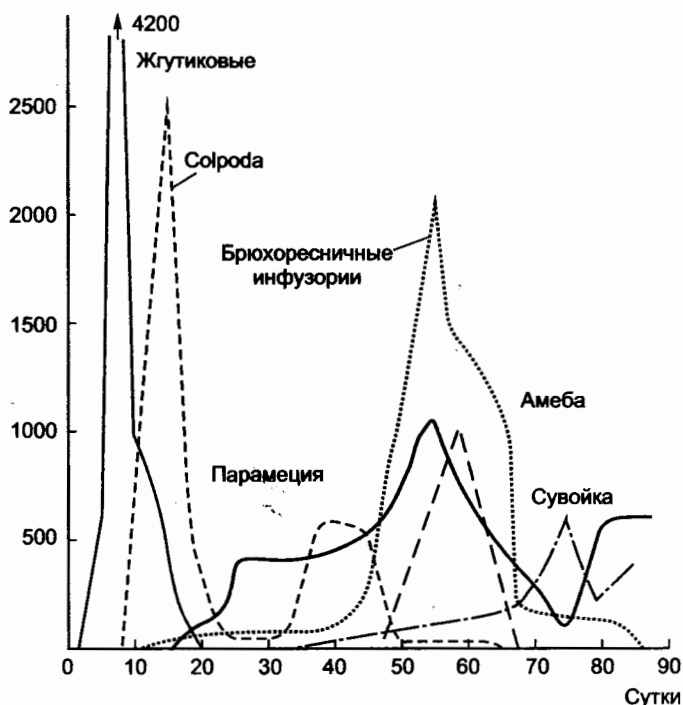


Рис. 6.2. Последовательность смены доминирующих видов простейших в экспериментальном водном сообществе. По оси ординат — число особей каждого вида, см³ (Дажо, 1975)

сукцессии на пустырях, образовавшихся после снятия почвенного покрова (например, так полагается поступать перед строительством жилого массива). На голом грунте, подстилавшем почвенный слой, трудно прижиться большинству видов растений. Лишь самые выносливые медленно заселяют пустырь. Постепенно число видов трав на пустыре увеличивается, затем появляются и отдельные кустарники. Под их пологом начинают расти неприхотливые деревья, и лишь спустя много лет их сменяют тенелюбивые породы, характерные для местного климата (рис. 6.3). Одновременно будет меняться и состав фауны как в почве, так и на ее поверхности.

Наиболее яркое и полное исследование первичной сукцессии было выполнено на границе США и Канады на оз. Мичиган, которое в течение длительного исторического периода мелело, а на его песчаных берегах формировалась первичная экосистема. Американский ученый Генри Коулз в 1899 г. описал временной ряд

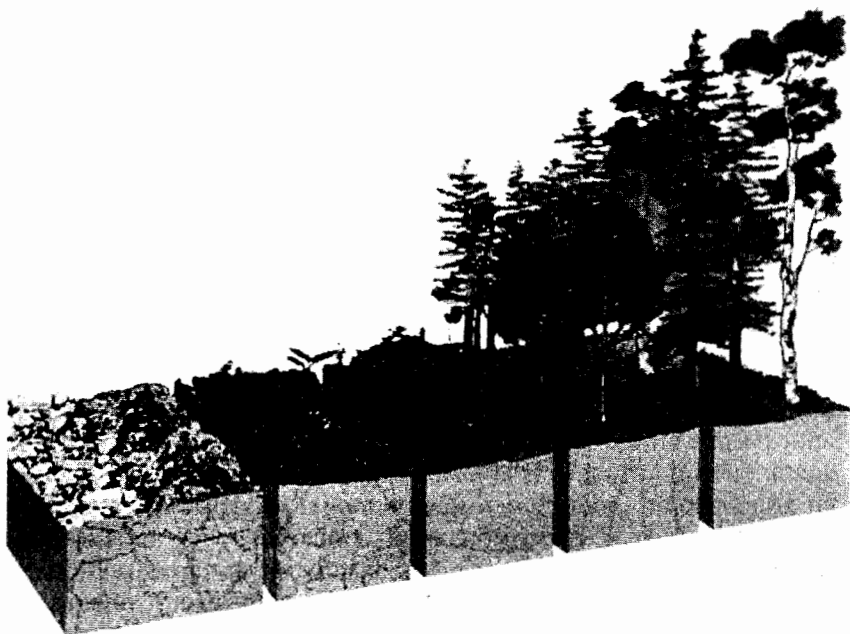


Рис. 6.3. Схематическое изображение первичной сукцессии, описанной для побережья оз. Мичиган. Развитие сообщества изображено слева направо (<http://www.geo.arizona.edu/Antevs/nats104/00lect20.html>)

изменений сообщества на основе изучения пространственных различий экосистемы по мере отдаления от берега. Он вполне обоснованно предположил, что возраст сообщества увеличивается пропорционально отдалению от кромки воды. Эти исследования через полвека продолжил Дж.С. Олсон (1958). В результате им удалось описать классическую первичную сукцессию на голом песке с формированием растительного покрова и почвенного слоя.

Пример первичной сукцессии

Вулкан Кракатау

Это случилось 27 августа 1883 г. Остров Кракатау вулканического происхождения (он располагался между островами Суматра и Ява в Индонезии) взорвался (рис. 6.4). Звук катастрофы был слышен за 5000 км. Океанская волна, рожденная взрывом, обошла весь земной шар и лишила жизни 36 тыс. человек. Предполагают, что на Кракатау воды океана прорвались в большую камеру, наполненную магмой. Последующие события восстановления экосистемы о. Кракатау были прослежены и описаны в трудах ученых.

- Сразу после извержения, в том же 1883 г., на остывших вулканических породах стали расти синезелёные водоросли (цианобактерии).
- Через 9 месяцев появились пауки.
- Уже в 1896 г. семена дикого сахарного тростника дали буйную поросль.
- Через 50 лет на острове был молодой лес, а наземная фауна насчитывала более 1200 видов.

Еще более яркий пример первичной сукцессии дает описание изменений на лавовом острове, возникшем после взрыва острова Кракатау в 1883 г. К сожалению, в этом случае описания не столь полны, как в случае экосистемы на берегу оз. Мичиган.



Рис. 6.4. Образовавшийся в 1883 г. после взрыва вулкана Кракатау новый остров
(www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work-Krakatau.html)

Озеро Мичиган

Озеро Мичиган медленно мелело, на оголенных участках дна образовывались песчаные дюны. Проложив перпендикулярную берегу трансекту (линию учетных площадок), можно было изучать, как меняется со временем растительность:

- 1) вначале песчаные дюны заселяют многолетние травы, которые укрепляют песок корнями;
- 2) затем появляются злаки;
- 3) через некоторое время появляются ивняк, можжевельник, карликовая вишня —

образуется ПОЛОГ, затем:

- 4) начинают расти сосны 1–2-го поколения;
- 5) на смену им приходят дубы;
- 6) потом клены;
- 7) и наконец бук — самое теневыносливое дерево в этом климате (Одум, 1975; Риклефс, 1979; Cowles, 1899; Olson, 1958).

Вторичная сукцессия происходит на месте уже существовавших экосистем после того, как они по каким-то причинам оказались уничтоженными или поврежденными, например на месте вырубок леса или лесных пожаров, на коралловом рифе после сильного урагана. Пример вторичной сукцессии — березняк, перерождающийся в ельник на месте вырубки.

Климаксная стадия сукцессии — заключительная стадия развития экосистемы, находящаяся в наиболее полном единстве с биотопом. Обычно на этой стадии основные доминирующие виды потребляют немного ресурсов и в незначительной степени меняют среду обитания. В таком состоянии экосистема может находиться очень долго. В энергетическом балансе экосистемы по мере сукцессии также происходят важные перемены. Со временем все большая часть энергии уходит на поддержание процессов жизнедеятельности созревающей экосистемы, т.е. эффективность усвоения энергии возрастает. На первых этапах развития это связано с увеличением числа видов, входящих в биогеоценоз. Разработкой теории сукцессии и климакса растительных сообществ занималось немало видных экологов, но среди них одним из первых и наиболее активных был американский биолог Фредерик Клементс (1874–1945).

Березы как индикатор социальных перемен в обществе

Береза как биологический вид — дерево, существование которого тесно связано с деятельностью человека, точнее, с тем, как он пользуется природой. Береза может расти только на открытом свету. Живет береза относительно недолго — только единичные березы доживают до 100 лет. Когда на залежь или вырубку засеваются семена разных деревьев, как правило, семян березы бывает больше всего и растут они быстрее всех. Но как только кроны растущих деревьев начинают смыкаться, огромное количество берез, попавших в тень, гибнет. У берез старые деревья стоят на большом — до 20 метров — расстоянии, смыкаясь широкими раскидистыми кронами. По мере роста березы нижние ветки, оказываются в тени, засыхают и отмирают, так что крона всегда расположена очень высоко. Поэтому в таком лесу всегда светло и просторно. Это позволяет косить в нем траву и выпасать скотину. Все, что ниже определенного уровня, при этом затоптывается. В такой ситуации в березняке не останется деревьев других пород, и мы будем видеть чистый березняк. Березовый лес состоит из деревьев одного поколения и существует одно поколение. Под пологом березы ее собственные потомки не выживают. Поэтому те огромные площади березняков, которые мы видим повсеместно, указывают на перемены в землепользовании: эти березняки никак не могут быть исконными лесами, они сверстники перемен.

Первое поколение березняков — ровесники великой реформы (отмены крепостного права) 1861 г. Рождение другого поколения березняков связано с событиями тридцатых годов нашего века: засухой, голодом, коллективизацией и репрессиями в деревне. Огромные площади пашен и пастбищ заросли березняками во время Великой Отечественной войны. Реформа начала 1960-х (крестьяне получили паспорта) привела к массовой миграции людей в города, что привело к забрасыванию значительного числа пахотных угодий. Этот процесс продолжается до настоящего времени (*Пономаренко Е. Березы — сверстники социальных перемен // Наука и жизнь. 1992. № 5-6. С. 10-13.*

Выводы

1. В любом месте, где возможна жизнь, обитают такие виды организмов, взаимодействие между которыми достаточно сбалансировано, все вместе они представляют сообщество, или экосистему.

2. В каждом биогеоценозе имеются продуценты, консументы и редуценты, благодаря чему обеспечивается цикличное превращение веществ, составляющих материальную основу жизни.

3. Все процессы трансформации веществ и энергии в экосистемах продублированы множеством организмов и наличием нескольких параллельных видов на всех стадиях преобразования веществ.

4. На первых этапах заселения биотопа с избыточными ресурсами в сообществах преобладают быстрорастущие виды. Из-за этого необходимые для их жизнедеятельности ресурсы быстро истощаются и одновременно накапливаются отходы, что способствует смене видового состава и изменению структуры сообщества. Этот процесс развития экосистем называется сукцессией.

5. По мере того как на смену быстрорастущим видам приходят медленнорастущие, темп истощения природных ресурсов снижается и сообщества достигают относительной стабильности.

6. Необходимо большое число видов для того, чтобы жизнь могла распространиться по всей Земле, освоив великое разнообразие условий существования с множеством вариаций, возникающих в процессе развития экосистем. Кроме того, в каждом сообществе должно быть достаточно видов для обеспечения круговорота жизненно важных веществ за счет последовательной и цикличной их трансформации.

7. Кажущееся огромным биологическое разнообразие видов на самом деле не избыточно, и для каждого отдельного биотопа с особым сочетанием условий среды обитания исторически оказалось адаптированным весьма ограниченное число видов.



СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Основные вопросы

1. Что включает в себя понятие "биологическое разнообразие"?
2. Сколько известно науке видов растений, животных, в том числе позвоночных животных?
3. Чем объясняется такое количество видов и сколько видов растений и животных обычно можно встретить в экосистемах умеренной климатической зоны?
4. В каких регионах планеты и в каких экосистемах больше всего видов?
5. Можно ли считать избыточным число населяющих нашу планету видов организмов?
6. Почему в настоящее время человечество всерьез обеспокоено угрозой исчезновения ряда видов?

Глобальное биологическое разнообразие

Общая площадь суши на Земле составляет 130 млн км². Еще 10 тыс. лет тому назад почти вся эта огромная территория была девственной. С тех пор человечество разрослось и отвоевало у природы больше трети этой территории (38,5%). 49 млн км² заняты сельскохозяйственными угодьями, 2 млн км² находятся под городами, поселками и дорогами. Продолжается сокращение лесов (см. гл. 10). К настоящему времени осталось очень мало лесов, сохранивших свой первозданный облик, в которых нередко попадаются вековые и даже многовековые деревья. В конце XX в. мы стали соучастниками наступления на один из последних реликтовых массивов влажных джунглей в Бразилии. Не так давно ученым удалось установить, что биологическое разнообразие одних лишь насекомых, обитающих в кронах древних деревьев, ошеломляюще велико. При подсчете насекомых, собранных после обработки одного (!) большого дерева, было обнаружено более 10 тыс. видов, а с другого такого же дерева, стоящего неподалеку, было собрано столько же видов, но лишь меньшинство из них

было одинаковым. Трудно даже представить масштаб уничтожения биологического разнообразия при вырубке лесов бассейна Амазонки!

Несмотря на то что человечество почти 300 лет (с 1735 г.), когда Карл Линней опубликовал бинарную систему видов, продолжает описывать флору и фауну, до сих пор ежегодно обнаруживают сотни новых видов. Правда, в основном они принадлежат к малозаметным группам, обитающим в труднодоступных местах. Крупные животные, растения и грибы известны на 98–99% и, а их не так уж много. Так, всех позвоночных животных (рыб, земноводных, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих) не более 52 тыс. видов, при том что беспозвоночных в 20 с лишним раз больше.

Даже число типов беспозвоночных пока еще установлено не окончательно. К настоящему времени описано примерно 1272 тыс. видов животных, 270 тыс. видов растений, 72 тыс. видов грибов. О числе видов микроорганизмов по-прежнему точно судить сложно. Ученые спорят о возможном количестве еще не описанных видов. Многие считают, что их существенно больше, чем описанных.

Биологическое разнообразие должно быть сохранено по разным причинам, главная среди которых этическая: человек не имеет права уничтожать то, что не может создать сам. Чем культурнее и умнее человек, тем отчетливее и острее он ощущает великую меру ответственности за свои действия. Дикарь не задумывается над содеянным, но он и не имеет технических возможностей оказать слишком сильное воздействие на породившую его природу. Современный человек получил в наследство инструменты воздействия на окружающую среду, почти сопоставимые по мощи с природными процессами. Поэтому свобода использования современных технических средств и доступ к ним пользователей должен быть ограничен жестким и действенным контролем со стороны мирового сообщества.

Второй аргумент намного проще этического и понятен каждому вне зависимости от его культурной и социальной зрелости. Рассуждая утилитарно, человечеству невыгодно сокращение биологического разнообразия, несущего в себе гигантские нереализованные возможности совершенствования сельскохозяйственных растений и животных, получения спасительных лекарств и других желанных средств. Поэтому в “Повестке дня на XXI век” в разделе “Сохранение биологического разнообразия” приведены следующие факты, относящиеся к концу 1980-х годов. Один ген эфипского ячменя защищает сейчас от желтого карликового вируса урожай всего калифорнийского ячменя стоимостью 160 млн долл.

Древнее мексиканское дикое растение, родственное кукурузе, при скрещивании с современными сортами кукурузы может сберечь фермерам мира до 4,4 млрд долл. в год. Стоимость лекарств, производимых в мире из дикорастущих растений и естественных продуктов, составляет около 40 млрд долл. в год. В 1960 г. только один ребенок из пяти больных лейкемией имел шанс выжить. Теперь четверо из пяти имеют такой шанс. Это стало возможным благодаря лечению лекарственным препаратом, содержащим активные вещества, обнаруженные в тропическом лесном растении *Rosy perwinkle*, родина которого — тропические леса Мадагаскара.

* “Производство пищевых продуктов в экономически развитых странах зиждется на генетическом богатстве природы развивающихся стран. Все растениеводство США основано на использовании видов растений, привезенных из других стран. Их доля составляет более 98%. Поскольку уничтожение растительности в областях происхождения этих видов подрывает генетический фонд культурных растений, постольку сокращаются возможности селекционеров создавать улучшенные сорта, устойчивые к сельскохозяйственным вредителям и болезням” (Ален, 1987. С. 17–18).

Можно привести множество подобных примеров. В последние годы добились удивительных достижений в геномной инженерии, благодаря которым стало возможным напрямую пересаживать гены от разнообразных видов вне зависимости от степени их родства. Такие рекомбинации революционно расширяют возможности селекции и открывают необозримые горизонты новой эры, но происходит это в то время, когда в мире ежедневно снижается естественное биологическое разнообразие.

Красные книги и особо охраняемые природные территории (ООПТ)

Понятно, что необходимо сохранить бесценное богатство, доставшееся нам на время от природы. Мы не имеем морального права удовлетворять свои материальные потребности за счет подрыва биологического разнообразия и устойчивости биосферы. Уже с середины XIX в. человечество стало осознавать опасность неконтролируемого покорения природы. Тогда возникли первые Национальные парки в США. В течение XX в. создавалась сеть особо охраняемых природных территорий, в которую кроме новых национальных парков вошли заповедники, заказники, памятники природы, а также территории с лимитируемым хозяйственным использованием вроде охотничьих хозяйств или зеленых зон вокруг городов. В России все заповедные земли находятся

под охраной Закона “Об особо охраняемых природных территориях” (1995. № 33-ФЗ).

Национальный парк — это территория (акватория), включающая в себя природные комплексы и объекты, имеющие особую экологическую, историческую и эстетическую ценность, предназначенные для использования в природоохранных, просветительских, научных и культурных целях и для регулируемого туризма (ст. 12 Закона). Земля, воды, недра, растительный и животный мир, находящиеся на территории национального парка, представляются ему во временное пользование на правах, предусмотренных федеральными законами. Национальные парки имеют собственный штат работников для управления, охраны и культурно-просветительной работы.

Заповедник — это экологически ценная территория (акватория) федерального значения, оставляемая в нетронutom (девственном) состоянии или выводимая из всех видов коммерческого использования для сохранения типичных и уникальных экосистем и их компонентов, сопоставления хода природных процессов на нетронутых и антропогенных территориях (акваториях), изучения динамики восстановления частично преобразованных экосистем. Земля, воды, атмосфера, недра, растительный и животный мир, находящиеся в пределах заповедника, изымаются из хозяйственной эксплуатации и передаются ему в бессрочное и безвозмездное пользование (владение) (ст. 6 Закона). Заповедники в России находятся на государственном балансе. Они имеют собственный штат, включающий администрацию, охрану, научных сотрудников, в обязанности которых входит не только проведение наблюдений за флорой и фауной в заповеднике и их исследований, но и ведение “календаря природы”.

Заказник — это территория (акватория), имеющая особое значение для сохранения или восстановления природных комплексов или их компонентов и поддержания экологического баланса. Объявление территории заказником допускается как с изъятием, так и без изъятия у пользователей, владельцев и собственников земли. На территориях государственных природных заказников, где проживают малочисленные этнические общности, допускается использование природных ресурсов в формах, обеспечивающих защиту исконной среды обитания указанных этнических общностей и сохранение традиционного образа их жизни. Заказники не обладают собственным штатом сотрудников (ст. 22).

Памятник природы — уникальные, невосполнимые, ценные в экологическом, научном, культурном и эстетическом отношениях

природные комплексы, а также объекты естественного и искусственного происхождения. Они могут быть федерального и регионального значения. Объявление природных объектов памятниками природы допускается с изъятием земельных участков у собственников и пользователей этих участков. Режим охраны осуществляется собственником или пользователем этой территории (ст. 25).

Сеть особо охраняемых природных территорий за последние 100 лет развилась в мире почти с нуля (рис. 7.1). Если в начале XX в. было всего около десятка национальных парков, занимавших ничтожно малую площадь, то на начало XXI в. всемирная сеть особо охраняемых природных территорий насчитывала уже 102 102 участка общей площадью более 18,8 млн км², в том числе 17,1 млн км² суши (11,5% от общей площади суши) и 1,7 млн км² морских акваторий (0,5% от площади Мирового океана). Самым крупным из них является морской парк "Большой Барьерный риф" (344 800 км²).

Первый заповедник был создан в 1916 г. в Прибайкалье, на западном склоне Баргузинского хребта. После Октябрьской революции число заповедников стало быстро расти и к началу 1950-х годов достигло 130. В то время отечественная система особо охра-

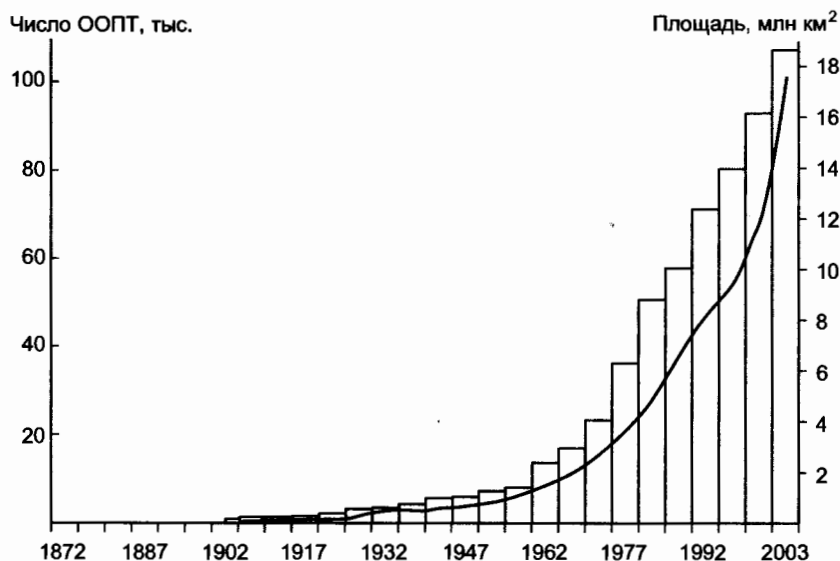


Рис. 7.1. Динамика числа и площади ООПТ в мире (United Nations List of Protected Areas, 2003)

няемых природных территорий была лучшей в мире. В каждом заповеднике имеется свой штат работников, в который входит администрация, охрана и группа научных сотрудников. Последние не только описывают флору и фауну заповедника, но и ведут непрерывные фенологические наблюдения, календарь природы — уникальные исследования, не имеющие аналогов в прошлом. В дальнейшем система заповедников Советского Союза неоднократно сокращалась, и хотя удалось отстоять и даже расширить заповедные земли, все же к настоящему времени многие страны обогнали Россию по доле особо охраняемых природных территорий по отношению к общей территории страны.

Были приняты международные конвенции и соглашения по регулированию и сокращению китобойного промысла (1946 г.), о сохранении водно-болотных угодий, имеющих международное значение (Рамсарская конвенция, 1971 г.), об охране всемирного культурного и природного наследия (1972 г.), о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС, 1973 г.), об охране морских живых ресурсов Антарктики (1982 г.) и, наконец, широкомасштабная Конвенция по биологическому разнообразию (1992 г.) (см. Приложение № 7). В 1966 г. Международный союз охраны природы издал первую Красную книгу редких видов, находящихся на грани вымирания. В последующие годы Красные книги были изданы в различных странах, областях и даже городах. Они помогают вовремя провести инвентаризацию видов, которые могут незаметно для самого человека исчезнуть из жизни. Красные книги позволяют сформулировать проблему для того, чтобы попытаться избежать сокращения биологического разнообразия.

Из Красной книги МСОП 2000 г. следует, что самой широкомасштабной и серьезной угрозой для птиц, млекопитающих и растений является утрата и деградация среды обитания, которая приводит к уменьшению популяций птиц (89%), млекопитающих (83%) и растений (91%), занесенных в Красные книги. Тремя главными причинами утраты среды обитания остаются сельскохозяйственное производство и лесоводство, добывающая промышленность (включая добычу руды, рыболовство и заготовку леса) и любые виды застройки (см. рис. 5.7).

В последние несколько десятилетий коралловые рифы — самые разнообразные по видовому составу морские экосистемы — испытывали на себе предельно опасный пресс антропогенного воздействия, связанный с развитием массового туризма, роста инфраструктуры и промысла беспозвоночных на сувениры. По последним

докладам, на грани уничтожения находится половина всех коралловых рифов Юго-Восточной Азии, которые известны своим исключительным биологическим разнообразием (<http://rio10.cis.lead.org/sg/sg4.htm>).

В настоящее время в мире под угрозой исчезновения находится 11 046 видов. Это больше, чем было 10 лет тому назад. 816 видов считаются вымершими или исчезнувшими в естественной среде обитания, а относительно 4595 видов отсутствует уверенность в их стабильном существовании. Общее число внесенных в Красную книгу видов за период с 1997 по 2002 г. увеличилось. Например, количество редких млекопитающих возросло с 1096 до 1130, а количество птиц — с 1107 до 1183. Увеличилось также общее число видов, находящихся на грани вымирания, например млекопитающих со 169 до 180, а птиц со 168 до 182 (Красная книга МСОП, 2000).

Двумя основными угрозами для млекопитающих являются *фрагментация среды* обитания (для 6 % всех видов) и *обезлесение* (для 9 % всех видов), причины которых пока не установлены.

Следует отметить, что, как показывают результаты анализа угроз, с которыми сталкиваются находящиеся в опасности виды в Соединенных Штатах Америки, самую серьезную опасность представляют утрата и деградация среды обитания, которые сказываются на положении более чем 80 % находящихся в опасности видов. Непосредственно утрата среды обитания и ее хозяйственное использование также сильно сказываются на популяциях птиц (37 % находящихся в опасности видов), млекопитающих (34 % находящихся в опасности видов) и растений (8 % находящихся в опасности видов).

Эту категорию можно дополнительно подразделить на утрату и деградацию среды обитания вследствие *охоты и собирательства* и последствия законной и незаконной торговли. Соответствующие данные показывают, что охота и собирательство приводят к уменьшению популяций 338 находящихся в опасности видов птиц (28 % изученных видов), 212 находящихся в опасности видов млекопитающих (29 % изученных видов) и 169 находящихся в опасности видов растений (7 % изученных видов).

Последствия *торговли* приводят к уменьшению популяций 13 % находящихся в опасности видов птиц и млекопитающих, но в то же время сказываются на популяциях менее чем 1 % находящихся в опасности видов растений.

(Доклад Генсекретаря ООН "Положение в мире в области биологического разнообразия", 2001)

До сих пор остается интенсивной торговля дикими животными. По оценкам Интерпола (1998 г.), объем международной торговли дикими животными и растениями в мире, без учета древесины и рыбной продукции, составил 6 млрд долл. Нелегальная торговля дикими животными и растениями вышла на второе место после наркотиков, обогнав незаконную торговлю оружием. От индустриализации сельского хозяйства происходит значитель-

ное сокращение числа культивируемых домашних животных и сельскохозяйственных растений. Под угрозой вымирания в наименьшей степени, чем дикие виды, оказались окультуренные.

С середины 1980-х годов из 6000 пород сельскохозяйственных животных исчезло не менее 300, а еще 1350 вскоре может постигнуть та же участь. За последние 100 лет человечество потеряло более 90% сортов сельскохозяйственных растений, которые возделывались на нашей планете в начале XX в.

К нашему времени лишь 15 сельскохозяйственных культур обеспечивают 90% потребляемого продовольствия в мире. Три из них — пшеница, рис и кукуруза — стали источником основной пищи для 4 млрд людей на Земле.

Международная конвенция о биологическом разнообразии

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро 145 стран подписали Конвенцию о биологическом разнообразии. Россия присоединилась к Конвенции в 1995 г.

Цель Конвенции — сохранение биологического разнообразия и обеспечение устойчивого использования его компонентов, а также совместное получение на справедливой и равной основе выгод, связанных с использованием генетических ресурсов.

В соответствии с Уставом Организации Объединенных Наций и принципами международного права государства имеют суверенное право разрабатывать собственные ресурсы, но и несут ответственность за то, чтобы их деятельность не вредила окружающей среде за пределами данного государства. Такая мягкая форма ограничения характерна для современной практики международного права, стремящегося прежде всего объединить государства для достижения посильных целей даже за счет существенных уступок в формулировке ограничений суверенной активности государств на своей территории. Тем не менее в случае сохранения биологического разнообразия, представляющего общемировое значение, любое существенное сокращение численности видов или площади естественных экосистем на собственной территории может рассматриваться как ущерб, наносимый биосфере, т.е. и соседним странам, и всему человечеству.

В соответствии с Конвенцией государства:

- 1) разрабатывают национальные стратегии, планы и программы сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия;

- 2) определяют компоненты биологического разнообразия, имеющие важное значение для его сохранения и устойчивого использования;
- 3) осуществляют мониторинг биологического разнообразия, уделяя особое внимание тем, которые требуют принятия неотложных мер по сохранению, а также тем, которые открывают наибольшие возможности для устойчивого использования;
- 4) определяют процессы и категории деятельности, которые оказывают или могут оказывать значительное неблагоприятное воздействие на сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия и осуществляют мониторинг их последствий;
- 5) создают систему охраняемых районов или районов, в которых необходимо принимать специальные меры для сохранения биологического разнообразия;
- 6) регулируют или рационально используют биологические ресурсы, имеющие важное значение для сохранения биологического разнообразия в охраняемых районах или за их пределами, для обеспечения их сохранения и устойчивого использования;
- 7) содействуют защите экосистем, естественных мест обитания и сохранению жизнеспособных популяций видов в естественных условиях;
- 8) поощряют экологически обоснованное и устойчивое развитие территорий, прилегающих к охраняемым районам, для улучшения их охраны;
- 9) принимают меры по реабилитации и восстановлению деградировавших экосистем и содействуют восстановлению находящихся в опасности видов, в частности, посредством разработки и осуществления планов и других стратегий рационального использования;
- 10) устанавливают или поддерживают средства регулирования, контроля или ограничения риска, связанного с использованием и высвобождением живых измененных организмов, являющихся результатом биотехнологии, которые могут иметь вредные экологические последствия;
- 11) предотвращают интродукцию чужеродных видов, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам, контролируют или уничтожают такие виды;
- 12) стремятся создавать условия, необходимые для обеспечения совместимости существующих способов использования с сохранением биологического разнообразия и устойчивым использованием его компонентов;

- 13) в соответствии с национальным законодательством обеспечивают уважение, сохранение и поддержание знаний, нововведений и практики коренных и местных общин, отражающих традиционный образ жизни, которые имеют значение для сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия, способствуют их более широкому применению;
- 14) разрабатывают или осуществляют необходимые законодательные нормы и/или другие регулирующие положения для охраны находящихся в опасности видов и популяций;
- 15) участвуют в оказании финансовой и иной поддержки реализации Конвенции, особенно в развивающихся странах;
- 16) разрабатывают и осуществляют программы научно-технического обучения и подготовки кадров для реализации мер по определению, сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия; оказывают поддержку такому обучению и подготовке кадров для развивающихся стран;
- 17) поощряют и стимулируют пропаганду через средства массовой информации сохранения биологического разнообразия и включение этих вопросов в учебные программы школ.

Право определять доступ к генетическим ресурсам принадлежит национальным правительствам и регулируется национальным законодательством, но каждое государство должно стремиться создавать условия для облегчения доступа к генетическим ресурсам в целях экологически безопасного использования другими участниками соглашения.

Государства обязуются предоставлять и облегчать другим участникам соглашения доступ к технологиям, которые имеют отношение к сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия. Государства приняли обязательство содействовать обмену информацией из всех общедоступных источников, касающихся сохранения и устойчивого использования биологического разнообразия, с учетом особых потребностей развивающихся стран. Это включает в себя обмен результатами технических, научных и социально-экономических исследований, а также информацией о программах профессиональной подготовки и обследований.

Для финансирования программы Конвенция предусмотрела специальный механизм сбора и распределения средств.

Конвенция о биологическом разнообразии вступила в силу в 1993 г. и к 2002 г. подписана 182 странами. Однако только 70 стран разработали к этому времени национальные планы ее реализации и еще 55 завершали их подготовку.

Достижения генной инженерии и биотехнологии кроме несомненной позитивной стороны имеют и потенциальную опасность. Человечество не может быть уверенным, что, получив в свои руки еще одно мощнейшее орудие воздействия на природу, оно не навредит биосфере и самому себе. Требуется предельная осторожность в обращении с генетически модифицированными организмами. Понимая меру своей ответственности, участники Конвенции в начале 2000 г. приняли Картахенский протокол по биобезопасности. Это стало одним из крупнейших событий XX в., так как в нем предусматривается применение на оперативном уровне принципа предосторожности к защите биологического разнообразия от потенциальных рисков, создаваемых живыми измененными организмами — продуктами современной биотехнологии. В Протоколе установлена процедура предварительного обоснованного согласия с тем, чтобы до выдачи разрешительных санкций на ввоз живых измененных организмов на свою территорию страны могли получать информацию, необходимую для принятия обоснованных решений. Осуществление Протокола позволит выявить сложность проблемы обеспечения учета вопросов, касающихся сохранения биологического разнообразия, при разработке международной и национальной экономической политики.

В докладе Генерального секретаря ООН “Положение в мире в области биологического разнообразия” 2001 г. сказано, что “благодаря пятилетнему обзору хода осуществления решений Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Встреча на высшем уровне “Планета Земля+5”) в 1997 г., саммиту тысячелетия ООН в 2000 г. и Первому Всемирному форуму по охране окружающей среды на уровне министров в 2000 г. рассмотрение вопросов биологического разнообразия было вынесено на высокий политический уровень, необходимый для активизации деятельности в области сохранения и устойчивого использования биологических ресурсов и обеспечения надлежащего распределения выгод (<http://www.un.org/russian/>).

Действия России по сохранению биологического разнообразия

Россия расположена на огромной территории, представляющей 1/9 часть всей суши с разнообразными природно-климатическими условиями. Основная часть территории приходится на равнины и низкогорья, поэтому биологическое разнообразие страны ниже, чем любой аналогичной по площади территории в дру-

гих частях света. Флора и фауна России беднее, чем на территориях, расположенных южнее. Но благодаря огромным пространственным различиям животный и растительный мир все же очень разнообразен и по числу видов превосходит, например, Европу. Разнообразие видов нарастает с севера на юг. Если в арктической зоне число видов травянистых растений менее 400, птиц менее 100, а млекопитающих менее 30, то по мере продвижения на юг эти значения возрастают примерно вдвое. В границах России насчитывается множество видов растений, животных, грибов, микроорганизмов, которые исторически обосновались в разнообразных биотопах. Значительная часть территории (более 60%) расположена в зоне вечной мерзлоты, особенно чувствительной как к антропогенным влияниям, так и к изменению климата.

В нашей стране уже в начале XX в. стали создавать единую сеть заповедников. В тот период СССР стал безусловным лидером в охране природы, но не надолго. Вскоре последовало несколько волн реформ, направленных на ограничение заповедного режима и сокращения территории заповедников, но в последнее время площадь особо охраняемых территорий снова стала увеличиваться (рис. 7.2).

На 1 августа 2002 г. особо охраняемые природные территории России занимали около 2,8% площади страны. В них входят 100 заповедников (33 711 млн га) и 35 национальных парков

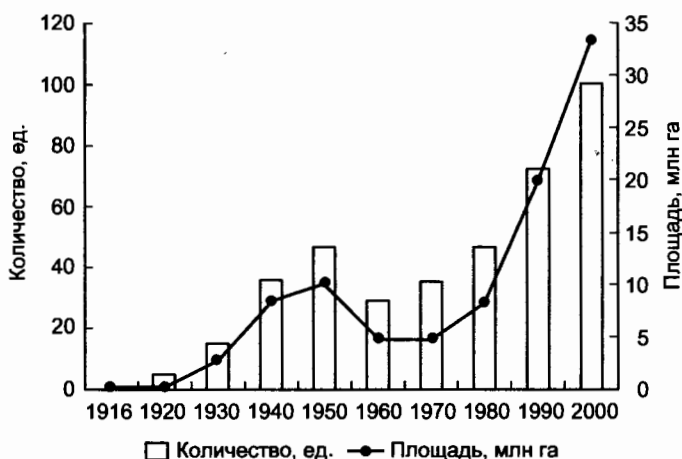


Рис. 7.2. Динамика общего количества и площади природных заповедников в Российской Федерации (Особо охраняемые природные территории Российской Федерации, 2003)

(6968 млн га), 69 государственных заказников федерального подчинения (12 489 млн га) и более 1600 заказников регионального значения. Флористическое богатство отдельных ООПТ колеблется от 300 до 1500 видов сосудистых растений, что составляет 30–80% всего состава флоры района.

Из занесенных в Красную книгу России на данный момент в заповедниках сохраняется лишь 40–50% видов сосудистых растений, 36 — мохообразных, 86% лишайников. В заповедниках России охраняется 87% фауны наземных млекопитающих (в том числе 37 видов из Красной книги), 92 — амфибий (3), 73 — рептилий (6) и 83% птиц (в том числе 60% видов из Красной книги). Представленность ландшафтного разнообразия на охраняемых территориях колеблется в пределах 60–70%, а из 58 биогеографических регионов России в 10 еще отсутствуют заповедники и национальные парки (Первый национальный доклад о сохранении биоразнообразия, 1997).

После присоединения России к Конвенции о биологическом разнообразии в 1995 г. началась реализация нескольких новых программ. В 1996 г. был принят “План действий Правительства Российской Федерации в области охраны окружающей среды и природопользования в 1996–1997 годах”. В том же году в России стартовал Проект Глобального экологического фонда “Сохранение биоразнообразия”. Он включил в себя три компонента: “Стратегию сохранения биоразнообразия”, “Охраняемые природные территории” и “Байкальский регион”. В его рамках была проведена подготовка Национальной стратегии и плана действий по сохранению биоразнообразия (Первый национальный доклад о сохранении биоразнообразия, 1997).

В конце 1990-х годов было детализировано российское законодательство, имеющее прямое отношение к сохранению биоразнообразия, а в 1997 г. была принята серия постановлений Правительства РФ по охране природы (табл. 7.1). В последующие годы вышли десятки дополнительных постановлений и нормативных документов, детализирующих вопросы охраны природы и непосредственно относящихся к сохранению биологического разнообразия.

После присоединения России к Конвенции существенно расширилась федеральная система особо охраняемых природных территорий и были созданы региональные сети ООПТ. Была подготовлена новая редакция списка животных для Красной книги России. Почти в 20 субъектах Федерации к началу XXI в. уже были опубликованы Красные книги, а в большинстве других регионов

Таблица 7.1

**Основные законы и постановления Правительства РФ
по сохранению биоразнообразия в период с 1995 по 2002 г.**

Год	Название законодательного акта
1995	Федеральные законы «Об особо охраняемых природных территориях» (№33-ФЗ) «О животном мире» (№ 52-ФЗ) «Водный кодекс» Российской Федерации (№ 167-ФЗ)
1997	Федеральные законы «О мелиорации земель» (№ 4-ФЗ) «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» (№ 109-ФЗ) «Лесной кодекс» (№ 22-ФЗ) Протокол по охране окружающей среды к Договору об Антарктике (№ 79-ФЗ) Постановления Правительства РФ «О ведении государственного учета лесного фонда» «Об утверждении Положения об осуществлении государственного контроля за использованием и охраной водных объектов» «О порядке эксплуатации водохранилищ» «О специально уполномоченных государственных органах управления в области использования, охраны, защиты лесного фонда и воспроизводства лесов» «Об усилении охраны объектов животного мира и среды их обитания на территории лесного фонда Российской Федерации»
2001	Федеральный закон «Земельный кодекс» (№ 136-ФЗ)
2002	Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (№7-ФЗ) (во изменение принятого в 1991 г.)

списки охраняемых видов растений и животных стали приложением к соответствующим законодательным актам.

Активное участие в природоохранной деятельности приняли общественные организации, как российские (Социально-Экологический Союз, Центр охраны дикой природы, Союз охраны птиц России, Зеленый Крест и др.), так и международные (WWF, IUCN, Wetlands International, Greenpeace и др.).

Серьезная работа по сохранению биологического разнообразия в нашей стране только разворачивается. Предстоит еще

добиться эффективного взаимодействия с соседними странами, значительно увеличить финансирование, суметь справиться с криминальными структурами, получающими огромную выгоду от браконьерства и охоты за исчезающими видами для перепродажи их за рубеж.

Роль населения в сохранении биологического разнообразия

Богатства биосферы не могут быть сохранены лишь силами государственных органов и международных специализированных организаций. Если население не понимает значения принимаемых мер и противится им, то все намечаемые меры малоэффективны. Поэтому наряду с отработкой и принятием законов и нормативных актов необходимо терпеливо разъяснять важность охраны живой природы во всех ее проявлениях. Просвещение должно охватывать все слои населения, оставаться доброжелательным, ненавязчивым и многоплановым. Сложно бывает объяснить людям, живущим в бедности, что для их собственного блага и ради всего человечества нельзя допускать излишней вырубki лесов, истребления животных, безмерного промысла целебных трав. Важно повысить общий уровень экологической грамотности, чтобы люди понимали, какими непреднамеренными действиями они могут нанести урон природе (например, строительством дорог, перерезающих естественные экосистемы, неограниченным выпасом скота в лесу, осушением болот, злоупотреблением ядохимикатами и другими способами).

Участие неспециалистов в сохранении биологического разнообразия поможет лучше наладить контроль принятых решений и выполнения законов. Опыт многих стран показал, что только при поддержке населения можно вовремя предупредить или пресечь правонарушения. Для этого надо обучить людей, как действовать, если они становятся свидетелями противозаконных действий: к кому нужно обращаться, куда звонить или писать. Каждый должен знать, какими правами он при этом обладает. Численность активно участвующего в охране природы населения многократно возрастает, если к ним обращаются специалисты и просят о помощи. Одновременно они обучают население нехитрым приемам мониторинга за соблюдением природоохранных норм, своим примером на практике показывают, как надо действовать в различных обстоятельствах.

Наиболее эффективно с этой задачей справляются общественные организации. Они могут быть небольшими, созданными целевым назначением для решения конкретных природоохранных задач. Имея оперативную связь с более опытными и крупными общественными организациями и местными органами охраны окружающей среды, такие неформальные объединения способны справиться с решением даже непростых природоохранных задач. Действуя слаженно, они могут добиться грандиозных успехов, как это уже не раз было продемонстрировано в разных частях света.

Существует два главных условия широкого участия населения в гражданском самоуправлении: демократическое государственное устройство и доступ к объективной информации о состоянии окружающей среды, своих правах, действиях государства. Мировое сообщество своими решениями поддерживает развитие государств именно в этом направлении. В частности, в Орхусе (Дания) в 1998 г. была принята Декларация о праве населения на объективную и полную информацию относительно всего, что так или иначе влияет на состояние окружающей среды и может понизить экологическую безопасность.

Доступ общественности к информации, процессу принятия решений и правосудию является необходимой составляющей подлинной всеобщей демократии. Эти темы стали центральными элементами реализации программы "Окружающая среда для Европы", что привело к принятию Конвенции о доступе к информации, участия общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусская конвенция) на Конференции министров европейских стран по окружающей среде, состоявшейся в Орхусе (Дания) в 1998 г.

"Орхусская конвенция основывается на положении о том, что вовлечение общественности в процесс принятия решений, особенно органами государственной власти, ведет к улучшению качества принимаемых решений и сокращению сроков их реализации. Это гарантирует общественности право на доступ к информации, к процессу принятия решений и правосудию в контексте защиты права нынешних и будущих поколений на окружающую среду, способную обеспечить здоровье и благополучие" (ГЕО-3).

Реальному привлечению населения к охране окружающей среды и реализации демократических основ гражданского общества способствует расширение сети Интернет и электронной почты; своевременное представление на сайтах государственных организаций необходимой информации во всей ее полноте; обязанность органов власти своевременно реагировать на запросы населения; ответственность, которую несут все властные структуры за искажение информации.

Противоречие между биологическим природопользованием и установкой на сохранение биологического разнообразия (этические основы природопользования)

В реальной жизни каждый из нас оказывается соучастником истребления живой природы. Даже если мы не убиваем животных, не рубим леса и не пропалываем огороды, стремясь изжить со своих участков естественные для данной природно-климатической зоны виды растений, все равно мы потребляем продукцию животноводства и растениеводства. И мы не можем иначе. Если при этом ради обеспечения пищевых и прочих потребностей сохранится дальнейшее наступление на природу в форме сокращения территорий естественных экосистем и уменьшения числа видов, то биосфере будет нанесен невосполнимый ущерб. Однако если люди будут удовлетворять свои повседневные потребности без ущерба для биологического разнообразия при сохранении существующей продуктивности и круговорота веществ в биосфере, то биологическое природопользование не представляет никакой серьезной опасности и не противоречит этике.

Стабильность и благополучие каждого вида основаны на равновесии между темпом размножения и уровнем смертности. Если темп размножения оказывается выше смертности, происходит увеличение численности вида (или в местном масштабе отдельной популяции). По мере истощения необходимых для жизни ресурсов увеличивается смертность и достигается равновесие. У бурно размножающихся видов за “волнами жизни” следуют “волны смерти”. У видов с умеренным темпом размножения равновесие между числом родившихся и умерших наступает раньше и без драматических катастроф.

Пределами размножения могут стать дефицит пищи или других ресурсов, например свободного пространства. Оказавшись в ограниченном объеме, особи невольно вступают в бескомпромиссную конкуренцию между собой. Побеждают, как известно, сильнейшие и наиболее приспособленные, а остальные погибают, лишившись доступа к ресурсам: воде, пище, солнечному свету, субстрату для прикрепления и др. Даже невинные никого не поедаящие растения наступают друг на друга, конкурируя за ограниченные ресурсы. Одни оказываются успешнее других и выживают, в то время как иные по их вине хиреют и погибают. Репродуктивная агрессия исконно свойственна всему живому. Не только хищники уничтожают других животных, а плотоядные

поедают растения, но и все живое, плодясь и распространяясь, постоянно сдерживает размножение, рост и распространение других организмов как своего, так и других видов. Поэтому нелепо осуждать людей за то, что они питаются мясом животных, и тем более за то, что человек уничтожает беззащитных муравьев, не заметив их у себя под ногами, или использует для своих нужд растения.

Биологическая агрессия лежит в основе живого, но степень ее развития различна. Высокая плодовитость свойственна тем видам, чье потомство оказывается наименее жизнеспособным. Напротив, у жизнеспособных видов происходит сокращение численности потомства. Снижается их пространственная агрессия по отношению к другим видам, снижается риск перепотребления жизненно важных ресурсов особями собственного вида.

Человеческий вид *Homo sapiens* в течение почти всей истории своего существования опасался стихии, хищников, болезней, вынужден был вести беспрестанную войну с врагами, что вполне соответствовало сильному прессу элиминации. По мере того как люди научились справляться с капризами погоды, обеспечивая себя продовольствием, нашли способы эффективной защиты от хищников и борьбы с болезнями, возникла опасность непомерного повышения внутривидовой конкуренции и подрыва ресурсной базы. С этого времени начали действовать на социальном уровне механизмы саморегуляции, снижающие плодовитость и повышающие обеспокоенность относительно сохранения необходимых для существования ресурсов. Сознательно или бессознательно, но мы все более готовы перевести природу из категории “врага”, которого надо усмирить, в категорию “друга”, нуждающегося в нашей поддержке и внимании. Мы хотим сохранить привычные и комфортные условия существования на планете.

Благодаря многократно возросшим за последние несколько веков знаниям мы стали понимать, что наше благополучие зависит от стабильности всей биосферы в ее нынешнем состоянии, к которому род людской хорошо адаптирован. Нас вряд ли успокоит утверждение, что после глобальной экологической катастрофы, из-за которой могут исчезнуть многие виды, включая человеческий, биосфера уцелеет и со временем снова расцветет в каком-то ином варианте, но уже без человеческого общества. А если так, то надо в своей деятельности не подорвать механизмы саморегуляции стабильности биосферы, важной частью которого является биологическое разнообразие.

Следовательно, вопросы о сохранении биологического разнообразия, существующей продуктивности и механизмов саморегуляции биосферы нельзя подменять вопросом о “недопустимости уничтожения живого”. Призыв к прекращению биологического природопользования не только нежизненен, но и противоречит основам биологических отношений в природе. Иное дело, что мы сами как существа мыслящие считаем недопустимым для себя жить по примитивным животным нормам и в этом плане отвергаем акт насилия и уничтожения друг друга. Мы признаем, что многие виды близки нам по уровню сопереживания, эмоциональности и потому не желаем быть их убийцами. Это наше право. Перенесение на окружающую природу человеческих отношений оказывается следствием гуманизации отношений внутри самого человечества, но противоречит самому определению этики как явления сугубо социального.

Выводы

1. Землю населяет великое множество видов растений, животных, микроорганизмов.

2. Это биологическое разнообразие не является избыточным, а всего лишь следствие исторической адаптации к жизни в разнообразнейших условиях обитания, характерных для разных частей планеты. В большинстве экосистем число видов невелико, причем внутри экосистемы они выполняют взаимодополняющие функции, в совокупности обеспечивая биологический круговорот веществ.

3. Некоторые экосистемы в тропиках особенно богаты разнообразными видами растений, беспозвоночных (особенно насекомыми) и позвоночных животных. Эти регионы великого разнообразия формировались тысячелетиями в условиях особо стабильной окружающей среды. Подобные экосистемы представляют собой настоящее бесценное сокровище генофонда — источник поддержания биологического разнообразия далеко за пределами тропических лесов или тропических водных сообществ.

4. Для удовлетворения узкоутилитарных пищевых и хозяйственных потребностей людей необходимо весьма ограниченное число видов, в то же время для выведения сортов и пород с определенными свойствами и получения лекарственных веществ было использовано во много раз больше видов. Современные методы генной инженерии открыли возможности таких фантастических

манипуляций с генами, что теперь каждый вид, обитающий на Земле, становится потенциальным источником бесценных свойств.

5. Осознавая ответственность перед будущим за сохранение всего биологического разнообразия, мировое сообщество старается увеличить площадь, занимаемую национальными парками, заповедниками и заказниками; пресечь незаконную торговлю и уничтожение многих видов; уменьшить косвенное истребление видов, происходящее при воздействии на их места обитания (биотопы).



РОСТ ЧИСЛЕННОСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Основные вопросы

-
1. Как изменилась численность человечества в последние 150–200 лет?
 2. Почему рост народонаселения мира был назван “демографическим взрывом”?
 3. Каковы причины демографического взрыва?
 4. Каковы прогнозы дальнейшего изменения численности людей?
 5. Сколько людей населяет Землю в наше время и как много их будет к концу XXI в.?
 6. Как соотношение показателей смертности и рождаемости популяции определяют темп ее роста?
 7. Чем можно объяснить снижение смертности во многих странах за последние столетия?
 8. Чем объясняется снижение рождаемости в развитых странах?
 9. Что означает понятие “демографический переход”?
-

Основные этапы прироста численности человечества

От численности народонаселения мира зависит интенсивность природопользования. Благодаря достижениям археологии сейчас можно уверенно говорить о том, что в древности в течение многих тысяч лет общая численность всех народов, обитающих на Земле, не превышала 50 млн чел. (табл. 8.1; рис. 8.1).

К началу нашей эры всех людей на Земле было не более 300 млн чел., а к началу XIII в. увеличилось до 400 млн чел. За последующие 600 лет произошло удвоение народонаселения мира, так что в 1800 г. н. э. человечество насчитывало примерно 800 млн чел. Однако в последние 200 лет численность людей на Земле стала возрастать со значительным ускорением. Это явление было названо “демографическим взрывом” (табл. 8.2).

В эпоху палеолита, продолжавшегося около 2 млн лет, невысокая численность вида была обусловлена ограниченными пищевыми ресурсами и короткой жизнью людей.

Переход от собирательства к оседлому образу жизни, развитию земледелия и скотоводства получил название “неолитической

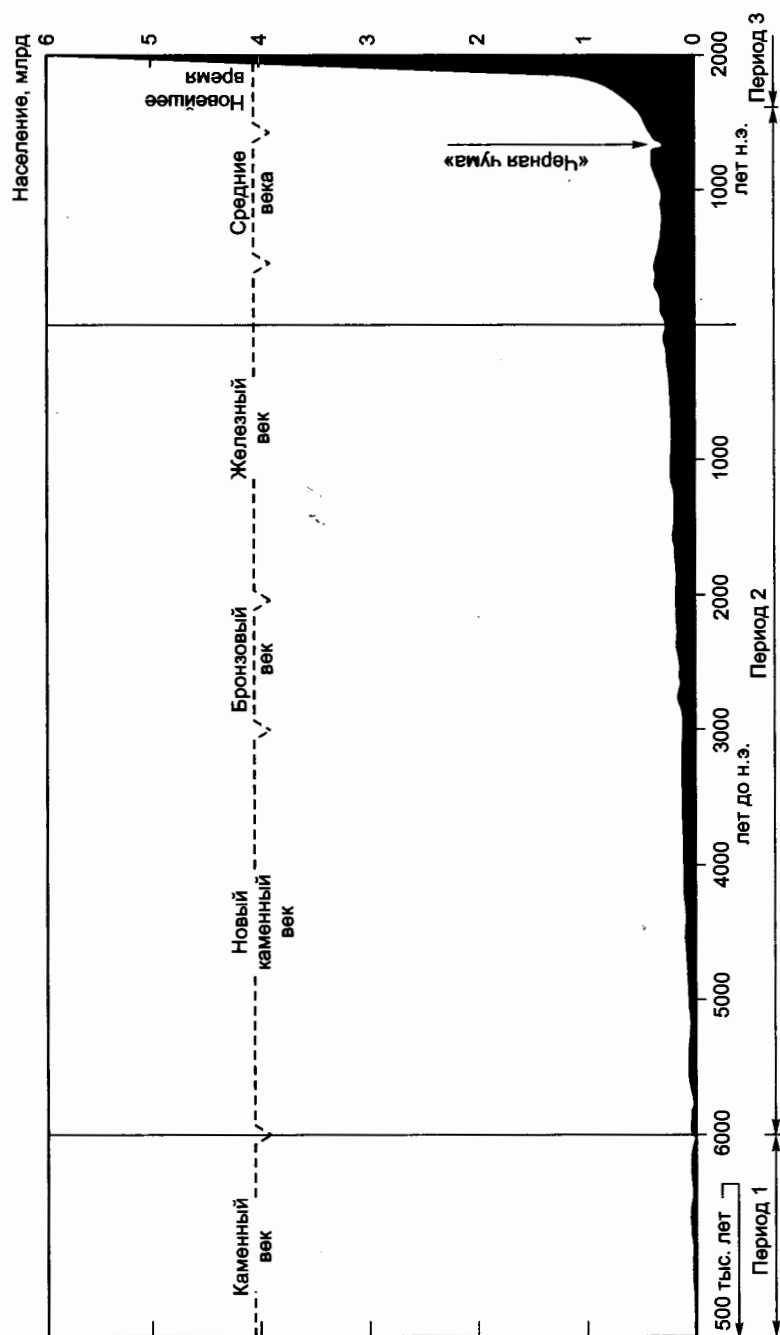


Рис. 8.1. Динамика численности человечества в течение последних 8000 лет (The Complete Ecology Fact Book, 1972)

революции” и произошел примерно 12–8 тыс. лет тому назад. После нее на той же площади земли могло прокормиться больше людей, продолжительность их жизни возросла, что означало увеличение числа потомства.

В XVIII в. началась “промышленная революция”: в самых передовых странах многократно увеличилась выплавка чугуна и стали,

Таблица 8.1

Рост численности человечества (млн)
за последние 10 тыс. лет

(World Population Prospects 2002 //
United Nations, 2002)

Исторический период, год	Численность населения мира, млн
8000 до н.э.	5
0 н. э.	300
1200	450
1650	500
1750	795
1850	1265
1900	1656
1950	2519
2000	6071

добыча угля. В это время изобрели паровой двигатель, возникли механизированные мануфактуры, получили распространение усовершенствованные плуги, в связи с чем возросла производительность труда в промышленности, а в сельском хозяйстве — урожайность. Все это создало предпосылки для дальнейшего роста народонаселения развитых стран.

В XIX в. началась “научно-техническая революция”, охватившая все стороны жизни. В результате производительность труда во всех сферах экономики возросла, значительно увеличилась урожайность, жизнь людей

стала более продолжительной, включив в себя весь репродуктивный период человека. Эпоха географических открытий (XV–XVI вв.) и последовавшее за ней завоевание народов Азии, Африки и Америки привели к очень быстрому распространению европейской культуры почти повсеместно. Колониальная система (XVIII–XIX вв.)

Таблица 8.2

Ускоряющийся рост народонаселения мира за последние 170 лет

(The World at Six Billion // United Nations Population Division, 2002)

Год	Миллиардов человек	Год	Миллиардов человек
1804	1	1999	6
1927	2	2013 (прогноз)	7
1960	3	2028 (прогноз)	8
1974	4	2054 (прогноз)	9
1987	5	2183 (прогноз)	10

закрепила европейское влияние не только в политике и экономике, но и в образе жизни людей, что стало причиной увеличения численности народонаселения во всех странах, многие из которых жили еще совсем недавно в каменном веке.

Развал колониальной системы в XX в. не означал полного разрыва отношений с бывшими метрополиями. Стремясь сохранить свое политическое влияние, они стали в еще большей степени курировать развитие бывших колоний, оказывая им медицинскую, образовательную и иную гуманитарную помощь. В результате на обширных “варварских” территориях стремительно снижалась смертность и росло народонаселение.

Во второй половине XX в. промышленная революция охватила и слаборазвитые страны. Транснациональным корпорациям (ТНК), которые к этому времени приобрели особую силу, стало выгодно переносить часть промышленного производства в развивающиеся страны, так как в собственных рост благосостояния населения негативно сказался на себестоимости производимой продукции, а в экономически слаборазвитых регионах ту же работу обученное население готово было осуществлять за значительно более низкую оплату труда. Миграция капиталов привела к ускорению развития бедных стран, в которых строили новые производства, дороги, поселки, обучали рабочих и одновременно внедряли европейские нормы производственных отношений, что в конечном итоге положительно сказалось на благосостоянии и культурном уровне населения этих стран. В то же время население бедных стран продолжало по инерции ориентироваться на дедовские традиции, в частности, в вопросе о структуре семьи и о количестве детей в ней. Снижение пресса бедности, материальной неустроенности и антисанитарии привело к значительному снижению смертности при сохранении прежнего уровня рождаемости.

Полнее этот раздел представлен в статье *С.П. Капицы*. Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле: Очерк теории роста человечества. М., 1999 (http://www.odn.ru/kapitza/1_5.htm#4).

Опасность перенаселения

Первые опасения¹ относительно возможной катастрофы в случае перенаселенности мира выразил в научной форме монах ордена

¹ В Китае еще за 250 лет до н.э. Хань Фей писал: “Люди в настоящее время думают, что пять сыновей не слишком много, а у каждого сына появляется также пять своих сыновей, и еще до смерти деда имеется двадцать пять потомков. Поэтому людей становится все больше, а богатства все меньше; люди тяжело трудятся, а получают мало”.

иезуитов Томас Роберт Мальтус (1766–1834), который в 1798 г., через год после получения степени магистра и вступления в духовное звание, анонимно издал трактат “Опыт о законе народонаселения”. Орден иезуитов разрешал своим монахам заниматься научными исследованиями, но с условием публикации под псевдонимом или анонимно, чтобы не компрометировать священнослужителей сомнительными изречениями.

В своем труде Т.Р. Мальтус представил доказательства “*Вечно-го закона*”, согласно которому “население растет в геометрической прогрессии, в то время как материальные блага — в арифметической прогрессии”. Это означало, что раньше или позже, но обязательно наступит перенаселение, которое вызовет голод, войны, социальные волнения и может обернуться крахом для всего человечества.

Т.Р. Мальтус полемизировал со своим отцом Даниилом Мальтусом, другом и поклонником Ж.Ж. Руссо (1717–1778), который вслед за Ж.А.Н. Кондорсе (1743–1794) и У. Годвином (1756–1836) считал, что несчастья бедных людей — следствие несовершенства учреждений, т.е. социального строя. В то время в Великобритании разворачивалась промышленная революция, и Т.Р. Мальтус обратил внимание на иную особенность, сопутствовавшую ее взлету, — опасность исчерпания природных ресурсов, перед которой окажется бессильной даже социальная справедливость.

Т.Р. Мальтус считал неразумной благотворительность, способствующую беспечности бедноты и росту ее численности. Считал, что любые формы вымирания (эпидемии, войны) отодвигают приближение кризиса перенаселения. Именно эти рекомендации стали причиной гневного осуждения со стороны просвещенной части человечества теории Мальтуса, которая получила нарицательное название “*мальтузианство*”.

Мы видим, однако, что с позиции экологии закон Мальтуса безупречен. Все живое на Земле размножается до тех пор, пока не начинает испытывать недостаток ресурсов. Однако Мальтус не принял в расчет возможности научно-технического прогресса, который, по мнению многих ученых, способен опережать истощение природных ресурсов, совершенствуя методы природопользования.

Наступившие затем XIX и XX вв. продемонстрировали могущество науки и техники. Теория Мальтуса отошла на второй план, революции и войны вышли на первый.

К середине XX в. стало очевидно, что численность народонаселения мира растет угрожающе быстро. После окончания Вто-

рой мировой войны в 1945 г. начался экономический бум, сопровождавшийся быстрым ростом производства и потребления, а значит, и загрязнением окружающей среды.

К началу 1960-х годов в США, лидировавших в экономическом развитии, проявилось беспокойство относительно приближающегося истощения природных ресурсов. Прогнозы запасов полезных ископаемых настораживали, обещая скорый дефицит нефти и ряда других не менее важных видов сырьевых ресурсов из-за стремительного возрастания численности человечества. В те годы стала популярной фантастическая идея заселения людьми других планет. Относительно будущей численности населения Земли обсуждали значения в 30, 60 и 80 млрд чел. Высказывались соображения о том, каким образом можно будет всех разместить и накормить.

В 1968 г. Генеральная Ассамблея ООН приняла решение о созыве в 1972 г. в Стокгольме Первой Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды. На этой конференции предполагалось выработать общие принципы дальнейших действий.

В 1967 г. вице-президент итальянской фирмы “Оливетти” Аурелио Печчеи (1908–1984) стал инициатором создания Римского клуба — неправительственной организации, объединившей влиятельных предпринимателей, известных политиков и ученых, обеспокоенных возможностью глобального кризиса человечества в случае продолжения экономического развития без долгосрочного планирования. Эта организация обратилась к лидеру в области технологического прогнозирования Э. Янчу с предложением разработать принципы мирового планирования с позиций Общей теории систем. Результат оказался неожиданным, так как Э. Янч пришел к выводу об отсутствии каких-либо гарантий автоматической саморегуляции биосферы в случае отклонения ее параметров от стабильных значений.

Футурология в то время стала во все большей мере ориентироваться на строгие методы. Решено было обратиться к лидеру в области создания математических моделей Джею Форрестеру, который работал в то время над глобальной моделью “Мировая динамика”, основанной на реальной статистике основных мировых тенденций: роста народонаселения, использования природных ресурсов, роста промышленности и сельского хозяйства, загрязнения окружающей среды. Он передал заказ своим молодым ученикам — супругам Дэнису Медоузу (р. 1942) и Донелле Медоуз (1941–2001), которые при поддержке программистов создали модели Мир-1 и Мир-2.

Результаты научного прогнозирования были представлены в 1972 г. в виде первого Доклада Римскому клубу и одновременно опубликованы в книге “Пределы роста” (на рус.: Медоуз и др., 1991). Впервые выполненный с помощью “электронного оракула”, как тогда называли компьютер, прогноз развития человечества ошеломил, предсказав, что всего лишь через несколько десятилетий мировое сообщество ожидает глобальный кризис (рис. 8.2). Согласно результатам моделирования, кризис будет обусловлен перенаселением, слишком большим производством, ведущим к истощению природных ресурсов и запредельному загрязнению окружающей среды. В результате в первой половине XXI в. можно ожидать истощения ряда стратегически важных природных ресурсов, опасное загрязнение среды, голод, болезни и социальные потрясения.

И доклад и книга появились накануне проведения Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды в Стокгольме в 1972 г. и произвели эффект разорвавшейся бомбы, а сама конференция стала исторической. На ней впервые представители всех стран попытались выработать общую стратегию дальнейшего развития человечества, представленную в форме Стокгольм-

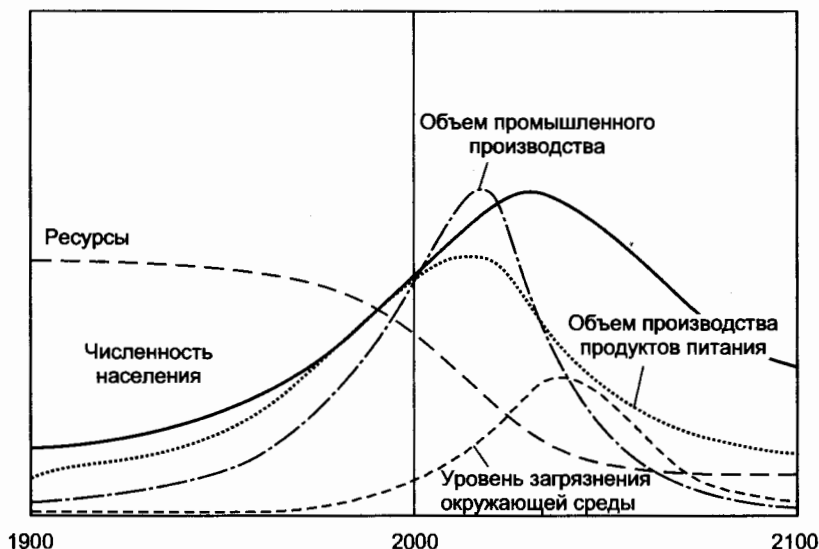


Рис. 8.2. Прогноз динамики развития человечества с учетом ряда ключевых характеристик: численности, производства продуктов питания, минеральных ресурсов, загрязнения окружающей среды (Медоуз и др., 1994)

ской декларации (см. Приложение № 5), оказавшейся выше идеологического противостояния двух систем (социалистической и капиталистической) и выше узконациональных экономических интересов. Эта декларация (необязательный для выполнения документ) стала поворотным событием, предопределившим многие особенности последующего развития человечества до конца XX в. (см. гл. 24).

Снижение темпа прироста человечества

В последующие 20 лет мировое сообщество приложило немало усилий для предотвращения экологического кризиса, в том числе и для торможения дальнейшего демографического роста. Были предложены программы “планирования семьи”, направленные на сокращение рождаемости: распространение противозачаточных средств, широкое консультирование населения. Особенно активно кампании “планирования семьи” были развернуты в самых населенных странах мира: Китае, Индии, Индонезии. Наиболее эффективными оказались жесткие действия правительства Китая.

В Китае кампания по сокращению рождаемости началась с 1953 г. с легализации абортов. В это время по всему миру стали распространяться представления о необходимости “планирования семьи”, заложенные еще в первой половине XX в. В 1955 г. Китай провел первую кампанию сокращения рождаемости, в 1962 г. — вторую.

В этот промежуток времени в Китае был великий голод, от которого в течение четырех лет, с 1958 по 1962 г., умерло примерно 30 млн чел. Несмотря на усилия государства, к началу 1970-х годов рождаемость все еще была высока и составляла 2,33%.

С 1970 г. в стране началась жесткая кампания контроля рождаемости:

- в 1971 г. возраст вступления в брак был повышен: до 23/25 лет (женщины/мужчины) в деревне и 25/28 лет в городе;
- создание условий для стерилизации, абортов, использования противозачаточных средств;
- экономические льготы для семей, подписывающих условия не иметь более одного ребенка. Среди льгот: надбавки к зарплате, продовольственные пайки, повышенные пенсии, улучшение жилищных условий;
- требование ко всем представителям власти самим следовать этим требованиям в собственных семьях;
- создание мобильных отрядов по распространению методов стерилизации в сельской местности;
- оказание давления на женщин, ожидающих третьего ребенка, с тем чтобы они согласились на аборт;
- широкая разъяснительная кампания, пропаганда, развитие системы образования.

Среднее число детей, рожденных одной женщиной (коэффициент суммарной рождаемости), в течение 1970-х годов в Китае значительно сократился — с 5,8 до 2,2, затем в 1980-х этот процесс замедлился и даже принял возвратный характер. По данным всеобщей переписи, в 1981 г. коэффициент суммарной рождаемости составил 2,61, но к 2003 г. он упал до 1,3.

Скорость роста численности народонаселения мира стала с начала 1970-х годов снижаться, причем вне прямой связи с прилагавшимися усилиями по снижению рождаемости.

Для того чтобы понять причины изменения темпа демографического роста, надо разобраться с основными условиями снижения смертности и рождаемости.

Изменение численности любой популяции зависит от соотношения между рождаемостью и смертностью (см. гл. 5).

Общий коэффициент рождаемости (ОКР) — число родившихся на 1000 чел./год.

Общий коэффициент смертности (ОКС) — число умерших на 1000 чел./год.

Естественный прирост (ЕП) = ОКР – ОКС.

Темп прироста (%) = ЕП/10 = Изменение в год на 100 чел.

Суммарный коэффициент рождаемости — среднее число детей у одной женщины за репродуктивный период жизни.

Если смертность соответствует рождаемости, то численность популяции неизменна. Если смертность больше рождаемости, происходит уменьшение популяции. Если смертность меньше рождаемости, популяция растет. В доиндустриальный период ОКР = 41, ОКС = 38. Следовательно, прирост за год составлял всего 0,3%. Затем наступил период, когда общий коэффициент рождаемости снижался медленнее, чем общий коэффициент смертности.

К 1970 г. прирост за год народонаселения мира вырос до 2,06%, а затем стал снижаться (табл. 8.3; рис. 8.3). В чем причина этого явления?

Каковы причины снижения смертности?

Оказывается смертность медленно снижалась на протяжении последних полутора веков (рис. 8.4), но было бы ошибочно полагать, что только успехи медицины обусловили ее существенное

Таблица 8.3

Изменение темпов прироста народонаселения мира во второй половине XX в.

(*World Population Prospects: The 2002 Revision; World Urbanization Prospects: The 2001 Revision*, <http://esa.un.org/unpp>)

Годы	Прирост населения, %	Годы	Прирост населения, %
1950–1955	1,80	1980–1985	1,71
1955–1960	1,84	1985–1990	1,72
1960–1965	1,97	1990–1995	1,50
1965–1970	2,04	1995–2000	1,35
1970–1975	1,94	2000–2005	1,22
1975–1980	1,73		

уменьшение. Рассмотрим самые существенные из множества причин снижения смертности:

- 1) улучшение питания, что связано с прогрессом в аграрных технологиях;
- 2) индивидуальная гигиена;
- 3) забор питьевой воды из колодцев, а не из открытых водоемов;
- 4) кипячение воды и особенно молока;
- 5) создание водопровода и канализации;
- 6) распространение медицинской помощи;
- 7) стерилизация медицинских инструментов;
- 8) санитарно-гигиенические станции (службы);
- 9) появление родильных домов;
- 10) вакцинация;
- 11) введение искусственного питания для младенцев;
- 12) эффективные лекарства;
- 13) распространение всеобщего образования.

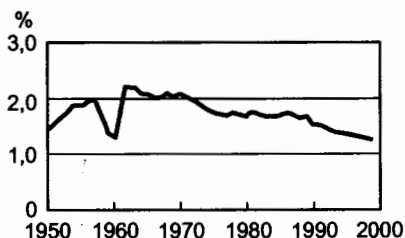


Рис. 8.3. Средний темп прироста человечества в год (по данным Worldwatch Institute)

Исторически первым и главным условием снижения смертности всегда было **достаточное питание**. Хроническое недоедание ослабляет организм и снижает его толерантность к другим испытаниям и болезням. Особенно чувствительны к недоеданию маленькие дети. Младенческая смертность в бедных странах

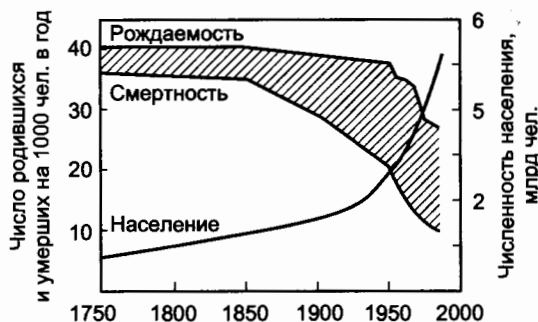


Рис. 8.4. Снижение рождаемости и смертности в мире определяет «демографический переход» (Медоуз и др., 1994)

в 3–8 раз выше, чем в богатых. На фоне недостатка питания любые болезни могут обернуться смертью. По мере освоения новых приемов земледелия повышалась продукция сельского хозяйства и независимость от капризов погоды.

Одним из первых достижений стало использование плуга. Примитивные плуги до сих пор используют в самых бедных странах мира. Еще в конце XIX в. деревянный плуг был главным сельскохозяйственным орудием на Руси. Хотя человечество научилось выплавлять железо еще в XI в. до н. э., но использовали его главным образом для изготовления ножей, мечей, сабель, лат и кольчуг. Медь, свинец, олово, плавящиеся при более низкой температуре, чем железо, были известны людям намного раньше, но они не обладали необходимой твердостью для сельскохозяйственных орудий. Железные плуги стали делать еще в Индии в IV–II вв. до н.э., а в Европе постепенно вошли в употребление с III–IV вв. н.э.

Огромное значение в сельском хозяйстве получило приручение животных. Скотоводы жили вместе со своими стадами и мигрировали в поисках подходящих пастбищ уже 10 тыс. лет назад. Земледельцы использовали лошадей, волов, быков в качестве тягловой силы для вспашки полей. Приручение копытных животных началось 8000 лет назад.

Почтенный возраст и у ирригации. В странах с засушливым климатом недостаток воды становится лимитирующим фактором. Поэтому строительство каналов и арыков позволяло во много раз расширить сельскохозяйственные угодья. Древнейшие ирригационные системы известны в Междуречье и в Китае с V в. до н.э.

Селекция сыграла большую роль в повышении продуктивности сельскохозяйственных растений и животных, в их устойчивости к различным погодным условиям, слабой чувствительности к болезням. В древности селекция проводилась лишь по отношению к выбору сортов растений для посадки и видов животных для одомашнивания. Селекция внутривидовая была, за редким исключением, слишком примитивной и неэффективной. С XVII в. ситуация в корне изменилась, когда в Великобритании наступил прорыв в области селекции. За счет искусственного отбора удалось добиться чудесных результатов. И в наши дни за счет научных методов селекции выводят сорта и породы, специально акклиматизированные к местным условиям, что существенно повышает продуктивность. Освоение и интродукция новых видов растений, особенно картофеля и кукурузы в XVI в. из Америки, позволили снизить зависимость сельского хозяйства от производства традиционных для Европы зерновых культур.

Увеличение плодородия почвы за счет чередования культур (севообороты) известно было отдельным народностям уже в Средние века, а в теории сельского хозяйства было четко сформулировано совсем недавно. Первым из ученых В.Р. Вильямс (1862–1939) изучил этот вопрос и предложил высаживать по очереди зерновые и бобовые, чередуя это с оставлением поля незасаженным на год (“под паром”). Удобрение полей навозом постепенно входило в практику у европейских крестьян на протяжении последнего тысячелетия, а широко распространилось лишь в XIX в. Применение искусственных минеральных удобрений началось в первой половине XX в., а пестицидов — во второй половине (см. гл. 9). Так на протяжении многих веков совершенствовались технологии сельского хозяйства, что позволяло увеличивать его производительность и обеспечивать пищей все больше населения, что способствовало снижению смертности в мирное время.

Любые **достижения в гигиене** снижали риск инфекционных заболеваний. С древних времён дурной запах (смрад) был признаком распада, гниения, болезни и смерти. Элементарная личная гигиена помогала снизить распространение заразы. Поэтому у разных народов простое *мытье* превратилось в особый ритуал омовения. Его периодичность прописана в иудаизме, христианстве и исламе.

Летописцы VI в. Прокопий и Маврикий не совсем лестно писали о древних славянах в отношении соблюдения ими опрятности. “Славяне мало пеклись о своей наружности, — говорят эти летописцы, — в грязи, пыли, без всякой опрятности в одежде являлись они в многочисленные собрания”. Неопрятностью отличался бедный класс, так как в ту отдаленную эпоху общественных или народных бань не существовало, лишь у зажиточных людей были домашние бани.

В старину баня была в большом почете у великих князей и царей. Помимо еженедельного пользования баней, она играла первую роль в обрядовых отношениях. Так, баня считалась необходимою при свадьбах, накануне венчания и на другой день после свадьбы. При этом отправление в баню сопровождалось особым церемониалом.

Впоследствии печерские монахи, бывшие на Афоне и познакомившиеся с греческой культурой, стали, по-видимому, основателями общественных бань и “заведений для немощных”, т.е. больниц, как это видно из устава великого князя Владимира. В XI в. переяславский епископ Ефрем, грек, начал вводить общественные бани при монастырях, которые, по свидетельству Никона, назывались первыми больницами (<http://banya.mediaforum.ru/>).

В далекие времена не было средств вроде мыла для эффективного удаления жирового налета. Для того чтобы отстирать вещи, их долго полоскали в реке. Жир и грязь удаляли с помощью золы, щелока, хвоща и мочи. *Баня* стала крупным достижением в области личной гигиены. У средиземноморских народов бани (термы) были в ходу еще 4000 лет тому назад, но у славян бани появились

лишь в XI в. Более того, настоящие бани строили преимущественно в северной части Руси. В центральной части вместо бань использовали русские печи, а в Южной Руси бани и вовсе не получили широкого распространения — мылись, как могли.

О том, как стирали греки, подробно рассказывает Гомер, легендарный поэт Древней Греции, в эпической поэме “Одиссея”. В глинистой почве рыли небольшие ямы, которые заменяли им корыта и тазы. Прачки привозили на тележках белье и сбрасывали его в ямы, а затем топтали его ногами. Потом полоскали и расстилали на морском берегу. Прибой, завершая работу, тер белье о прибрежную гальку. Очищать белье от жира им помогала глина.

В Древней Греции на пирах, перед тем как внести первое блюдо, рабы мыли гостям руки или, точнее, лили им на руки воду омовения. Эта процедура повторялась неоднократно, так как, обходясь без ножей, вилок и ложек, сотрапезники ели руками. Они аккуратно делили мясо на небольшие кусочки, а соус черпали кусочком лепешки, сложив его наподобие ложки. Пальцы вытирали кусками хлеба, последние затем бросали собакам, подбиравшим падающие со столов остатки еды. Позднее, когда пиры стали более изысканными и утонченными, для вытирания пальцев подавали особую благоухающую глину.

Первые сведения о мытье упоминаются в произведениях II в. н.э. Более подробно описывает мыло и усовершенствованный способ стирки Плиний Старший — римский писатель, ученый. Человечество узнало, что мыло делали в Древнем Риме из золы и козьего жира. В VI в. н.э. белье перестали топтать ногами, а били колотушками, терли щеткой и намыливали. Мыло тогда готовили кустарно и примитивно.

Промышленное производство мыла началось в IX в. н.э. в Марселе, а стиральная доска и валик появились только в XVI в. Примерно тогда же придумали новый способ стирки: белье укладывали в чан, накрывали куском полотна, а сверху насыпали золу и наливали горячую воду. Химические вещества, содержащиеся в золе, очищали белье (<http://newsvm.com/articles/1998/09/16/mylo16.html>).

Регулярная смена белья также помогает снизить риск инфекционных заболеваний. Постельное белье появилось у богатых европейцев лишь в X в., а среди простого народа получило распространение и того позже — в России, например, в бедных крестьянских семьях это вошло в практику лишь во второй половине XX в., а в Средней Азии до сих пор нередко обходятся без постельных принадлежностей.

Даже такие изобретения, как ножницы, по мере расширения их доступности для всего населения помогали снизить риск заболевания и уменьшить смертность. Сейчас трудно представить, что наши предки попросту подгрызали растущие ногти. При этом яйца глистов и патогенные микроорганизмы, остающиеся под ногтями, попадали в организм человека, из-за чего население было почти поголовно заражено аскаридами и другими паразитическими организмами.

Умение пользоваться столовыми приборами и меньше брать в руки пищу также имеет гигиеническое значение. Обычно столовые приборы были персональными. Ложку крестьяне и солдаты

часто носили с собой. Среди некоторых народов закрепились и строго персональное пользование остальной столовой посудой. Так, у старообрядцев принято было пить только из своей кружки.

Даже распространение в быту металлических кроватей в мещанской и более богатой среде произошло лишь в XIX в., что снизило заболеваемость и смертность. Это объясняется тем, что без кроватей все домочадцы спали вповалку на скамьях, нарах, на полу или печи. Насекомые — переносчики заразных болезней легко могли переползти с одного человека на другого. Если же люди спят отдельно на кроватях, то насекомым значительно труднее преодолеть это расстояние (Tranter, 1985).

Приготовление пищи на огне не только способствовало лучшей усвояемости грубой пищи, но и предотвращало заражение человека некоторыми паразитами. До сих пор у некоторых народностей в Сибири сохранилась традиция употребления в пищу сырой (или замороженной) рыбы, вместе с которой распространяется описторхоз, широкий лентец и подобные им опасные паразитарные заболевания.

Забор воды для питья из рек и озер, а тем более из болот всегда был причиной, особенно в теплом климате, желудочно-кишечных инфекций, таких, как брюшной тиф, дизентерия и холера, смертность от которых бывает весьма высокой. Известно, что уже XII в. на Руси опасались употреблять мутную воду, но люди с трудом могли поверить, что в чистой и прозрачной воде без какого-либо запаха может таиться смертельная опасность. Поэтому кипячение воды вошло в практику совсем недавно — по-настоящему получило распространение среди всего населения в нашей стране в течение XX в. Даже в наши дни от низкого качества пресной воды все еще умирает много людей. Осенью 1998 г. в Киргизии вспыхнула эпидемия брюшного тифа из-за того, что значительная часть населения до сих пор берет воду для приготовления пищи и питья из арыков, куда попадают и нечистоты.

Однако задолго до этого сооружение колодцев в какой-то степени снизило риск распространения кишечных инфекций, потому что грунтовые воды проходят через естественный фильтр в виде мелкопористого грунта. Чистота колодца зависит от его проточности. В застойном колодце может быть достаточно много болезнетворных бактерий.

Загрязненное коровье молоко также может быть источником смертельно опасной для младенцев дизентерии. Кипятить молоко стали по рекомендации врачей лишь с XIX в. Благодаря такому простому приему младенческая смертность также снизилась.

Водопровод соорудили еще в Древнем Риме, и был он достаточно совершенным. Не так сложно подвести чистую воду из горных рек или родников, расположенных выше города, но далеко не везде города строят в предгорьях. На равнинах водопроводы получили распространение лишь после промышленной революции и появления достаточно мощных насосов. Правда, в исключительных случаях водопроводы сооружали и ранее. Например, в Московском Кремле сделали водопровод уже XVII в. Воду накачивали в водонапорные башни насосами, работавшими на конной тяге. За пределами Кремля первый водопровод был построен в 1804 г. Артезианская вода из Мытищ подавалась самотеком в центр города. С 1903 г. была введена в строй Рублевская водопроводная станция, забиравшая воду на 50 км выше Москвы. С 1918 г. воду в московском водопроводе стали обеззараживать хлорированием (см. гл. 11).

Проблема утилизации отходов преследует города с момента их образования и до сих пор. Долгое время нечистоты попросту выливали на улицы, отчего в средневековых городах распространялось зловоние. Содержимое выгребных ям вывозили ассенизаторы или все нечистоты поступали по коротким трубопроводам самотеком в реку или море. *Канализация* в современном понимании стала возможной лишь в XX в. Первоначально канализационные стоки поступали на специально выделенные поля фильтрации. Позже для очистки канализационных стоков стали строить специальные сооружения.

Роль *медицины* в снижении смертности значительно возросла тоже лишь в последние два столетия. В европейских государствах медицинская помощь стала относительно доступной для простого населения в XVII–XVIII вв. В России больницы были построены в большинстве земств к концу XIX в. Одновременно получило распространение акушерство, которое постепенно вытесняло бабок-повитух, принимавших роды по старинным, иногда варварским методам. Огромную роль в снижении смертности сыграли открытия в микробиологии и бактериологии, сделанные Луи Пастером (1822–1895) и Робертом Кохом (1843–1910) в конце XIX в. Представление об истинных источниках заразы помогло быстро найти способы простейшего пресечения путей заражения. К их числу относится стерилизация хирургических инструментов кипячением или обработкой спиртом, формалином, борной кислотой, кипячение молока и воды.

Роль прогресса оказалась двоякой. Одновременно с достижениями гигиены, за счет которых смертность от обычных инфекций стала снижаться, в XIV–XV вв. в Европу были завезены но-

вые болезни. Наступила эпоха Великих географических открытий. Связи Европы расширились. Морскими путями начали перевозить больше грузов и людей, а путешествие в далекие страны, например в Индию, сократилось в несколько раз и стало доступнее. Так, в Европу была завезена черная чума. В 1347 г. в Мессину (Сицилия) зашел корабль, на борту которого были заболевшие чумой члены экипажа. Чума распространилась по Европе, как гигантский пожар. У населения не было никакого иммунитета к новой инфекционной болезни. Смерть косила сотни и тысячи людей. Вымирали целые деревни и города. С 1347 по 1351 г. численность населения Европы сократилась на треть. Повторные пандемии в 1359–1361 и 1369–1376 гг. также нанесли большой урон, но все же они не были столь катастрофичными.

Этот провал можно разглядеть на графике динамики народонаселения Мира как незначительный “зубец” (см. рис. 8.1). Очень быстро численность населения восстановилась и продолжила свой рост. На общем ходе кривой страшная трагедия практически не сказалась, но жизни сотен тысяч людей в Европе могли оборваться неожиданно только потому, что новые инфекции могли в любой момент начать снова косить население. Почти столь же опасной оказалась оспа. От подобных смертоносных инфекций не было спасения.

Лишь в конце XVIII в. английский врач Эдвард Дженнер на основании своих двадцатипятилетних изысканий и практических опытов предложил способ предохранения от оспы. Это была *вакцинация*. Вначале ее осуществляли очень примитивно. Брили с кожи переболевшего больного струпья и вносили здоровому человеку в ранку. После непродолжительного и несильного недомогания вакцинированный получал стойкий иммунитет к оспе. Вакцины против чумы, холеры и брюшного тифа удалось разработать к 1896 г. С этого времени смертность стала снижаться.

К концу XIX в. стало ясно, что борьбу с инфекционными заболеваниями надо вести не только в периоды эпидемий, но и задолго до их начала, пытаясь их предотвратить. Для этой цели развитые государства стали организовывать специальные учреждения — *санитарно-эпидемиологические станции* (СЭС), укомплектованные обученным по последнему слову медицинской науки эпидемиологами. Они должны были вести активную просветительскую работу, объясняя населению, как уберечься от инфекции; исследовать в специальных микробиологических лабораториях образцы; первыми реагировать на появление в их районе опасных больных, лечить их, организовывать работу всех служб во время эпидемий. СЭС сыграли выдающуюся роль как в мирное, так и в

военное время, предотвратив намного большие человеческие потери и значительно снизив уровень смертности населения. Санитарно-эпидемиологическая служба сохранилась до наших дней, а функции ее расширились.

Поскольку младенческая смертность в первые дни после рождения всегда была самой высокой, справиться с ней удалось созданием в течение второй половины XIX в. и первой половины XX в. специальных *родильных домов*, где весь процесс деторождения был обставлен с максимальными удобствами в стерильных условиях под наблюдением квалифицированных и опытных врачей и медперсонала. В России первый городской роддом был построен в Москве в 1880 г. В 1903 г. в Москве было 12 родильных домов на 138 кроватей. В 1906 г. был открыт “образцово-показательный” родильный дом им. А.А. Абрикосовой (ныне родильный дом № 6), при котором были созданы женская и детская консультации.

Почти одновременно с роддомами, как часть совершенствования ухода за новорожденными, была создана служба *патронажных сестер*, которые были обязаны навещать рожениц с первого дня выписки из роддома и на месте их консультировать, следить за состоянием ребенка и уходом за ним.

Таким же централизованным путем была решена и проблема нехватки грудного молока. Специально приготовленное и стерилизованное коровье молоко ежедневно выдают в специальных пунктах всем, кто в этом нуждается. Во второй половине XX в. была разработана искусственная смесь, а в США стало модным не выкармливать грудью младенцев, переводя их на искусственную и витаминизированную смесь. Смысл в этом был, так как в это время в грудном молоке жительниц США обнаружены загрязняющие вещества. Таким образом была полностью решена проблема дефицита питания

для младенцев и стерильности их пищи. Безусловно, это способствовало снижению младенческой смертности (рис. 8.5).

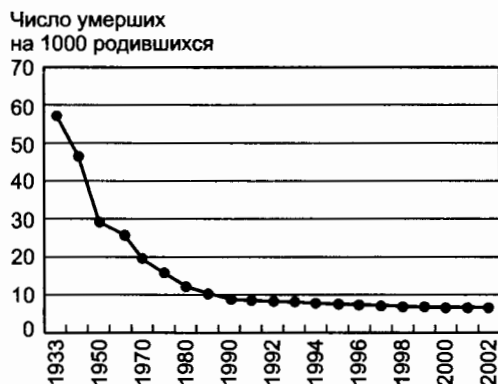


Рис. 8.5. Снижение младенческой смертности в США (на 1000 родившихся) (<http://www.cdc.gov/nchs/products/pubs/pubd/hestats/infantmort/infantmort.htm>)

Наконец, сами по себе *лекарства* стали достаточно сильными и всемогущими лишь в XX в. Именно в последние 100, а точнее, в последние 50 лет только за счет применения новых и более эффективных лекарств удалось спасти многие миллионы человеческих жизней. Но неправильно считать, что лекарствам принадлежит основная роль в снижении смертности. Например, в Великобритании смертность от туберкулеза снижалась почти с неизменной скоростью с 1840 по 1950 г. еще до введения химиотерапии и вакцинации (рис. 8.6). Если на этом графике отметить начало использования сильных лекарственных (ок. 1945 г.) и применения вакцины (ок. 1950 г.) против туберкулеза, то мы с удивлением обнаружим, что задолго до этих исторических событий удалось справиться с туберкулезом совокупностью более простых средств. С корью также удалось справиться еще до начала вакцинаций в конце 1960-х годов.



Рис. 8.6. Снижение смертности от туберкулеза легких в Англии и Уэльсе с 1840 по 1968 г. (McKeown, 1976)

Естественно, что смертность ниже в культурном обществе и значительно выше среди людей необразованных и невежественных. Вот почему одним из сильнейших факторов, способствовавших снижению смертности, стали вовсе не медицинские успехи, а распространение **всеобщего образования** и современных правил культуры быта.

Итак, смертность снижалась на протяжении многих веков. В истории были периоды, когда численность человечества не росла, например с 200 по 400 гг., с 1200 по 1400 гг., с 1600 по 1650 гг., что было обусловлено войнами и эпидемиями, но в целом снижение смертности, способствовало росту численности населения. Достижения науки, медицины, санитарии, техники, совершенствование социального обслуживания шаг за шагом снижали риск преждевременной смерти.

На фоне снижения смертности рождаемость падала значительно медленнее. Если мы разберемся в основных условиях снижения рождаемости, то поймем, в чем тут дело.

Каковы причины снижения рождаемости?

Снижение рождаемости обусловлено разнообразными социальными причинами, среди которых трудно выделить главные, за исключением процесса *урбанизации* — переселения людей в города. Демографы и социологи установили, что в крупных городах естественное самовозобновление недостаточно. За два поколения число урожденных горожан может сократиться вдвое. Только иммиграция в крупные города населения извне позволяет полисам не сокращаться.

Слабый естественный прирост городского населения объясняется несколькими причинами, и прежде всего *изменением положения детей в семьях*. В крестьянском натуральном хозяйстве каждый ребенок быстро приобщается к делу и начинает помогать старшим. Крестьянские дети очень рано становятся рабочей силой, поэтому чем их больше, тем сильнее само хозяйство. Иное дело — жизнь в городах, где нет натурального хозяйства, а вместо него получило распространение жесткое разделение труда и узкая специализация предприятий, требующих ответственной подготовки персонала. В таких условиях дети редко имеют реальную возможность участвовать в производительном труде своих родителей, а не на стороне. Не участвуя во взрослой жизни, они требуют специального внимания, не связанного с производством, отрываясь от своих семей, ведут порой сомнительный образ жизни и превращаются в конце концов из потенциальных помощников в обузу для взрослых. Для того чтобы не оставлять детей на произвол судьбы, родители платят за их пребывание в детских садах, обучение, досмотр.

Кроме того, в городах ценится высокопрофессиональный наемный труд, а следовательно, и хорошее образование. Этим городские условия жизни кардинально отличаются от деревенских, где в натуральном хозяйстве образование было необязательным. *Плата за образование* и связанные с ним расходы (одежда, питание, учебники и др.) удорожает воспитание и невольно подталкивает к ограничению желательного числа детей в семье.

Само по себе образование прививает вкус к творческой и интересной жизни. Поэтому *образованные женщины* предпочитают иметь меньше детей, чтобы оставить себе возможность полноценно участвовать в общественной и производственной жизни.

Многие женщины считают разумным вступить в брак лишь после получения высшего или специального образования. Нередко молодые люди стремятся сначала добиться материальной са-

мостоятельности и лишь затем вступать в брак и рожать детей. Существуют и гражданские ограничения возраста вступления в брак. В результате *сокращаются репродуктивный период* и число рожденных одной женщиной детей. Это относится лишь к тем сообществам, где по-прежнему принято рожать детей подряд и без ограничения. Так было, например, в Англии в XVIII в., в период роста благосостояния после индустриальной революции.

Важным обстоятельством стали *социальные гарантии*, которые в новейший период истории приобрели граждане большинства государств: пенсии, пособия в случае утери трудоспособности, бесплатная медицинская помощь, пособия по безработице и др. Среди них особенно важны социальные гарантии в старости, что снижает зависимость пожилых людей от своих детей.

Решив иметь меньше детей, большинство семей быстро достигает этой цели даже при отсутствии противозачаточных средств. В свою очередь появление и массовое распространение в XX в. *противозачаточных средств* облегчило решение этой задачи (Миллер, 1994). Появилось новое понятие — *“планирование семьи”*, которое в последней трети XX в. во многих странах было включено в число основных приоритетов государственной стратегии.

Однако и без официальной политики планирования семьи падение рождаемости на фоне снижения смертности обязательно происходит при переходе от натурального хозяйства к индустриальному, при переезде сельского населения в города. Это явление было названо *“демографическим переходом”*.

Демографический переход

Концепция “демографического перехода” была предложена в 1945 г. Фрэнком Ноустайном. Она связала воедино три процесса: экономическое развитие, рост народонаселения и социальный прогресс. Обычно демографический переход происходит в три стадии.

Примитивному обществу с натуральным хозяйством свойственна *высокая рождаемость* при столь же *высокой смертности*. Затем наступает промежуточный этап перехода, когда происходит *снижение смертности* при сохранении *высокой рождаемости*. В это время численность населения растет. Завершается переход *снижением рождаемости* на фоне ранее *снизившейся смертности*, что приводит к стабилизации численности населения на новом уровне.

Демографический переход тесно связан с ростом материального благосостояния и культурного уровня населения.

Поскольку демографический переход происходит не одновременно в разных странах, то вначале увеличилась численность населения одних регионов, а затем других. Первыми демографический переход прошли европейские страны. Завершающая стадия перехода, отмеченная снижением рождаемости, наступила сначала во Франции и Швеции в 1930-е годы, затем в Германии, Нидерландах, Великобритании, потом в большинстве остальных стран континента, включая Италию, Грецию, Испанию и Португалию.

Во Франции падение рождаемости началось с 1810 г., в Швеции — с 1850 г., в Англии и Уэльсе — примерно с 1880 г. В то же время смертность во Франции оставалась все это время выше, чем в Швеции, Англии, Уэльсе. Поэтому именно во Франции падение темпов прироста народонаселения проявилось сильнее и раньше, а в 1935 г. смертность превысила рождаемость.

Как бурный рост народонаселения, так и отсутствие прироста невыгодны для государства. При демографическом взрыве государству не удастся справиться с бедностью. Необходимость оказания срочной медицинской и социальной помощи отнимает многочисленные средства, накопленные госбюджетом. Ярким примером может быть Индия, в которой оказывается невозможным обеспечить всех жильем, электроэнергией, санитарными условиями жизни, потому что численность уже миллиардного населения продолжает быстро увеличиваться и никаких материальных и финансовых усилий не хватит, чтобы справиться с этой проблемой, не обуздав предварительно слишком высокую рождаемость. Пытаясь прежде всего накормить свое население, Индия лишь подхлестывает и без того высокий темп прироста населения. Низкий уровень образования, опора на натуральное хозяйство среди большинства населения в сочетании с противоэпидемическими мероприятиями (вакцинацией населения) и оказанием продовольственной помощи привели к тому, что за короткий период (1950–1990 гг.) население Индии возросло в 2,4 раза.

Полная стабилизация или даже снижение (депопуляция) численности населения также экономически не выгодны государству, потому что со временем доля пенсионеров увеличивается и затраты на их содержание возрастают. Снижается безработица, увеличивается спрос на рабочую силу, что приводит к росту заработной платы, а значит, и к удорожанию себестоимости продукции, которая становится неконкурентоспособной на мировом рынке. Вот почему все государства боятся депопуляции и стараются и материально и морально стимулировать повышение рождаемости. Однако исторический опыт показывает, что демографиче-

ский переход основан на глубоких закономерных перестройках в сознании, традициях и системе приоритетов населения и повернуть вспять этот процесс не удастся. Швеция, Франция, Германия, Россия и многие другие страны безуспешно пытались противостоять снижению рождаемости.

Наиболее показателен пример Швеции, прошедшей демографический переход в числе наиболее развитых европейских стран.

В 1750 г. Швеция после ряда военных поражений представляла собой небогатую аграрную страну, ослабленную междоусобными войнами. Средняя продолжительность жизни составляла у мужчин 34,2 года, а у женщин 37,2 года. Население 1,7 млн чел. Смертность была высокой. Инфекционные болезни, такие, как дизентерия, корь, коклюш, оспа, малярия, косили детей и взрослых.

С 1818 г. после долгого периода междоусобиц и внешних войн в Швеции наступил спокойный период развития. Феодализм был развит в Скандинавии своеобразно — при сохранении большой доли свободных крестьян, которые жили хуторами, были фактически независимыми, свободными тружениками, что и обусловило высокую производительность труда.

Король Карл XIV Юхан (первый Бернадот) потратил много средств на строительство дорог для заселения пустынных пространств. Значительно повысилось народное образование, которое по закону 1842 г. фактически стало всеобщим: каждый церковный приход обязан был иметь свою начальную школу. В результате благосостояние повысилось, производительность сельского труда стала выше. Пытаясь справиться с перепроизводством зерновых, крестьяне стали развивать мясо-молочное направление сельского хозяйства. Со временем Швеция стала успешно поставлять в Великобританию свою животноводческую продукцию. В результате улучшения условий жизни население страны за 100 лет, к 1850 г., удвоилось, а продолжительность жизни возросла примерно на 5 лет (мужчин 39,4 года, а женщин 43,5 года).

При Карле XV (1859–1872) была осуществлена конституционная реформа. В 1860 г. было введено местное самоуправление. С 1865 г. парламент стал двухпалатным и начал контролировать бюджет страны. С 1885 г. снижены налоги на землю и введены охранные пошлины на сельскохозяйственные продукты. Значительный прогресс наступил в медицинском обслуживании: были построены народные больницы; проводилась вакцинация против оспы; в городах налаживалось снабжение водой и строились канализационные системы. В итоге к 1893 г. население увеличилось еще на 40% и составило 4 824 150 человек. С этого времени рост населения стал одной из причин экономического спада. В начале 1890-х годов из страны выезжает более 40 тыс. чел. в год, а к 1900 г. Швецию покинуло уже 20% ее населения, переехав в США, где в то время была “золотая лихорадка”, а также в другие страны. Перенаселенность и экономический спад провоцируют начало снижения рождаемости в 20-х годах XX в.

Борьба за социальную справедливость, развернувшаяся в Швеции, как и в других европейских странах, в конце XIX–начале XX в., привела к уменьшению использования детской рабочей силы на производстве, выравниванию прав женщин с мужчинами. Одновременно возростала стоимость воспитания и обучения детей, которая “съедала” в среднем 1/3 семейного дохода. Все это лишь ускорило демографический переход и снижение рождаемости.

В 1934 г. Алва и Гуннар Мюрдаль опубликовали книгу “Кризис в вопросе народонаселения”, призывая к поощрению рождаемости, которая дала толчок для

принятия дополнительных мер поддержки многодетных семей, в том числе налоговых льгот. Матери стали получать пособия. Была создана бесплатная служба здоровья детей, институт патронажных сестер, в школах введено бесплатное питание. Значительно снизилась плата за обучение в школах. С 1940 г. были введены

детские сады. И тем не менее восстановить высокую рождаемость так и не удалось. Пришлось привлекать рабочую силу из-за границы, сделав иммиграцию привлекательной (рис. 8.7) (*World Resources*, 1986. P. 16).

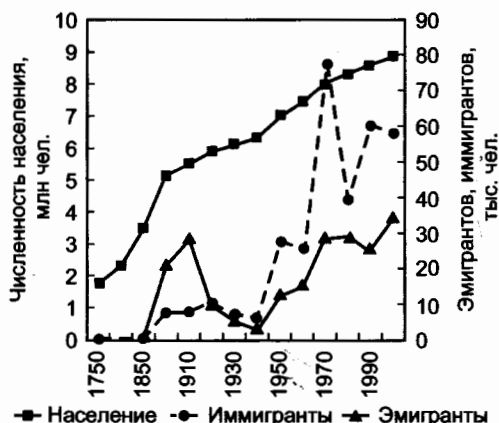


Рис. 8.7. Динамика численности населения Швеции с XVIII в. по настоящее время (www.ssd.scb.se)

В настоящее время численность европейского сообщества вообще не увеличивалась бы без иммиграции. Более того, в ближайшие десятилетия должна существенно сократиться численность в Испании, Италии, Швейцарии, Болгарии и не так сильно в других европейских странах. На этом

фоне завершившийся демографический переход в России свидетельствует о глубинном соответствии и родстве нашей страны европейской цивилизации.

Обсуждая угрозу депопуляции России, не надо забывать, что аналогичные по темпам значения предсказаны и для других стран.

К 2050 г. населения России станет меньше на 28,3%; Италии — на 25,3; Испании — на 21,6; Болгарии — на 43,0; Австрии — на 20,1; Швейцарии — на 21,8; Латвии — на 28,0; Эстонии — на 46,1% по сравнению с 2000 г. (*World Population Prospects...*).

Принимая во внимание внутренние экономические интересы государств, мы тем не менее не должны забывать, что прекращение демографического взрыва — обязательное условие выхода из экологического кризиса. Поэтому снижение рождаемости до разумных пределов, характерных для завершающей стадии демографического перехода, надо приветствовать.

Изменение соотношения численности народов

Разновременность прохождения демографического перехода является причиной значительного изменения соотношения численности народов мира. Доля европейских и североамериканских

народов снизится на фоне возрастания численности и доли азиатских народов. Увеличится доля и африканских народов, но не так сильно, как азиатских (табл. 8.4). Изменится последовательность лидирующих стран по численности населения (табл. 8.5). Плотность населения в таких странах, как Индия, Индонезия, Китай, Пакистан, Нигерия, может непомерно возрасти. При этом возрастает вероятность социальных конфликтов и миграции населения, пытающегося покинуть свою страну и переселиться в другую. Любые переселения народов всегда были болезненными и веками сопровождались межэтническими конфликтами, что наблюдается и в настоящее время.

Однако есть страны, такие, как США и Австралия, которые накопили большой опыт предотвращения и снижения межэтнических конфликтов. В них исторически приходилось сосуществовать вместе эмигрантам из различных стран. Во второй половине XX в. правительство США проводило специальную программу, направленную на развитие добрососедских партнерских отношений между выходцами из разных стран. Огромную роль в этом играло развитие чувства патриотизма за свою новую родину. В США такую программу называли межэтническим "плавильным котлом", подразумевая под этим ассимиляцию разных народностей

Таблица 8.4

Среднегодовой прирост народонаселения разных континентов

Период	Европа	Россия	Северная Америка	Африка	Латинская Америка
1900–1920	0,6	1,4	1,9	1,2	1,8
1920–1940	0,7	1,1	1,1	1,5	1,7
1940–1950	0,3	–0,8	1,3	1,4	2,5
1950–1955	0,8	1,7	1,8	2,2	2,6
1955–1960	0,8	1,8	1,8	2,3	2,8
1965–1970	0,6	1,0	1,1	2,7	2,7
1975–1980	0,4	0,9	1,1	2,9	2,5
1980–1985	0,4	0,7	1,0	2,7	2,1
1985–1990	0,4	0,7	1,0	2,8	1,9
1990–1995	0,2	0	1,1	2,6	1,7
1995–2000	0,0	–0,3	1,1	2,4	1,6
2000–2005	–0,1	–0,6	1,0	2,2	1,4

Источник: <http://esa.un.org/unpp>.

Таблица 8.5

Первые 10 стран по численности и плотности населения

1900 г.			2000 г.			2050 г.		
Страна	Численность населения (млн чел.)	Плотность населения (чел./км ²)	Страна	Численность населения (млн чел.)	Плотность населения (чел./км ²)	Страна	Численность населения (млн чел.)	Плотность населения (чел./км ²)
Китай	472	49	Китай	1261	135	Индия	1628	495
Индия	230	70	Индия	1016	342	Китай	1394	145
США	76	8	США	282	31	США	422	45
Россия	74	4	Индонезия	210	116	Пакистан	349	438
Япония	45	119	Бразилия	170	20	Индонезия	316	166
Германия	42	118	Россия	146	9	Нигерия	307	332
Франция	41	74	Пакистан	138	179	Бангладеш	255	1771
Индонезия	39	20	Бангладеш	130	997	Бразилия	221	26
Великобритания	38	157	Нигерия	127	139	Дем. Респ. Конго	181	77
Италия	33	110	Япония	127	337	Эфиопия	173	157

Источники: По численности: 1900 г. — <http://www.gem-werc.org/gd/listframe.htm>; по 2000 г. — Доклад о мировом развитии 2002. Создание институциональных основ рыночной экономики / Пер. с англ. М.: Весь мир, 2002. 264 с. (Табл. 1. С. 232–233); по 2050 г. — http://www.prb.org/pdf/WorldPopulationDS03_Eng.pdf.

Расчет плотности 1900 и 2050 гг. — по данным о территории: Россия и страны мира / Госкомстат России. М., 2002. 398 с.

в единую американскую нацию. Большой опыт в этом отношении был накоплен и Советским Союзом, на территории которого мирно уживалось более 100 наций и народностей.

По мере прохождения демографического перехода в каждой стране изменяется и соотношение возрастных групп населения. В экономически слаборазвитых странах с высокой смертностью и рождаемостью преобладает молодежь. В экономически более развитых странах с низкими смертностью и рождаемостью соотношение всех возрастных групп примерно равно. Этот эффект наглядно представлен при сравнении *демографических пирамид* экономически развитых и слаборазвитых стран (см. рис. 5.4).

Естественно, что в странах с преобладанием младших возрастных групп чаще встречаются примеры *социальной напряженности* и нестабильности, революционные настроения и агрессивность. Напротив, в странах со значительной долей старших возрастных групп преобладают консерватизм, осторожность, социальная стабильность.

Для сравнения изучите самостоятельно “демографические пирамиды” России в 1900 и 2000 гг. (рис. 8.8) и постарайтесь объяснить, что означают “провалы” численности некоторых возрастных групп (1–5; 30–35; 55–60; 85–80 лет).

Последние 50 лет истории человечества полностью подтвердили справедливость концепции демографического перехода, а это означает, что в будущем во всех странах стремительный рост должен смениться его замедлением вплоть до полной стабилизации.

Благодаря этой закономерности демографам удалось представить количественный прогноз дальнейшего изменения численности народонаселения мира до 2100 г., который в течение последних 20 лет полностью сбывается.

Теперь мы знаем, что к концу XXII в. численность человечества должна стабилизироваться на уровне примерно 10–11 млрд чел. Это позволяет точнее оценивать будущие потребности человечества в различных ресурсах и уже сейчас определять наиболее вероятные дисбалансы и проблемы в экономике и социальном развитии мирового сообщества и даже его отдельных регионов.

Выводы

1. В результате достижений науки, техники, медицины *смертность* в последние столетия значительно сократилась, что привело к увеличению средней продолжительности жизни людей.

2. Увеличился *темп прироста* численности народонаселения мира, так как *рождаемость* вначале оставалась на прежнем высоком

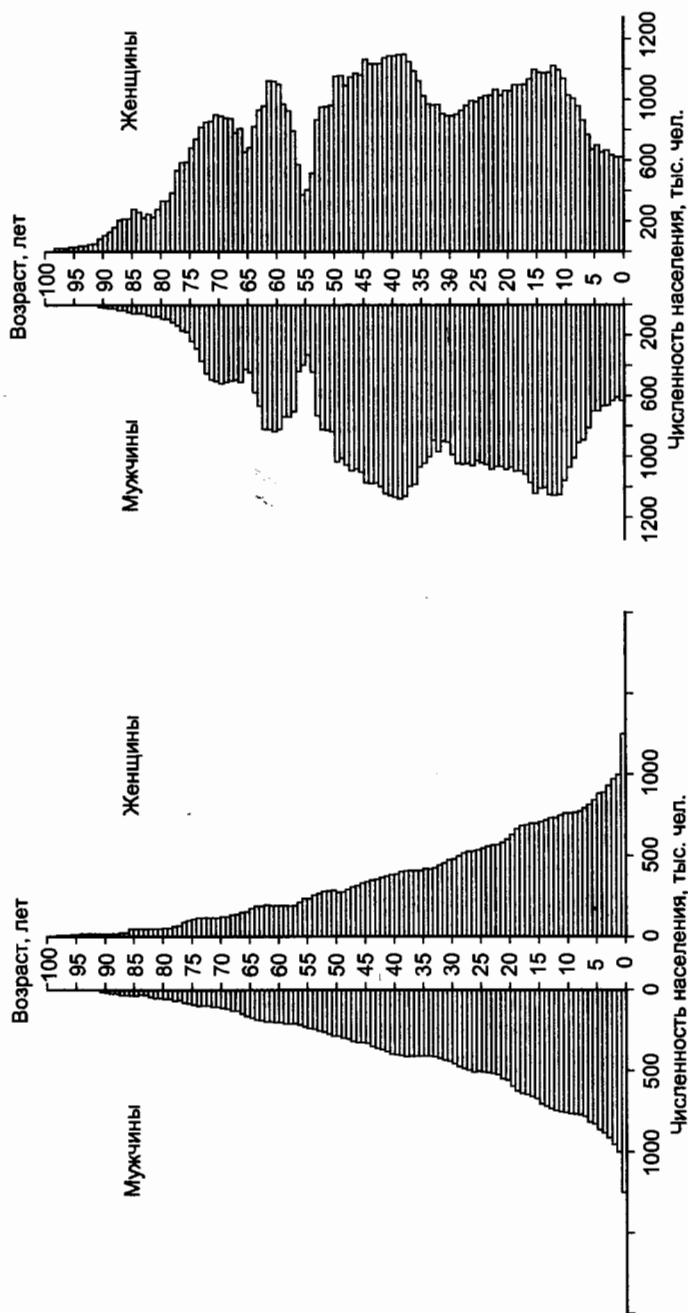


Рис. 8.8. Соотношение возрастных групп населения ("демографические пирамиды") в России в 1897 и 1998 гг. (Россия в окружающем мире: 2000)

уровне. Возникла угроза перенаселения планеты с сопутствующими опасностями истощения природных ресурсов, нехватки продовольствия, прогрессирующего загрязнения окружающей среды и социальными волнениями.

3. Прогноз использования природных ресурсов при таком сценарии роста численности человечества, выполненный в конце 60-х — начале 70-х годов XX в., показал, что *экологический кризис* должен разразиться через несколько десятилетий.

4. Мировое сообщество предприняло попытку выработки объединенной стратегии дальнейшего развития человечества, которая была обсуждена на Конференции ООН по проблемам окружающей человека среды в Стокгольме в 1972 г. Принятые на ней решения имели историческое значение.

5. Во многих густонаселенных странах с высоким темпом прироста населения, таких, как Китай и Индия, были предприняты международные и государственные усилия по сокращению рождаемости под лозунгом распространения планирования семьи.

6. Независимо от усилий мирового сообщества рождаемость стала сокращаться в соответствии с концепцией *демографического перехода*, сформулированной еще в 1945 г. Темп роста человечества стал медленно снижаться.

7. Есть все основания считать, что к концу XXII в. численность человечества стабилизируется на уровне 10–11 млрд человек.



ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВИЕМ РАСТУЩЕГО ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Основные вопросы

-
1. Чем различаются понятия “ресурс” и “резерв”?
 2. Какие природные ресурсы можно рассматривать как возобновимые?
 3. Хватит ли продовольственных ресурсов, чтобы обеспечить все человечество пропитанием?
 4. Можно ли увеличить еще больше площади сельскохозяйственных угодий?
 5. Каковы возможности научно-технического прогресса в увеличении урожайности?
 6. Что входит в понятие “зеленая революция”?
 7. Каких негативных последствий возрастания интенсивности сельскохозяйственного производства следует особо опасаться?
 8. Что такое *пестициды*, для чего они используются?
 9. Что такое *органическое земледелие*, когда возникло это направление в сельском хозяйстве?
 10. Какое значение имеет Мировой океан как источник продуктов питания?
-

Возобновимые и невозобновимые (исчерпаемые) ресурсы

Природные ресурсы — совокупность компонентов неживой и живой природы, которые используются или могут быть использованы для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества.

Природные резервы — разведанные запасы сырья, добыча которых в настоящее время представляется рентабельной.

Природные ресурсы подразделяются на энергетические, водные, земельные (почвенные), минеральные, биологические (животный и растительный мир) и др. По исчерпаемости природные

ресурсы разделяются на *неисчерпаемые*, *возобновимые* и *невозобновимые* в зависимости от их способности к самовосстановлению за сроки, сопоставимые со сроками их потребления.

К *неисчерпаемым* ресурсам относятся те, что поступают на Землю из космоса, — это главным образом солнечная энергия, к *возобновимым* — вода, растительные и животные ресурсы (при условии, что биологическое разнообразие последних не уменьшается), к *невозобновимым* — все полезные горючие ископаемые (уголь, нефть, природный газ, многие минералы), а также любые другие вещества, не способные к самопроизвольному переходу из состояния конечных продуктов реакции в первоначальные продукты.

К невозобновимым ресурсам условно можно отнести все виды живых организмов, если вид уничтожен полностью, а также *почву*, поскольку срок ее самовосстановления намного превышает среднюю продолжительность человеческой жизни.

В зависимости от типа ресурса рекомендуются различные подходы для обеспечения рационального природопользования.

Масштаб использования *возобновимых* ресурсов надо соотносить со скоростью их самовосстановления, определяя научно обоснованные квоты вырубki леса, вылова рыбы, потребления водных ресурсов.

Эксплуатацию *невозобновимых* ресурсов следует минимизировать, экономически поощряя все формы сбережения, сокращения доли отходов, перехода на использование неисчерпаемых или возобновимых ресурсов, разработки и скорейшего внедрения новых, более совершенных технологий. Примером может быть сокращение потребления горючих ископаемых за счет 1) прямого сокращения энергозатрат; 2) более полного использования ветрогенераторов, солнечных батарей, прямого использования солнечной энергии; 3) внедрения более совершенных приборов, потребляющих меньшее количество энергии (автомобильные двигатели, высокоэффективные электролампы и др.).

Продовольственная проблема человечества

Обеспечение продовольствием до сих пор полностью зависит от продуктивности экосистем. Теоретически общая годовая продукция биосферы (сухое вещество) оценена в пределах 213×10^{10} т, а продукция всех полей и пастбищ составляет примерно $3,9 \times 10^{10}$ т (табл. 9.1, 9.2). В настоящее время все человечество производит прямо и косвенно примерно 2×10^9 т зерна в год.

Таблица 9.1

**Количественные характеристики биомассы и продуктивности
современной биосферы**

(Акимова, Хаскин, 1998)

Показатели биомассы и продукции	Масса, млрд т
Биомасса живого вещества биосферы	8344
Сухое вещество биомассы биосферы	1360
Органическое вещество биомассы биосферы	1276
Годовая продукция живого вещества (брутто)	847
Сухое вещество продукции	138
Органическое вещество продукции	130
Годовое потребление и выделение CO ₂	224
Годовое потребление и выделение воды	21 695
Годовой обмен метаболической воды	69
Годовое выделение и потребление кислорода	163
Годовой проток нетто-энергии фотосинтеза, Дж · 10 ¹⁸	2327

Из этих расчетов получается, что у современного человечества не должно быть продовольственной проблемы. Однако надо учесть, что подавляющая часть первичной продукции используется внутри самих естественных экосистем, причем чем разнообразнее и сложнее экосистема, тем полнее используется вырабатываемая ею первичная продукция. Увеличение доли первичной продукции, потребляемой человечеством за счет расширения посевных площадей и водных хозяйств, неизбежно должно приводить к сокращению естественных экосистем. Не приведет ли

это к непредсказуемым катастрофическим последствиям, связанным с разбалансировкой круговорота веществ в биосфере?

В настоящее время все поля и пастбища занимают уже 28% суши, а если учесть все сельскохозяйственные угодья — 37%. Эта площадь составляет $4,1 \times 10^9$ га. Если учесть, что на долю лесов

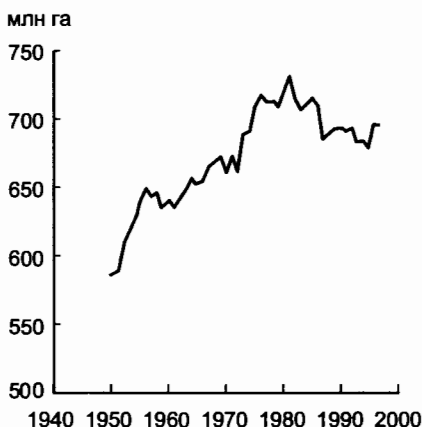


Рис. 9.1. Изменение площади под зерновыми в мире (Worldwatch Database, 2000)

Таблица 9.2

Площадь, биомасса и продуктивность основных биомов Земли

(Акимова, Хаскин, 1998)

Основные биомы, категории земель	Площадь, млн км ²	Биомасса (сухое вещество)		Годовая продукция	
		т/га	млрд т	т/га	млрд т
Тундры и лесотундры	4,2	8,5	3,6	2,6	1,1
Таежные и горные хвойные леса	12,8	127,0	162,6	7,9	10,1
Листоечно-хвойные бореальные леса	6,2	185,0	114,7	9,8	6,1
Широколиственные листопадные леса	7,6	240,0	182,4	11,0	8,4
Субтропические леса	5,3	382,0	202,5	16,4	8,7
Влажные тропические леса	10,3	581,0	598,5	27,8	28,6
Саванна, чапаррель	6,2	68,0	42,2	9,1	5,6
Степи, прерии	2,8	10,0	2,8	6,0	1,7
Пустыни	22,7	2,1	4,8	1,6	3,6
Пашня, обрабатываемые земли	15,1	9,7	14,6	6,7	10,1
Освоенные и окультуренные пастбища	26,3	8,9	23,4	6,8	18,1
Воды суши	2,4	0,3	0,1	0,7	0,2
Сооружения, дороги, горные выработки	9,8	—	—	—	—
Полярные и горные льды	17,2	—	—	—	—
Итого для всей суши	148,9	1352,2		102,2	
Океан	361,1	7,8		(36)	
Всего	510,0	1360,0		(138,2)	

приходится не более 31% поверхности суши, а остальные земли (около 32%) в основном малопродуктивны, то становятся понятными предостережения экологов против дальнейшего сведения лесов (табл. 9.3; рис. 9.1). Стремясь захватить новые площади плодородных земель, во многих странах осушали болота. Эта кампания мелиорации земель прошла и в нашей стране с середины 1960-х годов, когда было принято решение об осушении дополнительно еще 15–16 млн га заболоченных земель. За последние полвека в мире была осушена почти половина болот.

Таблица 9.3

**Природные факторы, ограничивающие развитие
сельскохозяйственного производства**

Вид ограничения, препятствующий распашке земель	Площадь, млн га	Доля от общей земельной площади, %
Ледниковое покрытие	1490	10
Низкие температуры	2235	15
Сухость климата	2533	17
Крутизна склонов	2682	18
Свойства почв:		
маломощность	1341	9
бедность питательными веществами	795	5
переувлажненность	596	4
<i>Всего</i>	11 622	78

Источник: Максаковский В.П. Географическая картина мира. Ч. III: Глобальные проблемы человечества. Ярославль, 1996. 160 с.

Однако в ближайшие полвека человечество должно еще раз удвоиться. Возможно ли обеспечить всех продовольствием? Вопрос не прост, если учесть, что и в наши дни не менее 1 млрд чел. на планете постоянно недоедает (Браун, 2001). По оценкам ООН, в 2000–2002 гг. в мире около 150 млн детей страдали от недоедания, 11 млн ежегодно умирали в возрасте до пяти лет.

Теоретически возможная и реальная продуктивность земледелия

Чтобы ответить на этот вопрос, можно просто учесть динамику производства зерновых в мире за последние 50 лет (рис. 9.2). В 1950 г. мировое производство зерна составило 631 млн т, а в 2000 г. — около 2 млрд т, увеличившись за полвека в три раза. При этом посевные площади возросли не столь уж значительно — с 587 до 700 млн га, но зато общая площадь орошаемых земель увеличилась в 3 раза, объем вносимых минеральных удобрений — в 10 раз, а урожайность зерновых — примерно в 2,5 раза. Получается, что на практике сельское хозяйство справилось с задачей обеспечения продовольствием растущего человечества. Ведь за это время народонаселение мира более чем удвоилось, а продукция зерновых на душу населения не снижалась, составляя примерно

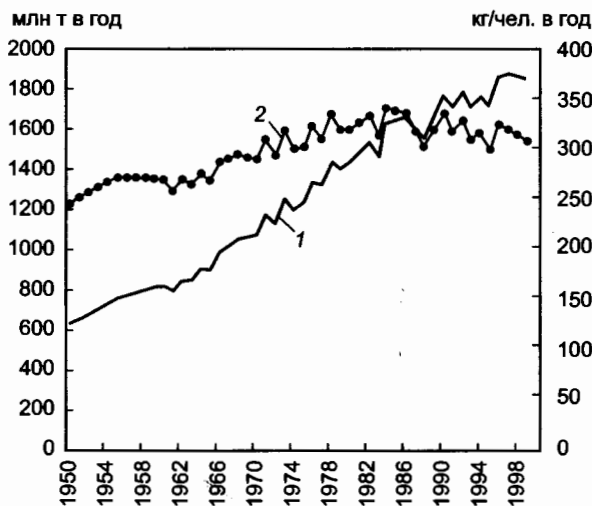


Рис. 9.2. Динамика производства зерна в мире (1) и изменение количества зерна на душу населения (2) (Vital Signs, 2000)

300 кг/чел. в год. Правда, эти пищевые ресурсы распределялись неравномерно. В развитых странах рацион изобилует животными продуктами, а в развивающихся странах он в основном растительный. На откорм домашнего скота расходуется примерно 40% зерна.

В этой связи стоит напомнить, что по экологическим законам первичная (растительная) продукция превышает вторичную (животную) в несколько раз, а в общем случае — десятикратно (см. гл. 5). Поэтому на производство 1 кг телятины требуется около 10 кг растительной продукции. Следовательно, та часть человечества, которая в изобилии потребляет животные продукты, использует большую площадь сельскохозяйственных угодий на душу населения (не говоря об энергетической стороне затрат) по сравнению с теми, кто питается преимущественно растительной пищей.

Различные теоретические расчеты возможности обеспечения продовольствием растущего человечества за последние полвека проводили многократно. Сложные, но более точные выкладки с учетом продуктивности разных типов экосистем и природно-климатических особенностей позволяли ориентировочно установить суммарную продуктивность биосферы. Однако при этом трудно определить возможную долю изъятия дополнительной продукции на нужды человечества, потому что мы не знаем достоверно предела, далее которого произойдет нарушение природного

равновесия вследствие замещения естественных экосистем агроценозами.

Другие расчеты исходили из возможностей совершенствования агротехнологий, мелиорации земель, повышения их плодородия, снижения потерь, увеличения эффективности борьбы с вредителями сельскохозяйственной продукции. Одна из первых подобных качественных оценок была сделана Н.В. Тимофеевым-Ресовским в 1968 г. Его расчет позволил предположить, что на основе более полного использования достижений научно-технического прогресса возможно прокормить около 10 млрд чел.

Н.В. Тимофеев-Ресовский видел решение продовольственной проблемы за счет более эффективного использования возможностей биосферы: 1) подбирать виды растений, способные в наибольшей степени использовать при фотосинтезе солнечную энергию; 2) искусственно повышать плотность зеленого покрова Земли; 3) повышать продуктивность естественных экосистем и агроценозов, увеличивая продуктивность гигантского круговорота в биосфере; 4) изучать, а затем и владеть механизмами природного равновесия круговорота веществ и таким путем повысить его эффективность; 5) контролировать и использовать вещества, надолго выходящие из круговорота (сапропель на дне водоемов и др.). Прекрасно понимая опасность антропогенного вмешательства в биосферное равновесия, Н.В. Тимофеев-Ресовский предупреждал, что небрежное потребительское отношение к биосфере будет означать не только подрыв пищевых и сырьевых ресурсов человечества, но и подрыв газового и водного баланса, целиком зависящего от правильной работы биосферы.

Фундаментальные исследования, выполненные во второй половине XX в. по заказу ФАО и ЮНЕСКО, позволили обобщить накопленные в разных странах сведения о почвах и климате. Были выпущены соответствующие карты масштаба 1 : 5 000 000, на основе которых определена теоретическая предельная емкость сельскохозяйственных угодий в 117 странах, а также по основным регионам и для мира в целом. Исходя из прогнозов, опубликованных в середине 1980-х годов, существующие сельскохозяйственные угодья в 2000 г. способны прокормить в несколько раз больше имеющегося на этот момент населения (World Resources, 1986).

К наиболее оптимистичным выводам приходили футурологи в середине XX в., не принимавшие в расчет биосферного равновесия, а лишь представлявшие будущее с технократических позиций. Они предлагали кардинально повысить продуктивность экосистем на всей суше и максимально много взять из Мирового океана. Тогда потенциальные пределы численности человечества оценивали в 83 млрд чел. и более (Дювиньо, Танг, 1968). Не прошло и нескольких десятилетий, как абсурдность подобных построений стала очевидной. Выяснилось, что перспективы дальнейшего повышения урожайности намного скромнее предполагаемых.

Пример расчета обеспечения продовольствием народонаселения мира, проведенного в 1950-х годах (Малин, 1961)

На основе данных по средней урожайности в передовых (по различным сельскохозяйственным культурам) странах произведен пересчет урожая пшеницы, гороха, подсолнечника, картофеля, сахарной свеклы и риса в энергетический эквивалент с 1 га. Он оказался в пределах от 14 до 50 млн ккал/га, а в среднем 30 млн ккал/га. Если исходить из годовой нормы потребления человеком с пищей, равной 4,44 млн ккал, то растительной продукции с 1 га хватит для обеспечения 7 чел. необходимым количеством пищи (в энергетическом выражении). Учитывая, что в то время обрабатываемая площадь Земли составляла 1,37 млрд га, автор пришел к выводу, что с этой площади можно прокормить 9,5 млрд чел. Далее он принимает в расчет, что при использовании самых передовых агротехнологий урожайность на тех же полях в среднем в 4–5 раз выше, и на этом основании делает вывод, что теоретически возможно прокормить 37–46 млрд чел. Если же считать, что в теплом климате можно получать два урожая в год, а в холодном климате дополнительно выращивать скороспелые растения для получения зеленых кормов, то тогда на Земле можно обеспечить пищей от 60 до 85 млрд чел.

Приведенный расчет основывается на энергетическом эквиваленте только растениеводческой продукции, которой при равных условиях можно произвести примерно в 10 раз больше, чем животноводческой.

Можно провести расчет и другим способом. Возьмем за основу одну из современных благополучных крупных стран, полностью удовлетворяющую свои продовольственные потребности, и попытаемся экстраполировать ее достижения на всю площадь сельскохозяйственных угодий мира. Например, США с населением 268 млн чел. (на 1997 г.) полностью удовлетворяли свои продовольственные потребности, используя сельскохозяйственные угодья общей площадью 384 млн га и продавали на экспорт примерно 1/4 часть своей сельскохозяйственной продукции. Поэтому на внутренние потребности в 1997 г. использовалось фактически лишь 3/4 площадей всех сельскохозяйственных угодий США. Получается, что на душу населения в США приходится примерно 1 га разнообразных сельхозугодий. В благоприятных природно-климатических условиях при использовании совершенных агротехнологий такой площади оказывается достаточно для обеспечения населения продовольствием.

Если экстраполировать эти данные по продуктивности самых благополучных сельскохозяйственных угодий на территорию, используемую всем человечеством для сельского хозяйства, т.е. 4846 млн га, то получается, что *по меркам США можно прокормить не более 4846 млн человек*, а не 6 млрд, уже сейчас населяющих Землю.

Понятно, что предложенная экстраполяция неправомерна, так как значительная часть общемировых сельскохозяйственных угодий расположена не в столь благоприятных условиях, к тому же

не так много стран, которые способны обеспечить свое сельское хозяйство удобрениями, техникой, топливом, селекционными сортами. Следовательно, предложенный расчет явно завышен, и даже 4,8 млрд чел. сейчас невозможно прокормить на Земле по меркам развитых стран.

Этот верхний предел благополучного решения продовольственной задачи вряд ли изменится в мире в ближайшие десятилетия. Можно ожидать, что все больше небогатых стран со временем получат возможность модернизировать сельское хозяйство и приблизиться по продуктивности угодий к развитым странам. Но и это не решит проблемы обеспечения продовольствием народонаселения численностью свыше 10 млрд чел.

Поэтому и в будущем сохранится разрыв в рационе между богатыми и бедными странами. В богатых странах удастся получить продукты в избытке, частично импортировать их в другие регионы мира, небольшую часть отдавать в виде гуманитарной помощи, а иногда уничтожать излишки, как это происходит сейчас в связи с эпидемиями скота. Бедные же страны смогут накормить свое население в основном растительными продуктами (рисом, маисом, картошкой) при условии своевременного использования опыта "зеленой революции".

Зеленая революция

Термин "*зеленая революция*" вошел в употребление в 50-х годах XX в., означая существенное повышение продуктивности при применении в сельском хозяйстве научно-технических достижений: 1) механизации сельского хозяйства; 2) водообеспечения (иригации); 3) использовании минеральных удобрений; 4) химических средств защиты растений; 5) выведении новых более совершенных сортов и пород методами селекции.

Зеленая революция позволила значительно повысить урожайность в бедных странах, особенно азиатских и африканских. Так, за одно десятилетие (с 1965 по 1975 г.) в Индии количество вносимых удобрений увеличилось в 3 раза, машинно-тракторный парк — в 7 раз, площади высокопродуктивных хозяйств достигли 20%, хотя в 1965 г. таких ферм вообще не было (Michalski, 1986). Благодаря зеленой революции Индия, Китай и другие страны, в которых голод нарастал с каждым годом, смогли решить продовольственную проблему и перейти к самообеспечению продуктами питания.

Одновременно индустриальные методы зеленой революции ударили по менее конкурентоспособному традиционному мелко-

му сельскому хозяйству, способствовали его разорению, оттоку людей в города. В дальнейшем оказалось, что наряду с интенсификацией сельского хозяйства перечисленные выше составляющие зеленой революции оказались не лишними существенных недостатков, которые необходимо заранее учитывать.

Механизация сельского хозяйства означает повсеместное использование техники, а следовательно, многократное повышение энергетических затрат. Использование машинно-тракторного парка облегчает и ускоряет обработку полей, в частности вспахивание, рекультивацию и другие работы, однако измельченная почва легче поддается эрозии.

Раньше, до использования тракторов, поля были маленькими, а их обработка плугом или бороной слишком тяжела, чтобы повторять ее многократно. Поэтому крестьяне взрыхляли почвенный слой неглубоко и не слишком часто. С появлением тракторов исчезло былое ограничение на частоту обработки полей, связанное с затратой собственной силы. Теперь стало возможным более глубокое вспахивание, по несколько раз бороновать и окучивать посадки в борьбе с сорняками. Размеры полей увеличились: трактор позволял одному трактористу обработать площадь во много раз больше, чем при вспашке на конной тяге.

Переуплотнение почв. Проблема переуплотнения почв в последние два десятилетия выдвинулась на одно из первых мест в ряду антропогенных воздействий на природную среду. Переуплотнение ведет к усилению основного антропогенного фактора деградации почв и ландшафтов — водной и ветровой эрозии. Наиболее подвержены переуплотнению почвы, содержащие мало органического вещества; при орошении переуплотняются и высокогумусные черноземы. Основной причиной переуплотнения является высокая техногенная нагрузка на почву на фоне интенсивной дегумусификации пахотного горизонта — применение тяжелых машинно-тракторных агрегатов, оказывающих недопустимое давление ходовых систем на поверхность почвы. Для уменьшения отрицательных последствий переуплотнения применяется комплекс взаимосвязанных агротехнических, организационно-технологических и технологических мероприятий. Их осуществление может только уменьшить уплотняющее воздействие техники на почву. Радикальное решение проблемы связано с модернизацией и разработкой новой техники с допустимым давлением на почву (Государственный доклад "О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1995 г." М.: Центр международных проектов, 1996. С. 44).

Увеличение размера поля, глубины вспашки и частоты обработки почвы стали причиной значительной интенсификации почвенной эрозии. Эрозия почвы — естественный процесс, который находится в динамическом равновесии с почвообразованием, пока почву защищает достаточно плотный растительный покров. Для формирования почвенного слоя мощностью 10 мм требуется при благоприятных условиях от 10 до 400 лет и более. Интенсивность

эрозии во многом зависит от особенностей климата. Перевыпас скота, вспашка и боронование полей приводят к оголению почвы, которая в результате легче разрушается под воздействием ветра или дождей.

Пример с деградацией целинных земель в США

- на первом этапе освоения целинных земель в шт. Канзас (США) с 1867 по 1874 г. средний годовой урожай составлял 20 ц/га;
- в следующем десятилетии, вплоть до 1884 г., широкое внедрение мощных плугов позволило повысить урожай до 22 ц/га;
- в 1885 г. было собрано 14,5 ц/га;
- в 1886 г. — 13,1 ц/га.;
- в конце XIX в. урожай упал до 11 ц/га;
- в 1930-х годах (пыльные бури) — до 7 ц/га.

В 1930-х годах в США после нескольких засушливых лет начались страшные *пыльные бури*, унесшие с огромных территорий значительную часть плодородного слоя почв. Многие сотни тонн пыли ветром поднимало на большую высоту и переносило на сотни и даже тысячи километров. Моряки рассказывали, что даже вдали от берегов Америки на корабль иногда низвергался поток пыли, вынесенной далеко за пределы континента. Пыль разносило так далеко, что в Вашингтоне, расположенном далеко от Среднего Запада — основного сельскохозяйственного региона страны, — пыль скрипела на зубах. Поэтому в 1934 г. в США была создана государственная Служба охраны почв (Миллер, 1994).

В России еще в XIX в. В.В. Докучаевым, а затем в середине XX в. В.Н. Сукачевым были проведены фундаментальные исследования, которые помогли разработать рекомендации по снижению эрозии, в том числе посадку в лесостепной зоне пылезащитных лесополос; запрет вспашки по склону; внедрение севооборота и др. Тем не менее в СССР повторили ошибку других стран, когда в начале 50-х годов стали осваивать целинные земли, где в первые годы получали большие урожаи, а в последующие произошла сильная эрозия почвы за счет тех же пыльных бурь. Этот вопрос пришлось рассматривать даже правительству, которое выпустило в 1967 г. специальное постановление “О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии”. В СССР была создана сеть почвенных стационаров, создана карта почвенного покрова страны, а за состоянием почв следили специальные научно-исследовательские институты, например Научно-исследовательский институт зернового хозяйства. И все же к началу XXI в. в России оказались эродированными 23% сельскохозяйственных

угодий и 27% пашни, и еще 57% всех сельхозугодий и 65% пашни отнесены учеными к категории "эрозионно опасных земель".

К настоящему времени из-за эрозии почв в мире уже утеряно около 1/3 плодородного слоя. Следовательно, использование механизации в сельском хозяйстве должно быть умеренным, чтобы это не привело к уменьшению плодородия почв.

Водообеспечение сельского хозяйства намного улучшилось после распространения ирригационных сооружений (водохранилищ, сети каналов) и грунтовых вод с помощью бурение скважин (рис. 9.3). Благодаря этому посевные площади расширились и одновременно возросли урожаи, уменьшилась зависимость от природных флуктуаций климата.

Однако неумеренное использование воды на полив приводит в засушливых районах к *засолению верхних горизонтов почвы* (так было на территории среднеазиатских республик в 70–80-е годы, см. гл. 11). Засоление происходит из-за того, что в жарком климате происходит активное испарение с поверхности почвы влаги, в результате попавшая в почву вода вместе с растворенными в ней веществами (прежде всего солями) поднимается к поверхности и при ее испарении остается корка соли.

Если же для ирригации используются ресурсы подземных вод, то постепенно *уровень грунтовых вод* снижается, что может негативно сказаться на окружающих естественных экосистемах. Образуется так называемая "депресссионная воронка". С каждым годом приходится бурить все более глубокие скважины и тратить больше энергии для выкачивания из них воды. В конце концов этот способ обеспечения водой может стать нерентабельным.

Применение минеральных удобрений позволяет обеспечить оптимальное питание растений и таким способом повысить урожайность. История применения минеральных удобрений насчитывает менее 100 лет (рис. 9.4). В начале XX в. на практике стали применять открытие ученых, обнаруживших, что внесение солей азота, фосфора и калия способствует значительному повышению урожайности растений. За 70 лет с начала XX в. был достигнут верхний предел разумного внесения удобрений. Вначале широкое использование минеральных удобрений ограничивала лишь стоимость. Затем было построено множество заводов по их производству. Во многих развитых странах, включая СССР, были приняты государственные программы поддержки сельского хозяйства с помощью производства дешевых минеральных удобрений. Благодаря этому удалось в сжатые сроки значительно повысить производительность растениеводства.

млн га

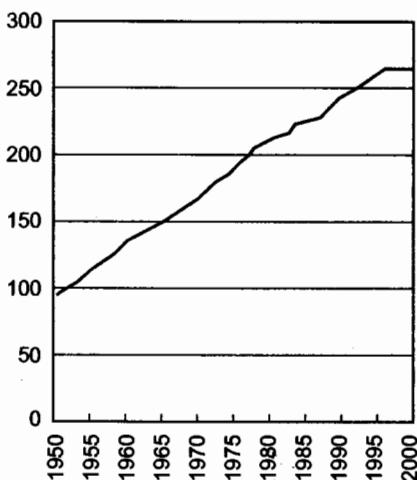


Рис. 9.3. Изменение орошаемых площадей в мире (Worldwatch Database, 2000)

млн т в год

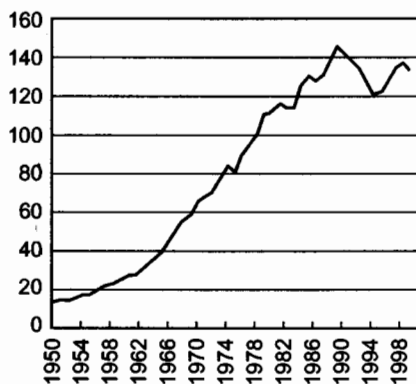
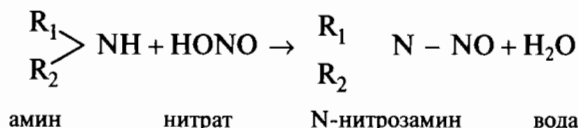


Рис. 9.4. Динамика использования минеральных удобрений в мире (Worldwatch Database, 2000)

Позже выяснилось, что при переизбытке минеральных удобрений растения не успевают их ассимилировать, и в результате остающиеся неусвоенными нитраты и нитриты становятся причиной пищевых отравлений.

Нитраты. Соли азотной кислоты HNO_3 — нормальный продукт обмена азотистых веществ любого организма. Поэтому “безнитратных” продуктов в природе не бывает. Даже в организме человека образуется и используется в обменных процессах 100 мг и более нитратов в сутки. При избыточном количестве нитратов они в пищеварительном тракте частично восстанавливаются до нитритов, а последние при поступлении в кровь могут вызывать *метгемоглобинемию*.

Кроме того, из нитритов в присутствии аминов могут образовываться N-нитрозамины, которые обладают канцерогенными свойствами:



В зависимости от природы радикалов могут образовываться разнообразные нитрозамины, из которых канцерогенным действием обладают более 100, в том числе *нитрозодиметиламин* и *нитрозодиэтиламин*.

“По результатам выборочного контроля было выявлено превышение максимально допустимых уровней содержания нитратов в 10–15% проб растениеводческой продукции. Отмечалась тенденция к увеличению загрязнения нитратами столовой свеклы, моркови, огурцов, ранней капусты и других культур” (Состояние окружающей среды и природоохранная деятельность на территории бывшего СССР: Справ. пособие. Т. 1. М., 1994. С. 72).

В свежем мясе и рыбопродуктах нитрозамины находятся в виде следов (менее 1 мкг/кг), в сыре — до 10 мкг/кг, в маринованных растительных продуктах и пиве — до 12 мкг/л. Допустимая суточная доза нитратов для взрослого человека составляет 325 мг/сут. В питьевой воде допускается до 45 мг/л нитратов. Более всего нитраты накапливаются в петрушке, сельдерее, огурцах и бахчевых культурах. Внутри плода самой “нанитраченной” оказывается сердцевина. При длительном хранении содержание нитратов в растительной продукции снижается на 30–50% за несколько месяцев.

В 1970-х годах стало ясно, что применение минеральных удобрений должно быть ограничено безопасными нормами. В центрально-европейской зоне России в соответствии с особенностями климата допускается внесение в почву не более 100 кг/га минеральных удобрений в год. Это составляет в расчете на 1 м² объем, эквивалентный одному спичечному коробку. В то время во многих странах с интенсивным сельским хозяйством указанная норма была превышена многократно, например в Голландии — 700 кг/га, в Новой Зеландии — даже 1000 кг/га. В Советском Союзе применение минеральных удобрений в среднем по стране никогда не превышало 100 кг/га (табл. 9.4), но в отдельных зажиточных колхозах и особенно в Средней Азии превышение

Таблица 9.4

Динамика интенсификации сельского хозяйства в СССР с 1950 по 1990 г.

(Никонов, 1995)

	1950	1960	1970	1980	1990
Внесение минеральных удобрений в действующем веществе, кг/га	7,8	12,2	46,8	83,9	97,5
Площадь орошаемых земель, млн га	7,4	9,4	11,1	17,5	21,2
Площадь осушенных земель, млн га	5,4	9,4	10,2	16,8	20,3
Энерговооруженность труда, л.с./чел.	1,7	5,7	12,7	25,6	28,8
Электровооруженность труда, кВт · ч/чел.	—	160	808	2671	4855

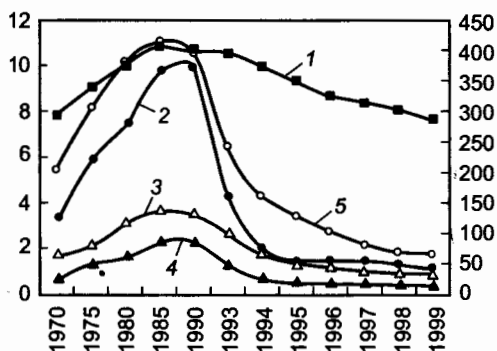


Рис. 9.5. Использование сельскохозяйственной техники и удобрений в России с 1970 по 1999 г.: 1 — число тракторов на 1000 га пашни, шт. (левая ось); внесено: 2 — всего минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ), млн т (левая ось); 3 — органических удобрений на 1 га посева, т/га (левая ось); 4 — минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ) на 1 га посева, кг/га (правая ось); 5 — всего органических удобрений, млн т (правая ось) (Россия в окружающем мире, 2001)

нормы было значительным. С 1985 г. до конца XX в. внесение удобрений на российские поля сократилось более чем в пять раз (рис. 9.5).

Итак, интенсификация растениеводства с помощью внесения минеральных удобрений не безгранична. К настоящему времени в развитых странах эта возможность уже полностью использована. В бедных странах не хватает средств на покупку минеральных удобрений.

Применение химических средств защиты растений от вредителей получило широкое распространение лишь во второй половине XX в. В древности для борьбы с насекомыми использовали в Китае соединения мышьяка, в Европе с 1690 г. — табак, а с 1787 г. — мыло, на Кавказе — сушеную ромашку. В XIX в. в Германии стали применять неорганический фосфор, во Франции — окуривание CS_2 , в США — различные нефтепродукты, арсенат свинца и другие химические соединения. В XX в. к этому списку добавились хлоропикрин и метилбромид.

Общие потери урожая сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней растений и сорняков в экономически развитых странах ежегодно составляют около 25% потенциально возможного урожая, в развивающихся странах они достигают 40%. Помимо этого 10–20% сельскохозяйственной продукции теряется при хранении (Пестициды, 1992). По мере того как сельское хозяйство становилось товарным и индустриальным во всех экономически развитых странах стали искать способы предотвращения потерь урожая. Благодаря достижениям химии в XX в. удалось

синтезировать ряд весьма эффективных средств, названных пестицидами.

Пестициды (*pest* — вредитель) — обобщенное название химических средств борьбы с вредными растениями, беспозвоночными или грибами.

В зависимости от цели и области использования выделяют следующие основные группы пестицидов:

- акарициды — для борьбы с растительноядными клещами;
- альгициды — для уничтожения водорослей и другой сорной растительности в водоемах;
- антигельминты — для борьбы с паразитическими червями у животных;
- антисептики — для предохранения деревянных и других неметаллических материалов от разрушения микроорганизмами;
- аттрактанты — для привлечения насекомых;
- гербициды — для борьбы с сорными растениями;
- дефолианты — для удаления листьев;
- зооциды, или родентициды, — для борьбы с грызунами;
- инсектициды — для борьбы с вредными насекомыми;
- ларвициды — для уничтожения личинок и гусениц насекомых;
- лимациды, или моллюскоциды, — для борьбы с различными моллюсками, в том числе с брюхоногими;
- репелленты — для отпугивания вредных насекомых;
- фумиганты — вещества, применяемые в паро- или газообразном состоянии для уничтожения вредителей и возбудителей болезней растений;
- фунгициды — для борьбы с грибными болезнями растений и различными грибами и т.д.

Химический состав пестицидов весьма разнообразен и включает не менее 12 классов химических соединений. Наиболее распространены четыре класса веществ (в скобках дано название пестицидов, в которых они применены):

- хлорорганические (ДДТ, алдрин, диелдрин, гептахлор, гексахлорциклогексан);
- фосфорорганические (метафос, хлорофос);
- карбаматы (севин);
- ртутьорганические (гранозан).

Хлорорганические пестициды получают путем замещения атомов водорода атомами хлора (рис. 9.6). Все эти соединения отличаются высокой стойкостью и сохраняются в окружающей среде

и в организмах от 2 до 15 лет (Миллер, 1994). У насекомых они поражают нервную систему.

Считалось, что при правильном применении специализированных ядохимикатов они безопасны для людей и многих животных или растений. Разработка и широкое применение пестицидов стала в середине XX в. символом неограниченных возможностей научно-

технического прогресса (рис. 9.7), однако на самом деле они оказались не столь уж безопасны. Это лучше всего показать на примере ДДТ — одного из первых пестицидов.

ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан) был синтезирован в 1874 г. Однако лишь спустя полвека установили, что этот препарат смертелен для насекомых, представляющих опасность для людей. В 1939 г. Пауль Г. Мюллер (фирма “Сибя-Гейги”) обнаружил эти особенности ДДТ, после чего последовало его массированное применение по всему миру для борьбы с малярийными комарами, за что ученый был удостоен Нобелевской премии по медицине. В 1940–1960-х годах ДДТ широко применялся во многих странах для борьбы с различными насекомыми-вредителями (инсектицид), в том числе и в быту. Препарат весьма дешев и стоек, а потому

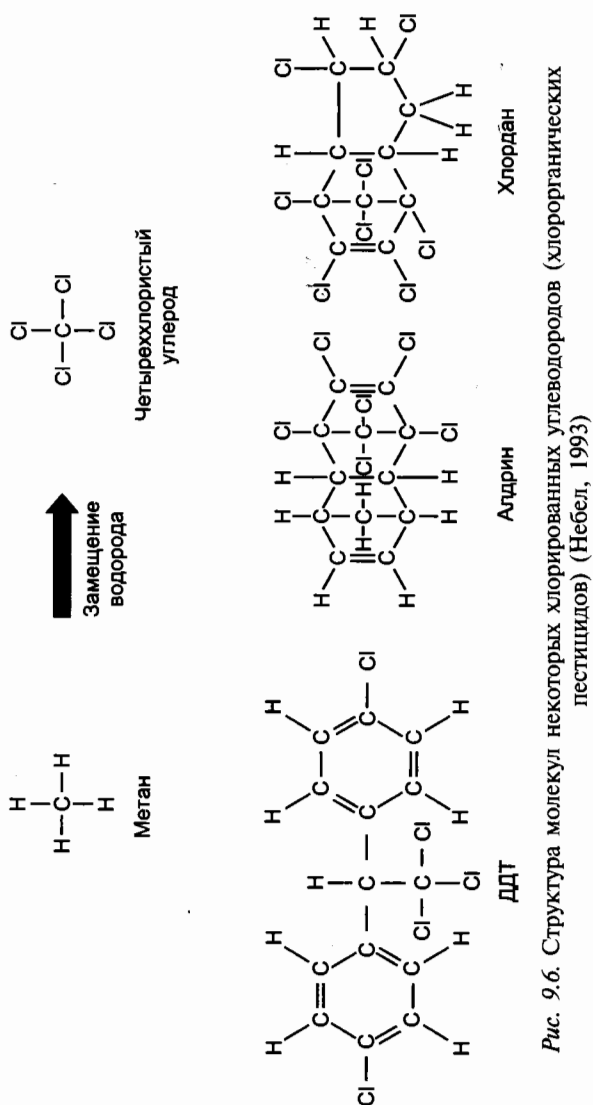


Рис. 9.6. Структура молекул некоторых хлорированных углеводородов (хлорорганических пестицидов) (Небел, 1993)

доступен во всех странах. Распыляя его в виде тончайшего дуста над болотами и водоемами, где обитали комары — переносчики малярийного плазмодия, удалось в кратчайшие сроки справиться с малярией, которая в то время оставалась одной из самых распространенных паразитарных болезней на Земле. С тем же эффектом удалось, используя инсектициды, справиться с бубонной чумой, которую передают блохи, обитающие на крысах, с тифом, которым люди заражались от платяных вшей и блох. Таким образом, инсектициды помогли спасти миллионы человеческих жизней.

Однако со временем накопились факты опасного воздействия ядохимикатов на организм многих видов, включая человека. Первоначально на эти факты не хотели обращать внимание, так как слишком велика была выгода от применения пестицидов. Американская журналистка Рейчел Карсон (1907–1964), биолог по образованию, провела собственное расследование и опубликовала его в книге «Безмолвная весна» («Silent Spring»), получившей мировую известность. Она показала, что ядохимикаты представляют принципиальную опасность для человечества, так как они могут накапливаться в экосистемах и вступать в непредсказуемые химические реакции с образованием еще более токсичных веществ. Р. Карсон не побоялась выступить против модного в то время увлечения ядохимикатами, не побоялась организованной против нее травли и обвинений в некомпетентности. Она хотела предостеречь человечество, чтобы не наступила однажды «безмолвная весна» из-за того, что птицы и другие животные вымрут в результате переизбытка пестицидов в окружающей среде.

ДДТ — типичный пример непродуманного применения новых технологий без учета возможных последствий. Это очень устойчивое соединение, способное накапливаться в окружающей среде, загрязнять ее и нарушать биологическое равновесие в природе. Разлагается оно очень медленно и поэтому сегодня его находят в окружающей среде повсюду — от ближайшего двора и поля до Антарктиды и ледников Монблана.

Попадая в организм человека и животных по пищевой цепочке, ДДТ вызывает хронические отравления, накапливается в жировой ткани, печени, почках и мозге. Является мутагеном и предположительно канцерогеном, а также тератогеном, т.е. вызывает врожденные дефекты плода. Сочетание с другими веществами усиливает его вредное действие. Во многих странах ДДТ был в итоге запрещен (в СССР с 1970 г., в ФРГ с 1974 г.), но этот запрет не распространялся на продажу ДДТ за границу, в слаборазвитые страны. Поэтому даже в 1980 г. во всем мире на сельскохозяйственных полях еще было распылено 96 тыс. т этого препарата. Количество ДДТ, накопившееся в настоящее время в почве, оценивается в 280 тыс. т (Экокультура, 1998).

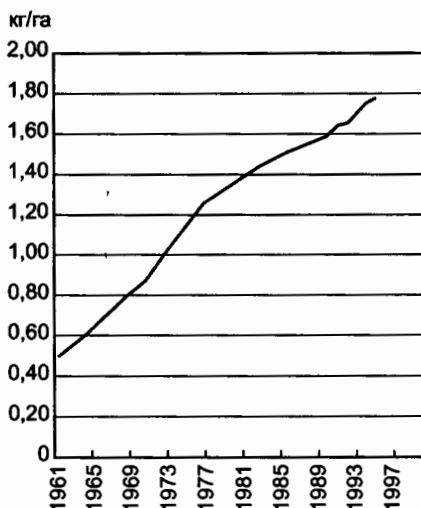


Рис. 9.7. Динамика использования пестицидов в мире (Worldwatch Database, 2000)

Применение ядохимикатов было вызвано расширением индустриальных методов выращивания сельскохозяйственных культур. Естественные экосистемы включают десятки различных видов, многие из которых функционально дублируют друг друга. Разнообразие видов растений соответствует и разнообразию насекомых, микроорганизмов и низших грибов, которые обитают на них. Ни у одного из этих видов не бывает существенного преимущества перед другими до тех пор, пока экосистема сложна. В ней всегда найдутся виды, конкурирующие друг с другом, а разнообразные пищевые ресурсы по отдельности оказываются не столь многочисленными, чтобы обеспечить вспышку численности какого-либо организма, паразитирующего на нем.

Как только люди занялись земледелием, они стали выращивать лишь определенные сорта с лучшими пищевыми качествами и высокой продуктивностью. Стремясь добиться как можно более высокого урожая, крестьяне уничтожали вспашкой всю естественную растительность и засевали поля семенами одного вида. В примитивных небольших хозяйствах монокультура соседствовала с луговыми травами и еще не было достаточных условий для массового размножения каких-либо специализированных видов организмов-вредителей. В индустриальных хозяйствах размеры полей, засеянных монокультурой, стали больше. Возникла противоестественная ситуация, когда организмы, обитающие на данном виде культурной растительности, получили приоритетные возможности для питания и размножения. Если бы в сельском хозяйстве научились выращивать поликультуру и затем легко снимать урожай и разделять семена разных видов, то не было бы всплеск численности насекомых, микроорганизмов и грибов, паразитирующих на этих растениях.

Применение ядохимикатов вначале полностью подавляет размножение вредителей сельскохозяйственной продукции, но уже через несколько лет у выжившей части популяции вырабатывается невосприимчивость к данному пестициду. Приходится повышать дозу или покупать и вносить на поля ядохимикаты другого состава. С ними повторяется то же. Так, в почве на полях накапливаются разнообразные ядовитые вещества и еще более многочисленные продукты их распада. Почвенная фауна и флора, обеспечивающая цепочку переработки мертвой органики, также подвергается воздействию пестицидов и перерождается. В результате нарушается круговорот органических веществ через почву, от чего страдает вся экосистема.

На смену стойким хлорорганическим пестицидам были разработаны менее стойкие на основе фосфорорганических соединений, а затем карбаматов. Нередко такие пестициды в рекламе называют экологически чистыми. На самом деле применение и новых ядохимикатов не лишено недостатков. Далеко не всегда известны свойства тех веществ, на которые они распадаются, и степень их безвредности для всех компонентов экосистемы.

В последние десятилетия все большее применение находит биологический метод борьбы с вредителями сельскохозяйственной продукции. Он заключается в искусственном культивировании естественных врагов для каждого вида вредителя. Другой способ заключается в подавлении вспышки численности насекомых-вредителей с помощью подсадки к ним большого числа выращенных в лабораторных условиях и затем стерилизованных особей того же вида.

Органическое земледелие. В 80-е годы XX в. сначала в Германии, а затем в других экономически развитых странах началось движение части фермеров за производство продуктов питания без использования минеральных удобрений и пестицидов. Такой вид деятельности получил название "органического земледелия" (*organic farming*). Их продукция продается в магазинах отдельно и по более высокой цене. Для того чтобы избежать вспышек численности вредителей, "органические" фермеры выращивают узкими полосами, перемежая, несколько различных сельскохозяйственных культур. Обычно такое оказывается возможным лишь на семейных фермах, а не в крупных хозяйствах. Органические фермеры объединены друг с другом: они проводят регулярные съезды и следят за тем, чтобы под маркой "органических" фермеров не стали продавать продукцию, получаемую с использованием ядохимикатов или же на земле, в которую раньше вносили пестициды. В последнее десятилетие ученые вывели методами генной инженерии новые сорта, устойчивые к вредителям, например картофель, на котором не живет колорадский жук.

Таким образом, использование ядохимикатов дает несомненную выгоду в сельском хозяйстве и позволяет по крайней мере на некоторое время повысить количество получаемой продукции. Однако неблагоприятные экологические последствия заставляют использовать пестициды с большой осторожностью и умеренно.

Методы селекции — выведения новых сортов растений и разновидностей животных — за последние два десятилетия претерпели настоящую революцию. Своим искусством селекционеры поражали еще в XVIII–XIX вв. Ч. Дарвин (1809–1882) описывал,

что по заказу фермеров английские селекционеры могли вывести почти любую разновидность петухов, свиней и других сельскохозяйственных животных всего за десяток-другой лет. Широкую

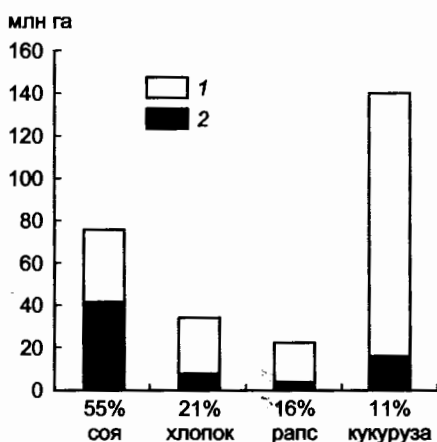


Рис. 9.8. Доля трансгенных посевов сои, рапса, хлопка, кукурузы в мире в 2003 г. (Лебедев, 2004): 1 — нетрансгенные; 2 — трансгенные

огромными урожаями. К началу XXI в. генетически модифицированные (или *трансгенные*) продукты: некоторые сорта сои, кукурузы, хлопка, рапса — получили широкое распространение в США, Аргентине, Бразилии, Китае и ряде других стран (рис. 9.8), причем на их долю приходится около четверти всей получаемой по данным видам продукции.

У классических методов селекции не было обнаружено каких-либо действительно опасных последствий для людей или природных экосистем. Что касается новых методов биотехнологии, то некоторые ученые опасаются возможности нерегулируемого распространения пересаженных генов в другие виды, что, например, теоретически возможно при перекрестном опылении. Как и в ряде других случаев обнаружения со значительной задержкой крайне нежелательных для человечества последствий собственных изобретений, применение методов генной инженерии попадает в разряд потенциально опасных технологий, хотя ученые еще не располагают достоверными фактами реальной опасности их внедрения.

В 2000 г. в Монреале представителями 130 стран был подписан Картахенский протокол по биологической безопасности, по име-

известность получили выдающиеся опыты И.В. Мичурина (1855–1935) в СССР: он создал много сортов плодовых деревьев с изумительными свойствами.

Последние достижения биологии в области генной инженерии и биотехнологии позволили ученым принципиально изменить подходы в создании новых сортов. Теперь научились прямо воздействовать на генотип — вводить желаемые гены с известными свойствами. Так были созданы совершенные сорта картофеля, недоступные колорадскому жуку, или сорта сои с

ни г. Картахена в Колумбии, который принимал участников чрезвычайной конференции, подписавших в 1999 г. Конвенцию по биологическому разнообразию. Картахенский протокол определяет правила международного регулирования производства и распространения генетически модифицированных продуктов.

Тем не менее сейчас вряд ли найдется другой способ, с помощью которого можно было бы накормить все возрастающее население планеты, если не замахиваться на практически полное уничтожение оставшихся естественных наземных экосистем.

Используя современные агротехнологии, некоторые страны в короткий срок смогли значительно увеличить объем сельскохозяйственной продукции. Самый яркий пример дает Западная Европа, которая во второй половине XX в. за одно десятилетие превратилась из потребителя зерновых в экспортера (рис. 9.9). Понимая, что обеспечение продовольствием населения собственной страны избавляет от финансовой зависимости на международном рынке, правительства Великобритании, Германии, Испании, Нидерландов, Франции и других государств создали экономические условия для развития аграрного сектора экономики. В короткий срок значительно увеличилось применение минеральных удобрений,

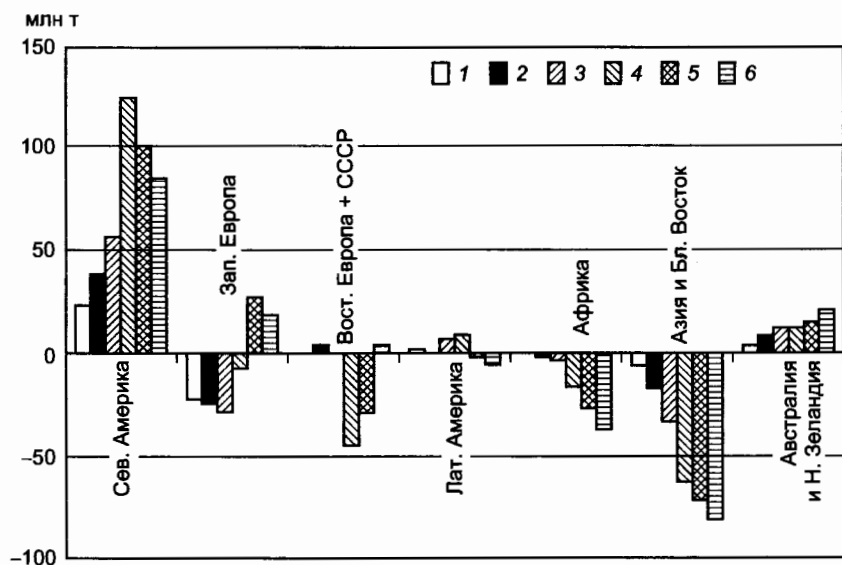


Рис. 9.9. Динамика экспорта (+) и импорта (-) зерна по основным регионам мира (Worldwatch Database, 2000): 1 — 1950 г.; 2 — 1960 г.; 3 — 1970 г.; 4 — 1980 г.; 5 — 1990 г.; 6 — 1998 г.

пестицидов, селекционных районированных сортов, что в сочетании с экономическим стимулированием и созданием инфраструктуры обеспечило значительный рост производства сельскохозяйственной продукции. Если в 1970 г. Западная Европа еще закупала 28 млн т зерна в год, то в 1980 г. импорт сократился до 7 млн т, а в 1990 г. этот в основном индустриальный регион не только полностью обеспечил себя зерном, но и экспортировал 27 млн т. С тех пор трудно отнести современную Западную Европу к категории индустриальных или аграрных стран: здесь успешно сочетаются оба направления экономики.

В России лишь 40% территории относится к категории земель сельскохозяйственного назначения, а из них лишь треть пригодна для эффективного использования. Тем не менее, по современным представлениям, российское сельское хозяйство способно обеспечить продуктами питания все население страны (Миркин и др., 1999).

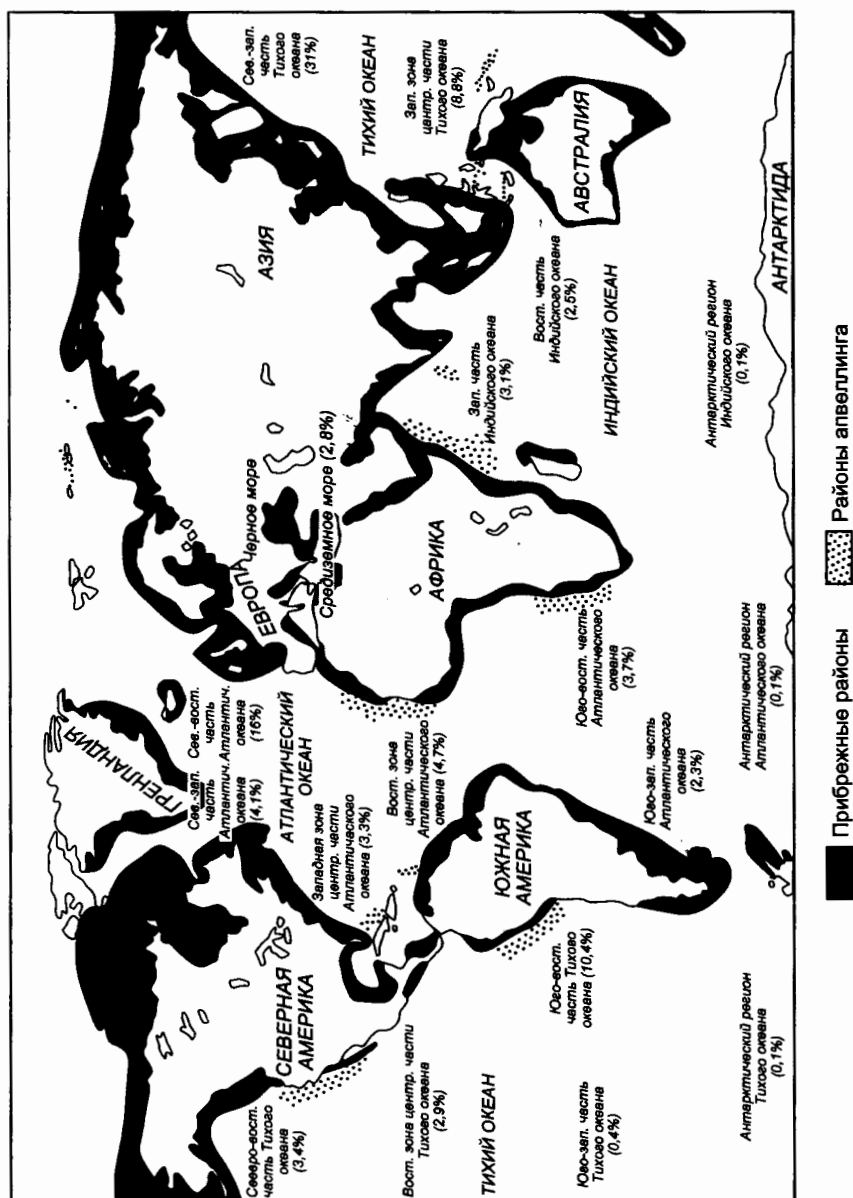
Биологические ресурсы Мирового океана

Надежда на огромные пищевые ресурсы Мирового океана, пропорциональные поверхности планеты, занятой им, оказались несостоятельными. Большая часть Мирового океана по своей продуктивности похожа на пустыню.

Основу первичной продукции в морях составляет фитопланктон — не видимые глазом одноклеточные водоросли. Они могут расти и размножаться только в поверхностном слое воды до глубины, куда доходит солнечный свет. Это не более 50–200 м. Однако здесь мало минеральных веществ, необходимых для жизнедеятельности. Мертвая органика постепенно оседает на дно, минерализуется и оказывается вне зоны фотосинтеза. Только на мелководьях и в местах подъема глубинных вод создаются благоприятные условия для массового роста и размножения фитопланктона, где имеются и минеральные вещества, и солнечный свет. Эти зоны давно известны рыбакам, так как именно там и вылавливают основную часть рыбы (рис. 9.10).

Поэтому **продуктивность** Мирового океана оказалась намного ниже предполагаемой. По расчетам специалистов, допустимый предел годового улова рыбы в Мировом океане с учетом их места в пищевых цепях не должен превышать 90 млн т, что в 2,5 раза меньше, чем производство животного белка в агрохозяйствах на суше.

Рис. 9.10. Распределение зон высокой продуктивности в Мировом океане (Миллер, 1994)



К настоящему времени **рыбные ресурсы** Мирового океана используются практически полностью (около 90 млн т в год). Дальнейшее увеличение вылова рыбы грозит уничтожением основных промысловых видов, к которому человечество подошло вплотную за последние 100 лет. Испокон веков рыбаки промышляли рыбу на небольших суденышках, фактически на лодках, в непосредственной близости от берега. Они использовали сети, размер которых был мал и зависел от физических возможностей команды. С появлением первых паровых траулеров в конце XIX в. ситуация в корне изменилась. Рыбаки получили возможность уходить дальше от берега и ловить рыбу большими сетями, которые на палубу вытаскивали с помощью паровой лебедки. Примерно в это же время был изобретен донный трал, благодаря чему зона отлова рыбы расширилась. С этого времени мощь рыболовного флота стала стремительно нарастать и одновременно увеличивались размеры сетей. Во второй половине XX в. рыболовецкие траулеры превратились в огромные суда, а одной сетью стало возможным охватить площадь более 4 га. Вылов рыбы в Мировом океане превратился в весьма прибыльное дело, для расширения которого использовали самые совершенные достижения науки. На каждом судне имеются эхолоты, с помощью которых можно “засечь” косяк рыбы в толще воды под судном. Специальные суда рыбопромысловой разведки обследуют большие акватории океанов для определения местонахождения стай рыбы и их размера. Они передают полученные данные промысловым судам. Морские биологи провели планомерные исследования распределения всех основных видов фито- и зоопланктона, рыб, кальмаров и китов в океанах. Они выявили и описали зоны высокой продуктивности в морях и океанах.

Весь мировой лов рыбы основан на использовании около 2000 видов (что составляет около 10% общего числа известных видов рыб). 20 видов дают около половины улова, из них 5 видов (иваси, перуанская сардина, перуанский анчоус, минтай и чилийская сардина) — около трети уловов.

В России ловили преимущественно треску, пикшу, сельдь, скумбрию, камбалу и морского окуня.

Поставленный на промышленную и научную основу **промысел рыбы** нарастал с каждым десятилетием в течение XX в. и уже к 70-м годам достиг своего предела (табл. 9.5; рис. 9.11). Переловы рыбы, т.е. снижение численности вида до критического уровня, начались с самого начала использования паровых траулеров. В середине XIX в. английские траулеры ловили рыбу в основном

Таблица 9.5

Динамика добычи рыбы в Мировом океане и количества рыбы
на душу населения с 1800 по 2000 г.

(по данным FAO, 2004)

Год	1800	1900	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Вылов рыбы, млн т	6	4	17	31,5	59,4	64,7	84	100,8
Вылов рыбы на душу на- селения, кг	1,5	2,6	7,5	11,9	15,7	15,1	18,8	16,8

в Ирландском и Северном морях, но к 1880 г. уловы стали падать, и в конце XIX в. англичане стали покидать этот регион. Перспективным оказалось освоение Баренцева моря, где в основном ловили донными тралами камбалу. В 1906 г. было всего 5 рейсов английских траулеров; в 1911 г. число рейсов дошло до 306, а еще через два года упало до 108 вследствие резкого уменьшения количества камбалы (Зернов, 1934). Лов норвежцами трески у западного берега Шпицбергена продолжался всего лишь с 1873 по 1882 г., но этого хватило, чтобы численность этой рыбы катастрофически сократилась (Книпович, 1938). В Азовском море уменьшение уловов осетровых, судаков и тарани началось в 1880-е годы, но еще в 1893 г. улов составлял 90 тыс. т, в 1910 г. — 35 тыс. т. На Черном море за те же годы улов упал с 46 тыс. до 10 тыс. т (Зернов, 1934). В последние 30 лет XX в. улов рыбы в Азовском и Черном морях сократился в 30 раз.

С не меньшей скоростью происходило истребление и морских млекопитающих, в частности китов по мере освоения методов охоты на них. Из 80 видов китов первыми пострадали от истребления людьми четыре вида (черный гладкий, серый,

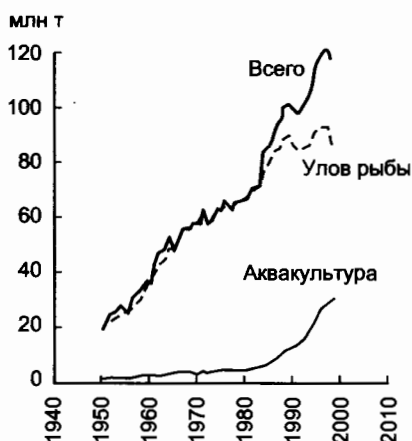


Рис. 9.11. Динамика улова рыбы за год в Мировом океане и производства продукции на аквафермах в мире (Worldwatch Database, 2000)

гренландский кит и кашалот), которых легче было добывать, так как они оставались на плаву в подбитом состоянии. Охоту на них начали еще баски в XV в., причем за полвека они истребили черных гладких китов на всем пространстве европейского побережья от Азорских островов до Исландии. Затем к 1570 г. баски почти полностью истребили западное стадо у берегов Ньюфаундленда. Спустя полтора века американские китобои уничтожили популяцию кашалотов Северо-Восточной Атлантики менее чем за полвека (1720–1765 гг.). В XIX в. лидерство в китобойном промысле перешло к норвежцам. К 1850 г. на огромных акваториях Северо-Западной Атлантики были выбиты гренландские киты. В 1860 г. изобрели гарпун и пушку, с помощью которых начали охоту на другие виды, а с 1880 г. пошло планомерное освоение не добываемых ранее популяций китов. Темп истребления был таков, что на новых акваториях уничтожали китов за 10–20 лет и перемещались далее. Так постепенно китобойный промысел все более удалялся от Европы и Северной Америки, осваивая сначала нетронутые стада китов в южном направлении в Атлантическом океане, затем на просторах Тихого океана и наконец в “Южном океане”, т.е. акватории вокруг Антарктиды. В 1922 г. норвежцы построили первую плавучую китобойную базу, ознаменовав новый этап истребления китов еще более совершенными техническими средствами. Если в 1920 г. было добыто 12 тыс. китов, то в 1939 г. — уже 46 тыс., в 1962 г. — 64 тыс., а далее промысел пошел на убыль, так что в 1975 г. удалось добыть только 29 тыс. В результате ко второй половине XX в. китов осталось так мало, что в 1979 г. Международная комиссия по квотам приняла решение о полном запрете лова китов (Фашук, 2004).

Подобных примеров можно привести множество, особенно во второй половине XX в. Развитие промысла шло экстенсивно за счет переключения с одного района на другой и включения новых прежде непромысловых видов. Подрыв сырьевой базы стал очевиден, и начали появляться первые ограничения на промысел (Мокиевский, Спиридонов, 2000).

К 1979 г. большинство прибрежных государств ввели 200-мильные экономические зоны у своих побережий, где лов рыбы был ограничен национальными квотами. В настоящее время весь промысел морских продуктов контролируется международными комиссиями, что позволило избежать катастрофического подрыва рыбных ресурсов и сохранения исчезающих видов. Основной инструмент регулирования — определение на каждый сезон и вид

объема допустимого улова и распределение квот между странами. Многие виды, находившиеся на грани уничтожения, постепенно достигли устойчивой численности.

В последние десятилетия удается дополнительно к уловам рыбы получать все больше продукции на морских и пресноводных фермах (аквафермах), особенно в Японии, Китае, Франции, США, на которых выращивают различных моллюсков, креветок, омаров, крабов, голотурий и других беспозвоночных. В Юго-Восточной Азии значительную часть аквакультуры составляют водоросли. Доля аквакультуры в используемой людьми продукции Мирового океана быстро возрастает и уже составляет более 1/4. По-видимому, в будущем количество акваферм будет увеличиваться и удастся получить еще больше животного и растительного белка из прибрежных наиболее продуктивных акваторий Мирового океана, но нет оснований полагать, что таким способом можно решить продовольственную проблему.

Выводы

1. Для выращивания сельскохозяйственной продукции человечество использует почти треть суши. Дальнейшее расширение угодий нецелесообразно по двум причинам: во-первых, вырубка лесов под поля может привести к нежелательному изменению климата и подрыву сельского хозяйства; во-вторых, неосвоенные почвы, как правило, менее плодородны и их освоение экономически невыгодно.

2. Производительность сельского хозяйства постоянно возрастает за счет использования все более совершенных технологий, что получило название "зеленая революция". Интенсификация сельского хозяйства происходит при применении механизации, минеральных удобрений, пестицидов, ирригации и селекции сортов.

3. Каждая из перечисленных агротехнологий имеет свои негативные стороны, которые проявляются при чрезмерном ее использовании. Поэтому дальнейший рост производительности сельского хозяйства на ограниченной территории не безграничен и предел во многих странах уже достигнут.

4. Мировой океан одно время считался спасительным ресурсом получения животного белка, но оказалось, что его ресурсы ограничены в большей степени, чем ресурсы наземных экосистем. К настоящему времени уже достигнут предел вылова рыбы в Мировом океане, который ниже биомассы животноводческой продукции в 2,5 раза.

5. Тем не менее при сохранении разумного баланса между производством растительной и животной продукции, растущее человечество может быть обеспечено пищей в обозримом будущем.

6. Обширное сельское хозяйство оказывается главным врагом естественных экосистем. Стремясь решить продовольственную проблему, человечество оказывает сильное влияние на живую природу, сокращает пространства, занятые естественными экосистемами, тем самым косвенно уничтожая множество видов и нарушая естественные процессы саморегуляции стабильности биосферы.



ПОТРЕБЛЕНИЕ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ

Основные вопросы

1. Что подразумевается под лесными ресурсами?
2. Сколь велики лесные ресурсы мира?
3. Какова роль леса в поддержании гомеостаза, климата?
4. Как используют продукцию леса, кроме древесины?
5. Какие формы традиционного природопользования стоит сохранить и в XXI в.?
6. Почему вырубка именно тропических лесов вызывает такое беспокойство людей, проживающих далеко от этого региона?
7. Насколько сократились леса к нашему времени?
8. Каковы главные причины этого сокращения?
9. Какова продуктивность естественных лесов?
10. Каким образом люди стараются восстановить леса?
11. Каковы лесные богатства России и стоит ли беспокоиться об их сохранности?
12. Как государство управляет использованием лесных ресурсов?
13. Что предпринимается на международном уровне для сохранения лесов на Земле?

Лесные ресурсы мира

Под *лесными ресурсами* подразумеваются продуцируемые лесными экосистемами древесина, грибы, орехи, ягоды и другие полезные производные леса. Промысловые виды обитающих в лесу животных относят к охотничьим ресурсам.

В лесах накоплена большая часть органического вещества планеты, основное суммарное биологическое разнообразие¹. Леса играют важную роль в фотосинтезе, кислородном балансе, поглощении диоксида углерода и в целом в стабилизации климата на Земле.

Леса со всеми их обитателями представляют яркий пример возобновимых ресурсов. При правильном их потреблении

¹ На видовом уровне. На уровне более крупных таксонов, например классов и типов, основное "хранилище" генофонда биосферы — Мировой океан.

появляется возможность неограниченно долго получать биологическую продукцию, производимую лесными экосистемами. По природно-климатическим ограничениям леса могут занимать примерно 40–50% территории суши, но к настоящему времени они занимают меньшую площадь — 38,8 млн км². Леса наиболее продуктивны среди всех наземных экосистем (табл. 10.1). За год в них образуется 80 млрд т новой биомассы (сухого вещества) и отмирает примерно столько же. Это составляет 2/3 всего прироста биомассы растений на суше. При этом за счет фотосинтеза выделяется кислород, в результате чего лесные экосистемы мира наряду с Мировым океаном являются основными “легкими планеты”.

В лесных экосистемах (главным образом в тропических) сосредоточена почти половина всех видов растений и животных,

Таблица 10.1

Роль различных типов лесов (в сравнении с другими наземными экосистемами) в производстве первичной продукции

(Реймерс, 1990)

Тип леса	Занимаемая площадь, млн км ²	Чистая первичная продукция, г/м ² в год
Биосфера в целом	510	333
Материковые экосистемы в целом, в том числе	149	773
тропические ливневые джунгли	17	2200
тропические сезонно-зеленые леса	7,5	1600
вечнозеленые леса умеренного пояса	5	1300
тайга	12	800
лиственные леса умеренного пояса	7	1200
саванна	15	900
тундра и высокогорья	8	140
лугостепь	9	600
пустыни и полупустыни	18	90
сухие пустыни, скалы, пески, ледники	24	3
пашни	14	650
болота	2	2000
морские экосистемы в целом, в том числе	361	152
заросли водорослей и рифы	0,6	2500

обитающих на Земле. Так что леса являются одним из главных хранилищ биологического разнообразия.

Леса выполняют несколько важнейших функций в биосфере: 1) за счет них в значительной мере поддерживается баланс углерода и кислорода в атмосфере; 2) леса способствуют сохранению влаги и более полному поглощению ее почвой, дальнейшему пополнению резерва грунтовых вод; 3) леса способствуют стабилизации климата, они уменьшают амплитуду колебаний температуры, влажности; 4) леса —местилище огромного числа видов, в них возможно сохранение высокого биоразнообразия; 5) древесина деревьев — важнейший строительный материал, используемый человечеством с момента появления на Земле и до нашего времени.

Существует множество вариантов лесных экосистем, но среди них выделяют по крайней мере 5 крупных типов (Букштынов и др., 1981), распространение которых зависит прежде всего от соотношения температурного и влажностного режима существования (рис. 10.1).

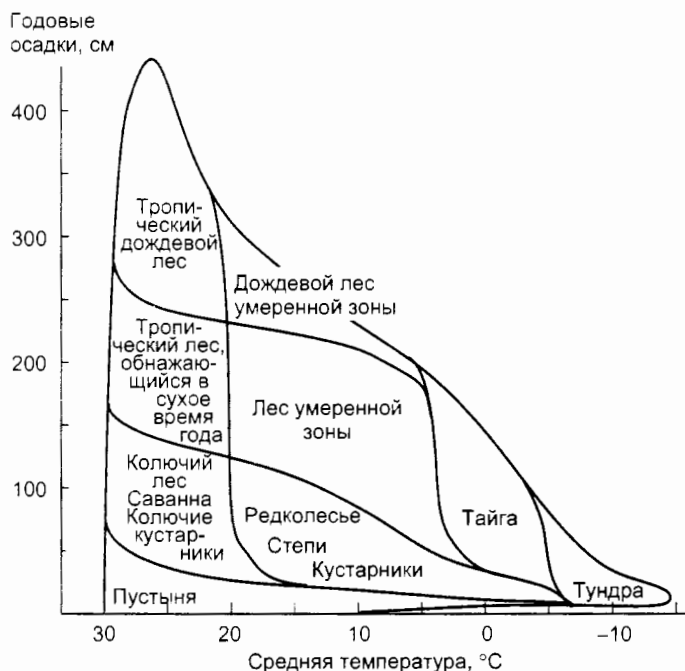


Рис. 10.1. Система классификации типов растительности по Уиттэкеру, наложенная на распределение климатов по суше (Риклефс, 1979)

Хвойные леса холодной зоны (тайга) простираются широким поясом в Северном полушарии, занимая территорию 12 млн км². Средняя продуктивность 800 г/м² в год. Их основу составляют ель обыкновенная и сибирская (*Picea abies*, *P. obovata*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и лиственница (*Larix sibirica*, *L. dahurica*).

Смешанные леса умеренной зоны распространены преимущественно в средних широтах Северного полушария. В них также много хвойных пород в сочетании с листопадными лиственными породами, такими, как бук, дуб, осина, береза, клен, липа, каштан, орех. Среди хвойных пород кроме ели и сосны большое значение имеют кедр, пихта, лжетсуга, тсуга, туя. Поражают своим величием сохранившиеся в США реликтовые леса из секвойи. Смешанные леса занимают территорию 6,5 млн км². Средняя продуктивность 1200 г/м² в год.

Влажные леса теплого умеренного климата распространены в субтропиках. В них множество видов лиственных и хвойных пород, в том числе сосна ладанная, сосна длиннохвойная, бук, ясень, черный орех, тюльпанное дерево и др. Средняя продуктивность 1300 г/м² в год.

Экваториальные дождевые (ливневые) леса, или тропические влажные вечнозеленые леса сосредоточены в тропических регионах с обильными равномерно выпадающими в течение года осадками: в Латинской и Южной Америке, Западной Африке, Южной и Юго-Восточной Азии. Разнообразие видов растительности в них выше, чем в умеренной зоне. На 1 га леса в бореальных лесах можно встретить примерно полдюжины массовых видов деревьев, а в ливневом тропическом лесу на такой же площади может быть более 400 видов. Только в амазонской сельве Бразилии выявлено более 4500 видов древесных растений. Наиболее ценные среди них красное дерево, каоба, белый кедр, бальса, зеленое дерево. Здесь же распространены удивительные мангровые леса. В Африке в аналогичных лесах можно назвать несколько десятков столь же ценных пород деревьев. Средняя продуктивность 2200 г/м² в год.

Все вместе влажные и ливневые тропические леса в настоящее время занимают площадь около 11,3 млн км².

Тропические листопадные леса распространены в странах Южной Америки, Тропической Африки, Южной и Юго-Восточной Азии. Они занимают более 3 млн км². В них также насчитывается множество видов деревьев, из которых в наибольшей мере ценятся тик, сал, диптерокарпус, розовое, красное, черное дерево, баффия, копаловое дерево, масличное дерево. Средняя продуктивность 1600 г/м² в год.

Кроме того, еще около 4.7 млн км² покрыты редколесьями — примерно поровну в умеренном и тропическом климате (Global Biodiversity Outlook, 2001).

Лесные экосистемы значительно различаются по своей *продуктивности* (табл. 10.1), что прежде всего зависит от природно-климатических условий. Наибольшей продуктивностью отличаются джунгли — ливневые тропические леса в Бразилии, Индонезии и других странах. В тропической зоне за год усваивается примерно половина всего поглощенного на суше углерода. В целом на долю всех лесов мира в биосфере приходится 15% оборота углерода. За год они способствуют изъятию из атмосферы $22 \cdot 10^{12}$ т углерода (рис. 10.2).

У лесов в наибольшей степени выражена способность к регуляции влагообмена с атмосферой. Показатель регуляции влагообмена для лесных экосистем в среднем равен 2.5, для травяных — 1.5, для агроценозов всего 1.2. Это означает, что леса почти вдвое экономят влагу по сравнению с агроэкосистемами. Температура и влажность меньше варьируют в течение суток или непродолжительных периодов внутри леса по сравнению с окружающим нелесными экосистемами.

Продукция лесов в истории человечества всегда давала важный вклад в экономику. Долгое время лесные ресурсы рассматривали как природный дар: на месте вырубленных вырастали новые деревья. Люди не заботились о соблюдении баланса между рубкой леса и скоростью его восстановления.

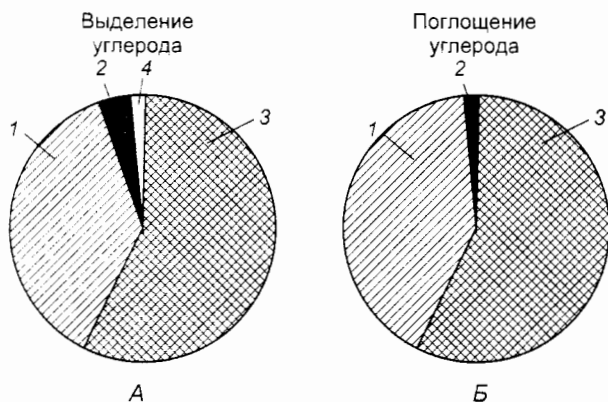


Рис. 10.2. Роль различных источников: А — поступления углерода в атмосферу; Б — поглощения углерода из атмосферы (State of the World Forests, 2001)

До масштабного распространения человечества по Земле леса занимали примерно 60 млн км². К 1954 г. хорошие леса покрывали

Таблица 10.2

Площади лесов мира по континентам
и в России (2000 г.)

(Моисеев, 2001)

Континенты и страны мира	Общая площадь лесов	
	млн га	%
Южная Америка	870.6	25.2
Россия	774.3	22.4
Северная и Центральная Америка, в том числе:	536.5	15.5
США	212.5	6.1
Канада	244.6	7.1
Африка	520.2	15.1
Азия	503.1	14.6
Европа	159.0	4.6
Океания	90.7	2.6
<i>Весь мир</i>	3454.4	100.0

уже только 41 млн км² (из них 28 млн км² сплошные леса и 13 млн км² разсеченные леса). К этому надо добавить еще 6,75 млн км² деградирующих лесов в развивающихся странах и 4,1 млн км² посевов восстанавливаемого леса. Все вместе приблизительно 52 млн км², что составляет 35% поверхности суши.

К началу XXI в. леса остались лишь на 29,6% территории суши, занимая 38,7 млн км², из которых 95% это естественные экосистемы, а 5% лесопосадки. По данным ООН, только за последние 10 лет леса сокращались на 94 тыс. км² ежегодно (State of the world forests. 2001). Но и то, что осталось, представляет огромное богатство, неравномерно распре-

деленное по континентам (табл. 10.2). На нашу страну приходится 22,4% всех лесов мира. Поэтому мы должны с особой ответственностью относиться к использованию этих ресурсов.

В реликтовых лесах, сохранившихся с древних времен, старые деревья поражают своими размерами. Они могут достигать огромной высоты и диаметра. Например, высота гигантской секвойи 90 м, диаметр ее ствола свыше 10 м. Нельзя забывать, что каждое такое дерево — это памятник природы. Возраст некоторых из них превышает 2000–3000 лет. Вырастить на месте срубленного такое же по размерам дерево практически невозможно, так как на это должно уйти много столетий, да и среда обитания уже не та, что была раньше: изменился климат, усилилось загрязнение.

Леса — вместилища множества видов живых организмов — источник ягод, грибов, целебных трав. В лесах добывают много зверя и дичи, собирают мед.

В 2000 г. на пятой конференции стран — участниц Международной конвенции по биоразнообразию было принято решение о необходимости фокусировки международного контроля на сохранении флоры и фауны в лесных экосистемах.

Истребление лесов

Леса оказались наиболее востребованным и недостаточно быстро восстанавливающимся ресурсом. Древесина была нужна для обогрева и приготовления пищи, получения поташа, смолы, древесного угля, для строительства и производства множества изделий. Лес вырубали и для того, чтобы очистить землю под пашни, деревни, а затем под строительство автомобильных и железных дорог, линий электропередач, нефте- и газопроводов. Вырубленный лес восстанавливался медленно — в течение десятилетий. Реликтовые леса скудели, а вторичные часто не удовлетворяли своим качеством.

Так, в эпоху Великих географических открытий по мере строительства множества деревянных кораблей оказалось, что строевого леса остро не хватает и за ним приходилось совершать экспедиции в глубь континента, откуда перевозка стволов деревьев была затруднена. С XVI в. в Европе в результате экономического оживления произошло расширение сельскохозяйственных угодий. Во Франции от 80% изначально залесенной территории к 1789 г. осталась лишь малая часть — всего 14% территории страны. К середине XVI в. и французы и англичане лишились своих корабельных лесов и вынуждены были искать подходящую для постройки флота древесину в других странах.

Также и в США к моменту колонизации европейцами во времена первых пилигримов в 1630 г. лесами было покрыто примерно 385 млн га. Из них уже к 1920 г. осталось только 249 млн га, а в настоящее время 226 млн га. К концу XIX в. в Новой Англии на обжитых просторах северо-восточной части США было вырублено большинство наиболее ценных лесов: частично потому, что во время промышленного бума требовалось много древесины, а частично по вине крестьян, которые очищали от леса участки под пашни или выпасали скот на склонах поросших лесом холмов. Из-за усилившейся эрозии почвы теряли плодородие, крестьяне покидали эти места, мигрируя на Средний Запад, где осваивали залежные плодородные земли. Правительство США по решению парламента выкупало брошенные на востоке страны земли за бесценок, с тем чтобы дать время постепенно восстановиться лесам. К нашему времени леса там восстановились, но на это ушло 100 лет.

Густонаселенная Европа не обладала таким количеством резервных земель. Поэтому в XVIII–XIX вв. лесоводство на научной основе получило здесь более широкое распространение. Леса

стали не только вырубать, но и сажать, что позволило ускорить восстановление лесов и получать больше древесины. В Германии постепенно научились обеспечивать себя древесиной из специально выращенных для этой цели лесов. Ее примеру последовали и другие страны, включая Россию, в которой лесоводство получило солидную научную базу. Были созданы специальные институты, которые разработали соответствующие нормативы и рекомендации.

Тем не менее до сих пор в России происходит ежегодно узаконенная вырубка ценных прилегающих к городам лесов для использования территорий под строительство дач, коттеджей, прокладку магистралей и др. Только за период с 1997 по 2000 г. в России было законодательно оформлено отторжение лесов на общей площади более 32,4 тыс. га.

В последние полвека нарастает *вырубка лесов в тропическом регионе*. В Южной Америке, Африке и Азии (без России) еще сохранились леса на огромных территориях (табл. 10.2), в совокупности представляющих более половины всей залесенной площади суши. Наиболее ценные и в то же время вырубаемые в последние десятилетия леса расположены в Бразилии, Индонезии, Колумбии, Малайзии и других странах. По оценкам ФАО, в 2000 г. глобальное сокращение лесов за 1990-е годы составило 2%, а тропических лесов — 10%. За одно десятилетие на поверхности Земли леса сократились на 14,6 млн га.

В тропических ливневых лесах две трети всех видов растений и животных сосредоточены не на земле, а в кронах деревьев, где больше света, а значит, и выше биологическая продукция. Поэтому вырубка деревьев в джунглях приводит не только к обезлесению, но и к уничтожению многих тысяч видов. Почва в тропических лесах, как правило, бедная, так как в жарком климате происходит быстрая переработка органики и перегноя, утилизация минерализованных веществ растениями. После вырубки деревьев почвы быстро эродировать и деградируют. Нарушается и водный баланс, который в тропических лесах удивительно устойчив.

Тропические леса скудеют не только из-за непосредственной рубки деревьев, часто представляющих большую коммерческую ценность, но и вследствие выпаса скота, разработки месторождений минерального сырья, прокладки всевозможных коммуникаций. Нередко вчерашние крупнейшие экспортеры первоклассной древесины через десяток-другой лет сами становятся импортерами пиломатериалов, как это произошло с Нигерией к 1985 г. и рядом других стран.

По оценке экспертов, площадь всех лесов была сокращена людьми после перехода к оседлому образу жизни и до настоящего времени на 13%, но наиболее ценные леса, представляющие реальный коммерческий интерес, сократились на треть.

Ошибочно полагать, что основной виновник расхищения природных лесных ресурсов — богатые страны. Они нуждаются в основном в пиломатериалах, на изготовление которых уходит меньшая часть всех срубленных деревьев. Большая часть древесины используется как топливо, причем в основном в небогатых странах. В 1999 г. заготовка бревен в мире составила 3335 млн м³, из которых более половины было израсходовано в виде топлива, на 90% потребляемого в развивающихся странах (Глобальная экологическая программа-3, 2002).

Мировая добыча древесины за последние полвека увеличилась примерно в два раза (рис. 10.3). Эффективность лесодобывающей промышленности значительно различается по странам, что удобно показать на примере сравнения России, США, Канады, Швеции и Финляндии (табл. 10.3). Эти страны различаются размерами, лесными ресурсами и климатическими особенностями. Сравнивая их, видно, что Россия абсолютно преобладает по лесным ресурсам, но уступает по удельной продуктивности с единицы площади и эффективности использования прироста. Низкая продуктивность лесных угодий объясняется суровым климатом на большей части лесопокрытой территории нашей страны. Примерно такая же ситуация наблюдается в Канаде, а в США, расположенных южнее, средняя продуктивность намного выше. Отсюда и более высокий объем рубок, компенсируемый высокими темпами восстановления лесов.

Даже в современную экономику вклад лесоперерабатывающего сектора (включая лесоразведение) остается очень высоким. Так, в Германии годовой оборот лесного хозяйства составляет около 5% валового национального продукта, а по стоимости импорта

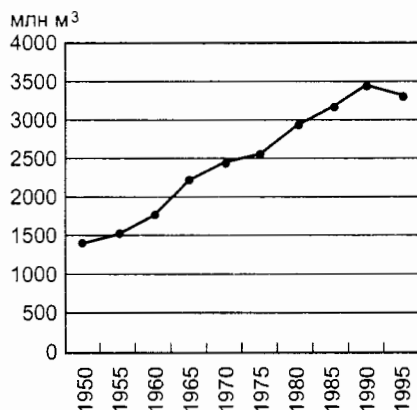


Рис. 10.3. Динамика мирового производства древесины во второй половине XX в. (Worldwatch Database, 2000)

Таблица 10.3

**Сравнительные показатели использования древесных ресурсов
в некоторых странах (1996 г.)**

(Чуенков, 1999)

Показатели	Россия	Финляндия	Швеция	США	Канада
Общий запас, млрд м ³	81,5	1,7	2,6	23,1	26,9
Покрытая лесом площадь, млн га	770,7	20,1	24,1	204,1	264,1
Объем рубок по всем видам пользования, млн м ³ в год	135,0	57,5	60,0	476,7	188,0
С 1 га лесопокрытой площади, м ³	0,18	2,9	2,5	2,3	0,71
Годичный прирост, млн м ³ в год	892	71	93	918	350
Средний прирост на 1 га, м ³ в год	1,03	3,5	3,8	4,3	1,3
Использование годовичного прироста, %	15	81	65	52	54
Лесовосстановление, млн га в год	0,99	0,166	—	1,4	—

древесины занимает второе место (после нефти). При рациональном и комплексном использовании лесных ресурсов можно рассчитывать на 1) получение больших прибылей, соизмеримых с добычей минеральных ресурсов; 2) трудоустройство значительной части населения нашей страны; 3) сохранение природных экосистем в хорошем состоянии; 4) неисчерпаемость этого источника экономического благополучия.

Сокращение лесов происходит не только в результате их вырубки, но и из-за *лесных пожаров*. Особенно сильные лесные пожары бушевали в 1997–1998 гг. в период очередного Эль-Ниньо (см. гл. 14) в Индонезии, Южной Америке, России, Европе. Так, в Индонезии выгорели ценнейшие леса на площади более 9,7 млн га, в России, по примерным оценкам, — от 4,3 до 7,1 млн га, в Бразилии — 4 млн га, в Монголии — 2,7 млн га. В меньшей степени, но также сильнейшие лесные пожары в 1999 и 2000 гг. уничтожили леса на больших территориях в Эфиопии, Средиземноморье и на западе США. В результате в 1998 г. был образован Международный глобальный центр мониторинга пожаров в Германии.

В последние годы значительный ущерб стали наносить *мощные ураганы*. Так, с 26 по 28 декабря 1999 г. ураган повалил множество деревьев во Франции. В последующие годы аналогичные бури прошли над Германией и другими европейскими странами.

Сведение лесов влечет за собой вереницу убытков, связанных с потерей плодородия почвами, снижением уровня грунтовых вод, ухудшением регионального климата. Поэтому при определении рентабельности проектов лесозаготовок необходимо учитывать неблагоприятные последствия, а в планах ведения лесного хозяйства следует учитывать как экономическую, так и неэкономическую ценность лесов.

Восстановление лесов

Во всех экономически развитых странах вырубка леса компенсируется его посадкой. В то время как в слаборазвитых странах, особенно тропического региона, продолжается обезлесение со средней скоростью 12,6% в год, площади, занятые лесами в Европе, в последнее десятилетие ежегодно увеличиваются на 0,1%, в США — на 0,2, в России — на 0,01% (State of the world's forests, 2003)¹. Кампания посадки лесных плантаций активно развернулась с 1977 г. в Африке. Основатель движения “Зеленый пояс планеты” африканка Вангари Маатаи заслуженно получила в 2004 г. Нобелевскую премию мира за свою упорную и даже бесстрашную деятельность по восстановлению нарушенных лесов. В те годы основным мотивом посадки лесов было улучшение местных экологических условий. Позже к этой кампании присоединились развитые страны из стратегических соображений борьбы с грозящим потеплением климата. Если в 1980 г. вся площадь посаженных в мире лесов составляла 85–100 млн га, то к 1995 г. она почти удвоилась (161–181 млн га). В течение 1990-х годов лесные плантации ежегодно увеличивались на 3,1 млн га (ГЭП-3, 2002). По данным 2000 г., более всего лесов посажено в Китае (45 083 га), Индии (32 578 га), России (17 340 га), США (16 238 га) и Японии (10 682 га) (State of the world's forests, 2003).

Посадка лесов — один из самых эффективных способов стабилизации климата на нашей планете. Существует реальная возможность посадить столько лесов, сколько необходимо, чтобы связать в деревьях значительную часть производимого промышленностью

¹ Все цифры приводятся от площади занимаемых данным регионом лесов, а не от суммарного лесного покрытия мира.

диоксида углерода. Ежегодно при сжигании топлива в атмосферу поступает около 6,3 млрд т углерода ($W=W$, 2000). 1 га продуктивного леса поглощает его до 10 т в год. Следовательно, сбалансировать излишки поступления углекислого газа могли бы дополнительно посаженные 600 млн га леса, что составляет примерно 1/6 существующей площади, занятой лесами, или в три раза больше уже посаженных лесов.

Мировое сообщество всерьез взялось за решение этой задачи. В 1992 г. на Всемирном форуме в Рио-де-Жанейро государства-участники подписали Заявление о принципах в отношении лесов. В нем, в частности, сказано, что всем странам следует принимать участие в “озеленении мира” посредством посадки и сохранения лесов, а научно обоснованное лесное хозяйство, основанное на принципе сохранения воспроизводящей способности экосистемы, должно обеспечить устойчивое управление лесами.

Значительная часть сознательного населения планеты поддерживала эти решения и по мере возможностей старается сажать новые деревья и ухаживать за ними. Ежегодно 5 июня, во Всемирный день охраны окружающей среды, миллионы людей сажают все больше деревьев. Если мы все осознаем важность такого простого дела, как увеличение числа парков, садов, расширение лесов, то сможем справиться с амбициозной задачей очень быстро.

Малайзийцы по всей стране посадили 100 тыс. деревьев. Премьер-министр Малайзии Махатхир Мохаммад возглавил массовую посадку деревьев в стране по случаю Всемирного дня природы. Кампания по посадке деревьев была им начата три года назад. Официальная цель кампании — до 2020 г. посадить в Малайзии 20 млн деревьев, чтобы привести в норму экологический баланс и улучшить качество воздуха в государстве. Прежний мировой рекорд был поставлен в 1976 г. в бразильском г. Сан-Паулу, когда на протяжении одной недели было посажено 25 тыс. деревьев (<http://www.rbc.ru> — РБК.15.10.2000).

Леса в России

По данным Государственного доклада “О состоянии и об охране окружающей среды в РФ в 2002 г.”, общая площадь лесного фонда России в 2002 г. составляла 1178,6 млн га, в том числе покрытых лесом земель 774,3 млн га (65%) с запасом древесины 81,9 млрд м³ (по учету лесного фонда). Леса в России представлены в основном хвойными насаждениями — 70% (кедр 5,5%), мягколиственными — 17 и твердолиственными — 2%.

Всего запас древесины составляет 76 млрд м³, в том числе спелых лесов 43 млрд м³, из них возможные запасы для использования составляют 24 млрд м³ (54%). Расчетная лесосека (норма

пользования) в целом по стране в 2002 г. составила 0,5 млрд м³, а фактически она использовалась только на 22,1%.

Впечатление относительно обилия лесов на территории России обманчиво. Свыше 40% всех лесов нашей страны расположено в зоне вечной мерзлоты, где продуктивность низка — в среднем в три раза ниже, чем в Финляндии или Швеции (см. табл. 10.3). Согласно данным учета Лесного фонда России (1999 г.), не менее половины лесов представлено редколесьем, так называемыми низкобонитетными лесами.

Общая площадь лесов, погибших на территории России в 2002 г., составляет 334 тыс. га, что в два раза больше, чем в 1995 г. Среди всех явлений, вызвавших гибель древостоя, наиболее губительны лесные пожары (85%) и повреждения вредными насекомыми (6%). Рост числа и площадей лесных пожаров в последние годы обусловлен обычными климатическими флуктуациями (рис. 10.4), хотя в будущем потепление климата может стать причиной еще большего числа возгораний леса.

В 1985 г. СССР занимал второе место в мире по объему вывозки древесины после США и первое место по выпуску пиломатериалов. В последующие полтора десятилетия ситуация резко изменилась. Объем вывозки древесины в 1998 г. стал ниже, чем в США, Канаде, Бразилии, Китае, Индии, Индонезии, Нигерии (рис. 10.5).

В России леса занимают 69% площади суши. Поэтому обеспечение рационального, неистощительного использования лесных

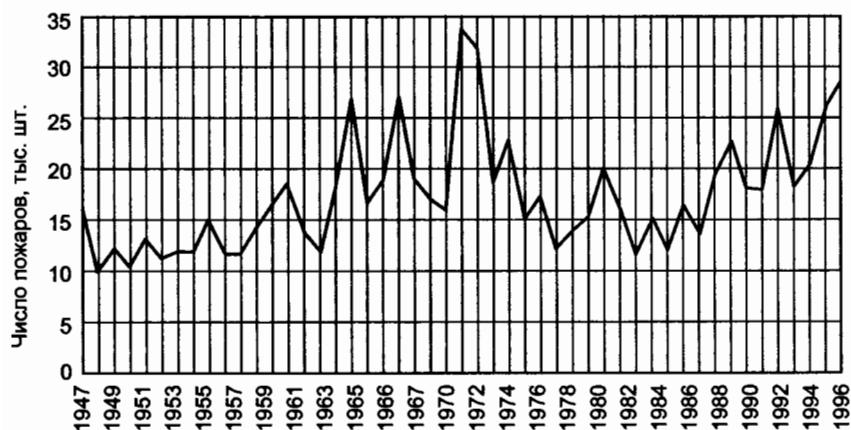


Рис. 10.4. Динамика площадей лесных пожаров на охраняемой территории России (Россия в окружающем мире, 1999)

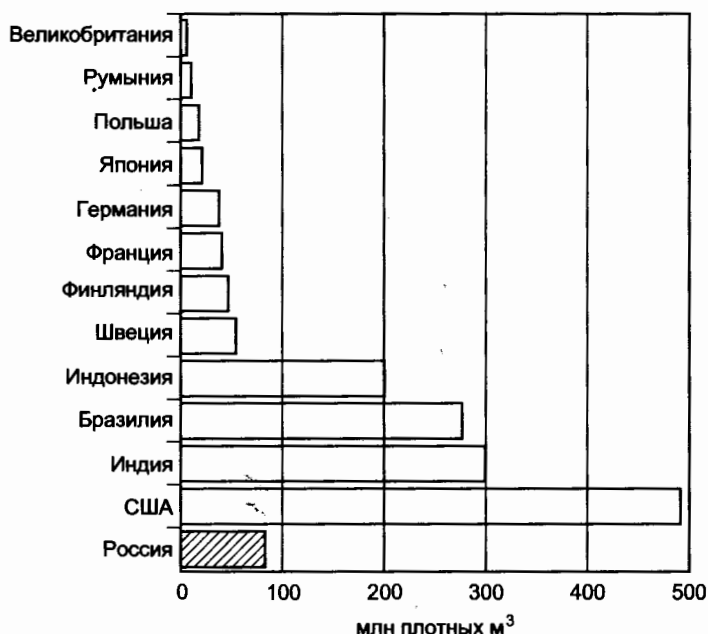


Рис. 10.5. Положение России в 1996 г. среди лидеров использования древесины. Сравнение по вывозу древесины (Чуенков, 1999)

ресурсов, их охрана и воспроизводство — не только национальная, но и глобальная проблема, жизненно важная для всего человечества. Велик вклад лесов России в мировой процесс *депонирования* углерода и предотвращения нежелательных последствий глобального потепления климата. В целом леса России поглощают ежегодно 262 млн т углерода, а суммарная годовичная продукция углерода в мире — 68,1 млрд т.

В последние десять лет добыча древесины в России значительно сократилась (рис. 10.6), что было обусловлено экономическими проблемами переходного периода. Можно ожидать, что по мере устранения экономических помех снова быстро возрастет вырубка леса и связанные с этим проблемы рационального лесопользования.

“Леса России представляют собой экологический каркас биосферы не только нашей страны, но и всего Северного полушария планеты. 22% площади лесов и 25% древесных запасов мира принадлежат России. Леса Северной Америки составляют 14%, Европы — 4%, Азии (без России) — 13% общей площади лесов мира. На Южную Америку, Африку и Австралию приходится 47%” (Чуенков, 1999).

Леса России богаты ягодами, грибами, целебными травами. В них добывают много зверя и дичи, собирают мед. К концу XX в.

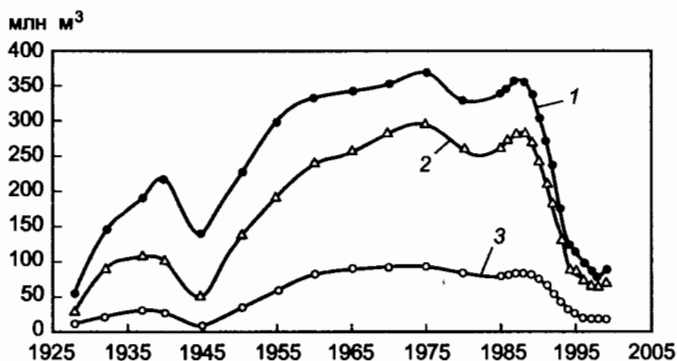


Рис. 10.6. Вывоз древесины (млн плотных м³) и производство пиломатериалов (млн м³) в России: 1 — древесина; 2 — деловая древесина; 3 — пиломатериалы (Россия в окружающем мире, 2001)

в лесах России имелось примерно 9485 тыс. т клюквы, черники и брусники, 2759 тыс. т орехов, 4326 тыс. т грибов. Используются эти богатства пока еще незначительно.

До 1990 г. Россия обладала значительным запасом лесной охотничьей фауны. В 1991 г. численность лося оценивалась в 904 тыс. голов, кабана — 300 тыс., косули — 771,4 тыс., медведя — 131,4 тыс. голов (Чуенков, 1999). В последнее время контроль за соблюдением правил охоты ослаб, уменьшилась и роль охотничьих хозяйств в поддержании численности зверя. Охотничье хозяйство при исправлении совершенных ошибок может стать неистощимым источником дополнительных средств при сохранении лесов и биологического разнообразия.

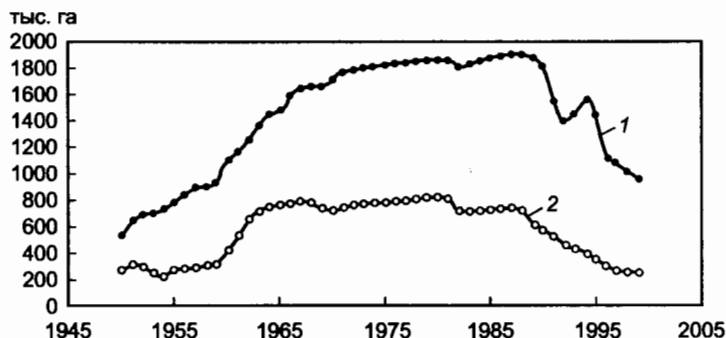


Рис. 10.7. Лесовосстановление в России: 1 — лесовосстановление, всего; 2 — посадки и посев леса (Россия в окружающем мире, 2001)

Лесовосстановление издавна проводилось в России в плановом порядке. За последние 70 лет леса были посажены на площади около 30 млн га (Моисеев, 2001). Наиболее активно эти работы проводились в 1961–1990 гг., достигнув кульминации в 1961–1970 гг. Ежегодные площади лесовосстановительных работ за этот тридцатилетний период составляли от 600 до 800 тыс. га (рис. 10.7). В годы кульминаций размер восстановления леса не уступал ежегодной площади сплошных вырубок. В последние десятилетия лесовосстановительные работы сократились примерно вдвое, но площади сплошных рубок уменьшились еще больше.

Государственное управление лесоиспользованием

Следуя примеру западных стран, Петр I начиная с 1703 г. специальными указами ограничил право на рубку особо ценных пород деревьев (дуба, вяза, клена, лиственницы), рощ корабельной сосны, любых деревьев вдоль берегов рек. Павел I в 1798 г. издал Указ “О лесном управлении”, а в последующие два года — еще 47 лесных указов, с помощью которых были заложены основы ведения лесного хозяйства. Последовавшие в 1801–1803 гг. еще 27 указов Александра I завершили реформу. Теперь в обязанности ответственных лиц входили не только учет и охрана имеющихся государственных лесов, но и разведение лесов. Были введены государственные должности обер-форстмейстеров и форстмейстеров, составлены подробные инструкции их деятельности. В 1832 г. было разработано Положение о постоянной лесной страже, в 1839 г. издано Положение о Корпусе Лесничих.

С 1843 г. все управление было сосредоточено в Лесном департаменте Министерства государственных имуществ, который просуществовал до 1918 г. В этот год был принят Основной закон о лесах, а в 1923 г. вместо него введен Лесной кодекс РСФСР. В годы советской власти управление лесами неоднократно реформировалось, но, по сути, уже мало менялось. В 1947 г. в СССР было создано Министерство лесного хозяйства (позже Государственный комитет по лесному хозяйству, а с 1992 по 2000 г. Федеральная служба лесного хозяйства), которое контролировало деятельность лесничеств, покрывавших территорию страны. С 1943 г. была введена градация лесов по народно-хозяйственному значению на три группы. К *первой группе* отнесены леса, выполняющие преимущественно защитные и социальные функции (водоохранные.

санитарно-гигиенические, особо охраняемые природные территории), ко *второй группе* — леса, имеющие защитное и ограниченное эксплуатационное значение в регионах с высокой плотностью населения или в регионах с недостаточными лесными ресурсами, к *третьей группе* — леса, имеющие преимущественно промышленное назначение. Леса третьей группы разделяются на освоенные и резервные леса.

Инвентаризация лесных ресурсов на территории страны завершилась в общем виде к 1957 г. С начала XX в. вошло в практику проведение регулярных (примерно каждые 10 лет) лесоустроительных экспедиций, которые проводили повторную ревизию лесных ресурсов. В 1964 г. был создан Всесоюзный государственный институт проектирования лесного хозяйства — Союзгипролесхоз, по типовым и специальным проектам которого создавались лесные питомники. В 1977 г. были приняты Основы лесного законодательства СССР, а в 1978 г. Лесной кодекс РСФСР. Новая редакция Лесного кодекса, соответствующая произошедшим в России социально-экономическим изменениям, была принята в 1997 г., но и этот вариант быстро устарел, перестав соответствовать новым реалиям. Поэтому с середины 2003 г. разрабатывается проект нового Лесного кодекса РФ, который должен учесть передовой опыт других стран. Однако проект оказался несовершенным и вызвал обоснованную критику специалистов. В основу проекта кодекса положены идеи либерализации лесопользования, возможности частного владения лесами.

В настоящее время леса продолжают оставаться в государственной собственности. Подавляющее большинство лесов (95,8%) находится в ведении Федерального агентства лесного хозяйства, подчиняющегося Министерству природных ресурсов (МПР). Вторым крупным распорядителем лесов является Министерство сельского хозяйства — в его ведении находится 3,6% лесов России.

Непосредственное управление лесами и лесным хозяйством осуществляют лесхозы (а также приравненные к ним национальные парки и заповедники), обладающие правами самостоятельных юридических лиц. Лесхозы отвечают за леса определенной территории. Все важнейшие документы, регулирующие права на лесопользование, — договоры аренды, лесорубочные билеты и др. — заключаются от имени государства именно лесхозом. Лесхоз в свою очередь подразделяется на лесничества, которые не являются юридическими лицами и не могут самостоятельно распоряжаться вверенными им лесами.

Лесхозы отвечают за ведение лесного хозяйства — охрану лесов, лесовосстановление, уход за лесом и за организацию использования лесных ресурсов. Лес, который можно рубить, лесхозы предоставляют лесозаготовительным предприятиям в аренду (при которой лесопромышленник-арендатор получает исключительное право вести промышленные рубки в пределах той или иной территории на срок до 49 лет), или так называемое “краткосрочное пользование”, при котором “на сруб” продается конкретная делянка. Сами лесхозы с 1993 г. не имеют права вести промышленные заготовки древесины — так называемые рубки главного пользования. Но они имеют право вести так называемые рубки ухода и санитарные рубки и продавать заготовленную при этих рубках древесину.

“Опыт других стран, и особенно близкой к нам Финляндии, полезен для оценки значения государственного регулирования и выработки долгосрочной стратегии развития лесного хозяйства.

Более 30 лет назад там была принята государственная программа “Мера-1”, определяющая долгосрочные цели по повышению продуктивности и улучшению качества финских лесов. Для выполнения программы были привлечены как государственные средства, так и частные инвестиции. Впоследствии эта программа была уточнена и действует под названием “Мера-2”.

В результате активной работы по регулированию видового состава рубками ухода, улучшению условий произрастания путем поверхностного осушения и выборочного удобрения лесов годичный прирост с 52 млн м³ в 1963 г. увеличился до 75 млн м³ в 1992 г. и оставался на этом уровне все последующие годы. 72,4% покрытой лесами площади занимают ценные хвойные породы, в том числе 45,8% — сосна.

Несмотря на относительно суровые природные условия и невысокое плодородие лесных почв, леса Финляндии депонируют ежегодно от 40 до 60 млн т углерода, при выбросе промышленностью Финляндии двуокиси углерода 50–55 млн т. В Финляндии умело находят оптимальное соответствие между требованиями охраны окружающей среды и экономическими интересами лесного сектора.

Под особой охраной находятся 2,9 млн га лесной площади (включая болота), в стране имеется 19 государственных заповедников, 31 национальный парк и 1382 частных заповедника. В то же время Финляндия — один из ведущих экспортеров лесной и лесобумажной продукции. Ежегодно от всех видов рубок получают 64 млн м³ товарной древесины. В структуре экспорта преобладает продукция переработки древесины. Финляндия экспортирует 89% бумаги (7,1 млн т) от общего объема производства, 80 — картона (1,9 млн т), 77 — пиломатериалов (7,1 млн м³), 91% фанеры (0,87 млн т).

62% площади финских лесов находится в частной собственности, 25% принадлежит государству и 13% — компаниям. Средняя площадь частных лесов — 26 га, число владельцев — 439 тыс. человек. В частных владениях заготавливается 33 млн м³ древесины, и только 12 млн м³ лесовладельцы продают на корню другим заготовителям. Кроме древесины в торговлю поступает 9188 т ягод (в 10 раз больше, чем по всей России!), 395 т грибов, 6226 т лосяного мяса, 284 т мяса боровой дичи, 469 т мяса водоплавающих птиц, 819 т заячьего мяса.

Интенсивное ведение лесного хозяйства в сочетании с мерами по охране окружающей среды стало возможным в лесах Финляндии благодаря хорошо продуманной

манному лесному законодательству. Помимо традиционного уважительного отношения к лесу, которое воспитывается у финнов со школьной скамьи, лесное законодательство построено таким образом, что частнику или компании выгоднее соблюдать его и получать льготы, проводя лесовосстановление в своих владениях, чем платить разорительные штрафы за нарушения" (Чуенков, 1999).

Концепция устойчивого лесопользования зародилась в Германии в XVIII столетии. Изначально под устойчивым лесопользованием понимали такое лесопользование, которое не ведет к истощению древесных ресурсов и позволяет сохранить основные защитные функции лесов, например предотвращение эрозии почв или иссушения рек и ручьев.

Современное представление об устойчивом лесопользовании существенно отличается от того, которое существовало в XIX столетии. В соответствии с современным представлением устойчивое лесопользование должно обеспечивать:

- неистощительное использование древесных ресурсов, не приводящее ни к сокращению площади лесов, ни к их качественному ухудшению;
- сохранение основных средообразующих функций лесов, таких, как защита водных источников, предотвращение эрозии почв, обеспечение баланса кислорода и углекислого газа в атмосфере, стабилизирующее влияние на климат и т.д.;
- обеспечение потребностей населения в основных благах и функциях леса — местах для туризма и отдыха, грибах и ягодах, чистой воде и свежем воздухе;
- сохранение биологического разнообразия — разнообразия живых существ, обитающих в пределах той или иной лесной территории, на всех уровнях (от генетического разнообразия в пределах конкретного вида живых существ до разнообразия природных экосистем и ландшафтов).

Для того чтобы этого добиться, надо многое изменить в существовавшей до последнего времени системе управления лесами. Вместо сплошных рубок (удобных с точки зрения применяющейся техники) следует применять разнообразные виды выборочных рубок, соответствующие природным особенностям динамики естественных экосистем. Вместо оставления вырубленных площадей на волю случая следует вводить эффективное лесовосстановление и уход за молодыми лесами. И конечно, для того, чтобы потребности и интересы населения были должным образом учтены, необходимо, чтобы это самое население было осведомлено о том, кто и как решает, что делать с лесами, и имело возможность хоть как-то влиять на принимаемые решения (по материалам Гринпис России: http://www.greenpeace.org/russia_ru).

Выводы

1. Леса занимают огромную территорию суши. В них сконцентрированы главные запасы ассимилированного растениями углерода. Они играют важную роль в круговоротах всех основных веществ в природе, особенно в продуцировании кислорода и поглощении диоксида углерода.

2. Лесные экосистемы остаются наряду с Мировым океаном основным естественным саморегулятором климата на Земле. Поскольку в настоящее время концентрация диоксида углерода постепенно возрастает в атмосфере, то противодействовать этому можно, увеличивая площадь лесных насаждений. Для этого необходимо посадить в три раза больше деревьев, чем это было сделано до сих пор.

3. В лесах обитает почти половина всех известных видов растений и животных. Сокращение лесов одновременно приводит к существенному уменьшению биологического разнообразия.

4. Пожары наносят огромный урон лесным экосистемам. В последнее время в связи с потеплением климата частота и сила лесных пожаров увеличиваются. Необходимо на государственном уровне разработать эффективные противопожарные меры и укрепить ответственную за предотвращение лесных пожаров службу.

5. Человечество имеет возможность, не подрывая лесных ресурсов, изымать определенную часть их продукции, если при этом будет сохранено видовое разнообразие и не нарушено естественное самовозобновление лесных массивов. Ученые имеют возможность точно определить размеры допустимых ежегодных рубок и правила проведения их с наименьшим ущербом для других видов, обитающих в лесах. Для производства древесины лучше всего использовать специальные лесные плантации, в которых надо планировать состав лесонасаждений и лесотехнические мероприятия, позволяющие в сжатые сроки вырастить ценные породы деревьев. Таким способом можно добиться устойчивого природопользования без нанесения ущерба биосфере.

6. Россия обладает огромными лесными ресурсами, но их продуктивность невелика, что обусловлено суровым северным климатом. В европейской части России расположены наиболее продуктивные и в то же самое время доступные для вырубок леса. Их ресурсы к настоящему времени находятся на грани истощения. Сибирские леса менее продуктивны, а доставка древесины с мест лесозаготовок затруднена из-за бездорожья и отдаленности от основных железнодорожных магистралей. Поэтому даже для России целесообразно планировать устойчивое лесопользование на специально посаженных лесных плантациях.

7. Успех лесопользования во многом зависит от сбалансированности и продуманности нормативно-правовой базы, определяющей правила ведения лесного хозяйства и владения лесами.



ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Основные вопросы

1. *Каковы запасы пресной воды на Земле?*
 2. *Какая часть доступных запасов пресной воды используется?*
 3. *Грозит ли недостаток водных ресурсов человечеству в течение XXI в.?*
 4. *Какие страны страдают от нехватки пресной воды?*
 5. *В каких странах пресная вода имеется в избытке и какие страны потребляют ее более всего в расчете на душу населения?*
 6. *Какие конфликты могут возникнуть между странами вследствие недостатка воды?*
 7. *Какие виды хозяйственной деятельности потребляют пресной воды более всего?*
 8. *Какими способами можно оптимизировать водопотребление?*
 9. *Как влияют водохранилища на окружающую среду?*
 10. *В чем опасность осуществления проектов перераспределения воды и переброски ее на значительные расстояния?*
 11. *Насколько уменьшилась акватория Аральского моря с 1960-х годов?*
 12. *К каким негативным последствиям привело избыточное орошение полей?*
 13. *Удалось ли использовать обнажающееся дно мелководья Аральского моря для развития растениеводства в этом районе?*
 14. *Что предпринимают отдельные страны и мировое сообщество в целом, чтобы не допустить нарастающего дефицита водных ресурсов?*
 15. *Достаточно ли воды в России и хватит ли ее для обеспечения населения в ближайшие десятилетия?*
 16. *Что должна сделать наша страна, чтобы избежать дефицита водных ресурсов?*
 17. *Какие государственные учреждения связаны с регулированием водопользования в России?*
-

Значение воды в биосфере и для человечества

Вода играет исключительно важную роль в биосфере (см. гл. 6). Все живое активно и постоянно потребляет и выделяет воду. Вместе с водой в организм поступают необходимые для жизнедеятельности вещества, а вместе с водой из организма выводится множество растворимых отходов. При испарении воды поглощается, а при конденсации выделяется огромная энергия. За счет нее приходят в движение гигантские массы воздуха, перенося с собой тепло или холод и влагу. Низвергаемые на сушу потоки воды размывают твердь и переносят твердые частицы, которые в итоге смываются в реки, а вместе с ними в моря и океаны. Пары воды, превращающиеся в атмосфере в облака, приводят к увеличению потока отраженной энергии, поступающей от Солнца к Земле и в то же время снижают излучение тепла с поверхности планеты. Снег и лед являются еще более сильными теплоизоляторами, уменьшая зимой теплоотдачу верхнего слоя грунта или водной глади.

В повседневной жизни люди потребляют много воды. Каждый человек за сутки выпивает в различной форме около 2 л воды. Значительно больше воды расходуется при приготовлении пищи, стирки, мытья под душем, при использовании централизованной канализации. Еще больше воды используется на заводах и фабриках при обработке сырья. Вода — хороший растворитель и этим активно пользуются повсюду, начиная с мытья посуды и заканчивая грандиозными индустриальными технологиями на заводах-гигантах. Но самый большой потребитель воды все же не промышленность, а сельское хозяйство. Вода необходима для орошения. Растения испаряют воду, поступающую в них по корням из почвы, через устьица на листьях (транспирация). Попадая с дождем или снегом на поверхность земли, вода просачивается через почвенные поры, доставляя вглубь растворенный в ней кислород и унося продукты обмена веществ. Скапливаясь в водоносном горизонте, вода становится надежным источником живительной влаги, и если растения имеют глубокие корни, то получают доступ к воде даже в пустыне. Грунтовые воды питают ручьи и реки, которые несут свои воды к океанам. Так завершается круговорот, но не заканчивается значение водных ресурсов. По воде было проще путешествовать и перевозить грузы. Познав мощь потоков воды, люди стали использовать их для получения энергии сначала на водяных мельницах, а затем на гидроэлектростанциях малых и больших.

Водные ресурсы на Земле

На первый взгляд запасы воды на Земле кажутся безграничными. 2/3 поверхности планеты покрыто водами Мирового океана. Общий объем воды в океанах, реках, ледниках и под землей, т.е. суммарный объем гидросферы Земли составляет 1,3 млрд км³ (Алексеевский, Гладкевич, 2003).

Однако на долю пресной воды приходится всего 2,5%, а доступной для потребления людьми пресной воды в реках еще меньше — всего 0,0002% от общего объема гидросферы (табл. 11.1). Преобладающий объем пресной воды сосредоточен во льдах и снежном покрове, прежде всего Антарктиды, Арктики и Гренландии. На втором месте по запасам находятся грунтовые воды,

Таблица 11.1

Мировые запасы воды
(Реймерс, 1990)

Объекты	Площадь распро- стране- ния, млн км ²	Объем, тыс. км ³	Доля в мировых запасах воды, %	
			от общих запасов	от запа- сов прес- ных вод
Мировой океан	361,3	1 338 000	96,5	—
Подземные воды,	134,8	23 400	1,7	—
в том числе пре- сные воды	—	10 530	0,76	30,1
Почвенная влага	82,0	16,5	0,001	0,05
Ледники и постоян- ные снега	16,2	24 064	1,74	68,7
Подземные льды	21,0	300	0,022	0,86
Воды озер:				
пресных	1,24	91,0	0,007	0,26
солёных	0,82	85,4	0,006	—
Воды болот	2,68	11,5	0,0008	0,03
Воды рек	148,2	2,1	0,0002	0,006
Вода в атмосфере	510,0	12,9	0,001	0,04
Вода в организмах	—	1,1	0,0001	0,003
Общие запасы воды	—	1 385 984,6	100,0	—
Общие запасы прес- ной воды	—	35 029,2	2,53	100,0

большая часть которых практически недоступна для потребления и лишь очень малая часть находится в озерах и реках (рис. 11.1).

Самовозобновление (оборот) пресной воды в реках, озерах, ледниках и грунте происходит с различной скоростью. В речной сети вода обновляется в среднем за 16 дней, в болотах — за 5 лет, в озерах — за 17 лет, в ледниках имеющийся замороженный объем воды накапливается лишь за 1600 лет, а в арктических льдах еще больше — за 9700 лет (табл. 11.2). Поэтому, несмотря на не столь значительный одномоментный объем воды, реки и озера на самом деле являются главным источником реально возобновляемого водного ресурса.

Если оценивать речной сток не одномоментно, а за год, то он в настоящее время равен $43\,500\text{ км}^3$, что составляет примерно половину объема всех озер мира. К концу XX в. человечество стало потреблять на различные хозяйственные цели 4430 км^3 воды, т.е. 1/10 часть всего стока рек (A Look at the World's Freshwater Resources, 2002). Казалось бы, что резерв доступной пресной воды еще велик, однако значительная часть не используемой прямо в

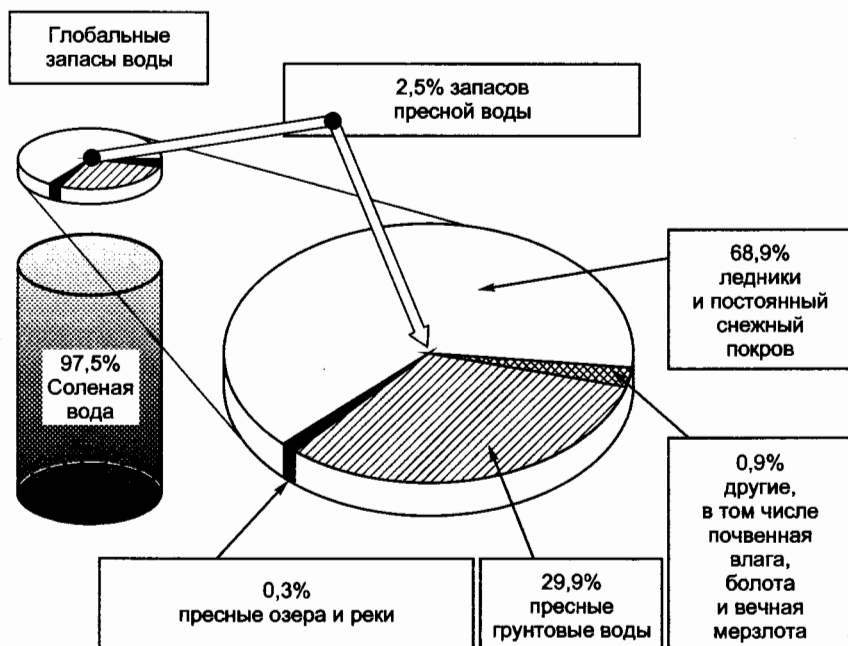


Рис. 11.1. Глобальные запасы пресной воды (Алексеевский, Гладкевич, 2003)

Таблица 11.2

Период возобновления водных ресурсов Земли
(<http://www.unesco.org/water/ihp/db/index.shtml>, 2003)

Вода в гидросфере	Полный оборот, лет	Вода в гидросфере	Полный оборот, лет
Мировой океан	2500	Болота	5
Грунтовые воды	1400	Почвенная влага	1
Полярные льды	9700	Реки	16 суток
Ледники в горах	1600	Атмосферная влага	8 суток
Лед вечной мерзлоты	10 000	Организмы	несколько часов
Озера	17		

хозяйственных целях воды загрязнена сельскохозяйственными, промышленными и бытовыми сбросами плохо очищенной воды.

По данным ООН, суммарное водопотребление человечества с 1900 по 2000 г. увеличилось почти в 9 раз при том, что народонаселение мира возросло только в 3,5 раза (рис. 11.2).

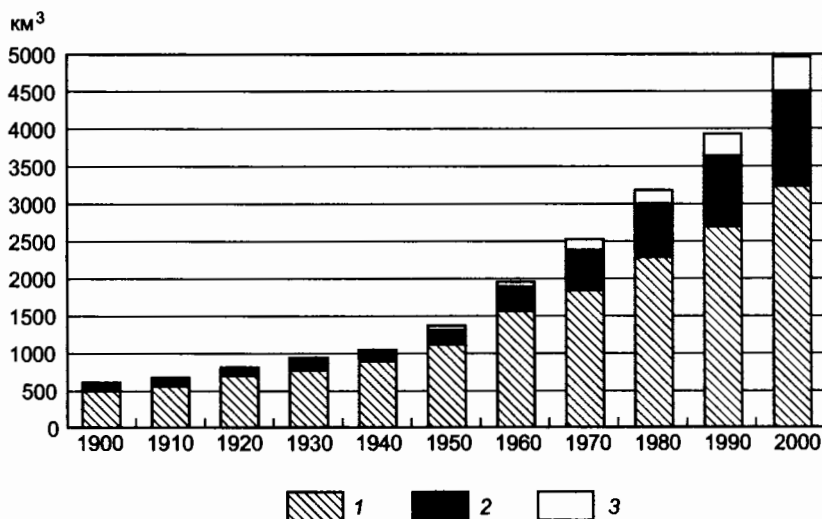


Рис. 11.2. Изменение водопотребления в мире в течение XX в.
(Shiklomanov, 1993): 1 — сельское хозяйство; 2 — промышленность;
3 — бытовое использование

Надо учитывать, что **распределение осадков и стока рек по поверхности суши весьма неравномерно**. Больше всего воды в пересчете на единицу территории в Южной Америке, а меньше всего в Африке (табл. 11.3; рис. 11.3). В пределах континентов различие по доступным водным ресурсам между странами еще больше. Наша страна не столь богата водными ресурсами, как кажется. В пересчете на единицу площади в России сток воды превышает только Африку. Если пересчет вести не на единицу площади региона, а на душу населения, то в России возобновимых водных ресурсов относительно много. Многие из наших соседей, например Туркменистан и Казахстан, живут в условиях хронического дефицита пресной воды.

Недостаток или избыток воды не бывает постоянным. В отдельные годы случаются сильные засухи, которые доводят нехватку воды до крайности, до всенародного бедствия.

Мировое водопотребление с начала XX в. возросло почти в девять раз. В 1900 г. оно составляло 579 км^3 , а в 2000 г. — 4971 км^3 . В расчете на одного жителя планеты величина водозабора увеличилась с 140 до 780 л/сут. Континенты обладают неодинаковыми ресурсами речного стока (см. табл. 11.3). Больше всего воды в Азии и Южной Америке, но по численности населения они раз-

Таблица 11.3

Обеспеченность водой континентов мира

(http://www.unesco.org/water/ihp/db/index.shtml, 2003)

Континент	Территория, млн км ²	Население, млн	Возобновляемые водные ресурсы, км ³ /год	В пересчете на 1 км ² территории, тыс. м ³ /км ²	В пересчете на 1 человека, м ³ /чел · год
Южная Америка	17,9	315	12 030	672	38 190
Северная Америка	24,3	453	7890	324	17 417
Азия	43,5	3445	13 510	311	3922
Европа	10,46	685	2900	277	4234
Австралия и Океания	8,95	28,7	2404	269	83 763
Африка	30,1	708	4050	134	5720
Весь мир	135	5633	42 785	317	7595
Россия	17,08	144,4	4275	250	29 605

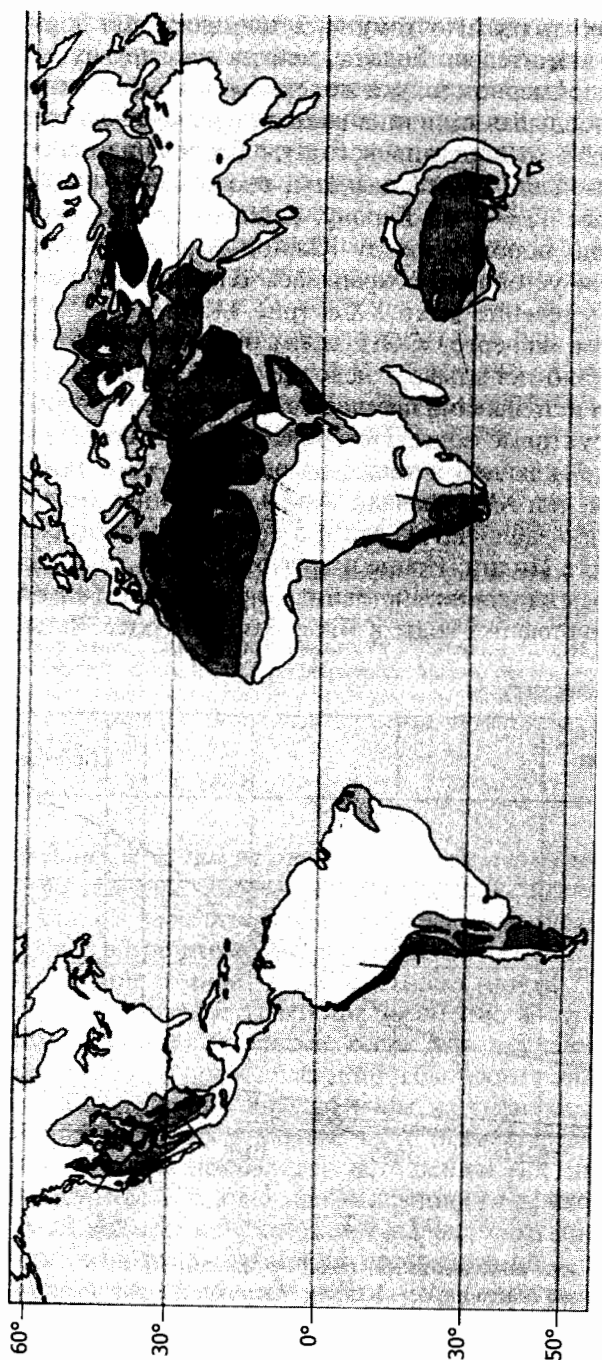


Рис. 11.3. Карта "Аридные зоны мира" (ag.arizona.edu/OALS/IALC/About/aridlands_map.html)

личаются в десять раз. Поэтому на душу населения воды в Южной Америке значительно больше, чем на всех других континентах, а в Азии примерно столько же, сколько в Европе и Северной Америке. Наибольшая величина расхода пресной воды приходится на Азию (60% от общемирового), где располагаются основные орошаемые площади нашей планеты, около 15% — на Северную Америку, около 13% — на Европу, оставшиеся 12% распределяются примерно поровну между Южной Америкой и Африкой. Только в Азии устойчиво сохранялась тенденция к росту водопотребления в течение всего XX в. (рис. 11.4).

По оценкам экспертов ООН, примерно треть всего человечества повседневно испытывает недостаток пресной воды.

Основными источниками пресной воды являются поверхностный сток рек и грунтовые воды. Исторически люди потребляли воду из рек, ручьев, ключей, а также из озер и прудов; потом стали рыть колодцы, а в XX в. начали бурить скважины. Больше всего воды до сих пор забирают из рек и озер, хотя в некоторых регионах, например в Индии, Иране и других странах, доля подземных вод, потребляемых для хозяйственных нужд, выше 50% (Aquastat, 2003). Для накопления воды в мире создано более 30 тыс. водо-

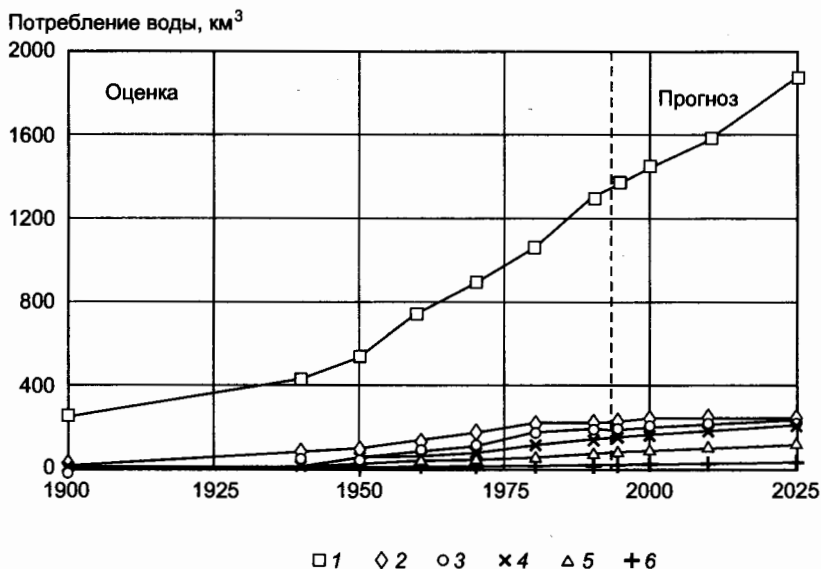


Рис. 11.4. Динамика использования воды по континентам: 1 — Европа; 2 — Азия; 3 — Северная Америка; 4 — Южная Америка; 5 — Африка; 6 — Австралия и Океания (Алексеевский, Гладкевич, 2003)

хранилищ с общей площадью зеркала воды около 500 тыс. км², для чего пришлось зарегулировать тысячи рек. Таким способом удалось увеличить объем воды в речных системах с 1,2 до 7,3 тыс. км³. При этом неизбежно увеличился и средний период обращения воды в них — с 11 до 72 дней. В регионах с четкой чередой сухого и дождливого сезонов часто воду собирают в большие емкости, врытые в землю в период дождей, а затем используют накопленную воду в течение всего засушливого сезона. Так часто поступают на океанических островах (например, на атоллах), где природных источников пресной воды не хватает. В засушливых, но богатых регионах, как, например, в Кувейте или Саудовской Аравии, большую часть пресной воды получают опреснением соленой, взятой из океана, но этот способ получения пресной воды требует значительных энергетических затрат.

Пустынный Кувейт занимает первое место в мире по потреблению воды на душу населения. Пресную воду в стране в основном получают путем выпаривания соли из морской воды. В настоящее время государство продает потребителям воду по цене, которая в три раза меньше ее себестоимости. Ежедневно каждый житель Кувейта потребляет около 400 л воды (<http://www.echo.msk.ru/221.10.2000>).

Гренландия собирается экспортировать ледниковую воду в страны мира, нуждающиеся в питьевой воде. В Гренландии сосредоточено 20% всемирного запаса воды в виде льда. Если таять и разливать в бутылки только 5% свежего льда, который ежегодно формируется в Гренландии, можно производить 500 млн л воды в год, что эквивалентно ежегодному экспорту воды из Канады в США. Для запуска проекта необходимы инвестиции в размере 40 млн долл. (<http://www.rbc.ru.РБК.21.10.2000>).

Задание

Объясните, к каким негативным последствиям может привести чрезмерное увлечение получением пресной воды методом опреснения соленой или же растапливанием гренландского ледника?

Основные потребители пресной воды. Если оценивать в среднем водопотребление в мире, то больше всего (почти 75%) потребляет пресную воду сельское хозяйство, особенно в странах с теплым климатом. Вода нужна прежде всего для орошения полей. В то время как 90% воды промышленного и бытового потребления можно использовать вторично, возврат воды из сельского хозяйства составляет около 50%. Остальная часть подвергается испарению и транспирации, что приводит к истощению местных источников водных ресурсов. На долю промышленности приходится 20% потребляемой воды, а на долю коммунального хозяйства 5%. Большая часть воды так называемого промышленного потребления на самом деле используется для работы гидроэлектростанций. Реальная доля потребления промышленностью составляет около 7%.

Помимо прямого использования пресной воды необходимо также учитывать и **потребность воды на разбавление загрязненных (технических) стоков**, поступающих с заводов и фабрик, поселков или с полей. В настоящее время общий объем таких загрязненных сточных вод в мире превышает 1300 км^3 в год. Для их удовлетворительного разбавления требуется в среднем в 10 раз больше чистой пресной воды, т.е. 13 тыс. км^3 в год. Поэтому реальный масштаб использования доступных возобновляемых водных ресурсов уже сейчас внушает большие опасения.

Вместе с суммарным водозабором около 5000 км^3 в год общий объем потребляемой прямо или косвенно человечеством пресной воды уже сейчас достиг 18 тыс. км^3 в год, что составляет 40% речного стока мира!

Водоємкость разных производств зависит от вида продукции, применяемых технических средств и технологических схем водоснабжения. Так, на производство 1 т разных видов готовой продукции расходуется в среднем воды (м^3): при добыче угля — 0,6, нефти — 3, при производстве стали — 40, синтетических волокон — 300, бумаги — 900, резины — 2300 (Акимова, Хаскин, 1998). В сельском хозяйстве расход воды еще больше. Для того чтобы получить 1 кг говядины, надо израсходовать 15 т воды, 1 кг курятины — 6 т, 1 кг зерновых — 1,5 т воды.

Прогнозируемый дефицит пресной воды в XXI в.

На Всемирном форуме по устойчивому развитию человечества, который прошел в Йоханнесбурге в 2002 г., было признано, что в первой половине XXI в. основным экологическим ограничителем для большей части человечества станет недостаток пресной воды или же недоступность качественной питьевой воды. В настоящее время не менее 400 млн чел. живут в регионах с серьезной нехваткой воды, а каждый шестой житель планеты не имеет возможности потреблять качественную питьевую воду. К 2050 г. число жителей в регионах с дефицитом воды может увеличиться до 2 млрд, а к не имеющим доступа к хорошей питьевой воде может быть отнесено 2/3 человечества.

ЮНЕСКО/UNESCO опубликовало рейтинги стран мира по количеству и качеству их водных запасов. Наивысшее качество воды в Финляндии, Канаде и Новой Зеландии. Россия в этом перечне занимает седьмое место. Хуже всего качество воды в Бельгии, Марокко и Индии.

Достаточно провести простые расчеты, чтобы убедиться в серьезности надвигающейся опасности. В ближайшие 100 лет население почти удвоится. Вспомним, что водопотребление в течение XX в. росло в 2,5 раза быстрее, чем численность населения. Следовательно, можно ожидать, что при планируемом двукратном увеличении народонаселения мира воды потребуются в пять раз больше, т.е. не 5000 км³, как сейчас, а примерно 25 000 км³. На самом деле ожидаемое водопотребление может возрасти еще больше, если принять во внимание изменение климата, которое грозит многим регионам мира уменьшением количества осадков. Если бы прирост потребления воды произошел равномерно по всей земле, то проблема была бы не столь остра, но беда в том, что основной прирост населения произойдет в теплых странах, которые в значительной части лежат в пределах аридных или субаридных зон (см. рис. 11.3). Как доставить сюда воду, необходимую для сельского хозяйства и промышленности?

Дефицит воды и айсберги

В Антарктиде за 50 тыс. лет накопилось 27 млн м³ замороженной воды, 3/4 мировых запасов! Каждый год откалывается около 5000 айсбергов.

Есть проекты буксировки айсбергов огромными специальными кораблями сначала к Фолклендским о-вам (там будет "вокзал" айсбергов), а затем к берегам засушливой Африки или Южной Америки. Одного айсберга длиной около 1 км и шириной 500 м достаточно для снабжения водой 1 млн чел. в течение 1 года (АиФ. 1998. № 22).

Задание

Подумайте, к каким возможным последствиям для биосферы может привести слишком активное использование откалывающихся от антарктического ледового щита льдин?

Неизбежное перераспределение части населения из бедных в благополучные страны станет причиной роста водопотребления и в них. Уже сейчас Западная Европа испытывает некоторый дефицит пресной воды, который покрывается в основном за счет использования грунтовых вод. Яркий пример неравномерности распределения водных ресурсов представляет и наша страна. Большая часть населения России проживает на европейской территории, в то время как водные ресурсы в основном сосредоточены в Сибири.

Дефицит пресной воды может повлечь за собой целый ряд опасных последствий. Увеличение аридных территорий, которое предполагается в ближайшие десятилетия, сократит площади пригодных для обитания земель. Недостаток воды затруднит решение продовольственной проблемы. Чрезмерное потребление подземных вод может привести к понижению уровня грунтовых вод.

Недостаток воды может быть столь значительным, что все больше людей не в состоянии будет получить доступ к качественной воде, а потребляя воду из скверных источников, будет рисковать своим здоровьем. Уже сейчас, по данным Всемирной организации здравоохранения, больше половины мест в больницах занято теми, кто употреблял воду плохого качества. Кроме того, при недостатке воды трудно поддерживать элементарную личную гигиену.

Известно, по крайней мере, шесть способов смягчения водной проблемы: 1) транспортировка воды; 2) использование резервов подземных воды; 3) запасание воды в резервуарах и водохранилищах; 4) опреснение соленой воды; 5) внедрение водосберегающих технологий; 6) повторное использование воды (рециклинг) и снижение загрязнения вод, которые могут быть использованы в хозяйстве или в естественных экосистемах.

Транспортировка воды

Транспортировка воды по специально прорытым каналам из районов, не испытывающих недостаток воды, к тем, которые остро в ней нуждаются давно осуществляется в разных странах. Например, Крым значительную часть воды получает по Северо-Крымскому каналу и специально проложенному трубопроводу из Днепра. Огромная засушливая территория Голодной степи в Средней Азии была снабжена водой в 1950-х годах по специально прорытым каналам из Сырдарьи. Аналогичные проекты были осуществлены в США и других странах. В настоящее время в России остро дискутируется проект переброски северных рек Сибири на юг — в Среднюю Азию. Не менее грандиозный проект намечен в Китае.

27 декабря 2003 г. стартовал проект по переброске вод южных рек в реки Северного Китая. Это грандиозный проект, по которому предусмотрено сооружение трех каналов, которые протянутся на 1300 км через восточные, центральные и западные районы страны. Каналы будут рыть в три этапа: они свяжут четыре самые полноводные реки Китая, в том числе Хуанхэ и Янцзы. К 2010 г. будет осуществлена первая очередь проекта и пекинцы смогут купаться в водах Янцзы.

Осуществление проекта обойдется Китаю в 60 млрд долл. При этом понадобится переселить из мест планового затопления почти 400 тыс. чел. К моменту завершения работ на север Китая каждый год будет поступать по 44,8 млрд м³ воды, что сравнимо с годовым объемом, переносимым Хуанхэ (<http://www.chinaembassy.uz/rus/dtxw/t130005.htm>).

Недостатков транспортировки воды по каналам много. Во-первых, значительная часть воды при этом теряется как за счет испарения, так и в результате просачивания через трещины в гидро-

изоляции. Во-вторых, изъятие воды не проходит бесследно для тех экосистем, где ее всегда было много. В-третьих, дополнительный расход воды в аридных зонах может приводить к засолению почв. В-четвертых, такой способ тормозит решение проблемы с помощью внедрения ресурсосберегающих технологий и косвенно способствует отставанию региона-потребителя в технологическом отношении от других стран.

Проект переброски северных рек на юг

В 1970-х годах в СССР активно разрабатывался проект поворота северных рек на юг — переброски части стока Оби в Среднюю Азию. Специалисты Минводхоза, Союзгипроводхоза и еще более 100 институтов рассмотрели более 50 вариантов. Предполагалось отобрать у избыточно полноводной Оби около 6–7% стока. От места впадения Иртыша в Обь возле Ханты-Мансийска планировали построить канал с 5–7 насосными станциями, который проходил бы по правому берегу р. Тобол, далее через Тургайскую седловину к Сырдарье и Амударье (рис. 11.5). На первом этапе забор воды должен был ежегодно составлять около 27,2 км³. По расчетам, канал Сибирь–Арал (длина 2550 км, ширина 200 м, глубина 16 м) должен был не только решить проблему орошения Среднеазиатского региона, но и существенно изменить паводковую ситуацию на сибирских реках. В бассейне Аральского моря 55 млн га земель пригодны для оросительного земледелия. Регион считается уникальным для выращивания ценных сельскохозяйственных культур: его биоклиматический потенциал в десять раз выше, чем возможности Сибирского региона. Однако уменьшение стока Оби в Северный Ледовитый океан может привести к изменению толщины льда и изменению климата на обширной территории.



Рис. 11.5. Проект маршрута переброски воды Оби и Иртыша в Сырдарью и Амударью (Сельская жизнь. 2003. № 5)

Поэтому в результате активного протеста экологов и общественности работы над проектом в 1986 г. были приостановлены.

Многие ученые и специалисты, которые специально занимались как проблемами Средней Азии, так и проблемами переброски, пришли к выводу, что этот проект не имеет достаточного обоснования по следующим причинам:

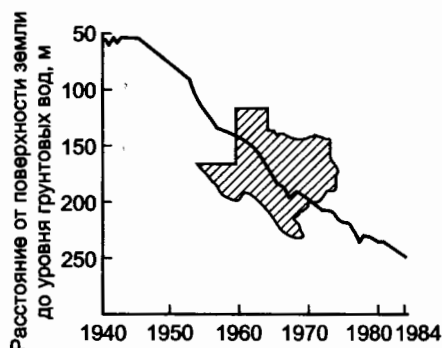
- проект не решает стратегической задачи — развития республик Средней Азии, поскольку направлен на экстенсивное развитие, основанное на отсталом в техническом отношении орошаемом монокультурном земледелии;
- проект не обоснован и в техническом отношении. Канал шириной 200 м и глубиной 15–16 м предполагалось строить без фильтрационной защиты (иначе он получился бы очень дорогим), причем на протяжении сотен километров — по песчаным пустыням. Фильтрационные потери воды из канала должны быть очень велики.

Использование резервов подземных воды

Использование резервов подземных вод в настоящее время происходит повсеместно — не только в засушливых регионах, но и там, где много источников поверхностных вод, например при водообеспечении городов. К 1997 г. в мире ежегодно выкачивали из-под земли примерно 600–700 км³ воды, что составляет 20% от всего водопотребления. Уже четверть человечества потребляет воду из подземных источников. Основным потребителем подземных вод остается сельское хозяйство. При неумеренной откачке подземных вод уровень их понижается, что, например, произошло на Среднем Западе США с гигантским подземным природным резервуаром Огаллала площадью 1335 млн га. В этом регионе на стыке восьми штатов на плодородных почвах Великих равнин получают почти половину всей сельскохозяйственной продукции США. Мощности трех рек: Плат, Арканзас и Канейлиан — с их притоками не хватает для обеспечения водой фермеров (рис. 11.6). После того как начиная с 1940 г. стали все более активно бурить скважины и поливать поля выкачанной из-под земли водой, урожаи стали расти. Лишь за период с 1968 по 1977 г. урожаи кукурузы выросли вдвое, в то время как в среднем по стране за тот же период — всего на 12% (Ревель. Т. 2). Доступность и огромные запасы подземных вод мешали потребителям понять, что они слишком расточительно расходуют это бесценный дар. Число скважин достигло 170 тыс. Уровень грунтовых вод стал понижаться с 1940 по 1980 г. со средней скоростью примерно 3 м в год. Вместо внедрения водосберегающих технологий фермеры стали бурить скважины на большую глубину, не сокращая расхода воды при поливе. В дальнейшем из-за повышения стоимости откачки подземных вод



Рис. 11.6. Подземный водоносный горизонт Огаллала на Среднем Западе США (Миллер, 1994) и понижение уровня грунтовых вод в одной из скважин в 1940–1984 гг. с указанием местоположения в шт. Техас (Ревель, Ревель, 1995)



и истощения кое-где водоносных слоев интенсивная ирригация стала не рентабельной и выход сельскохозяйственной продукции сократился. В результате интенсивной откачки воды уровень подземных вод местами понизился на 100–200 м. Это вызвало оседание поверхности земли на 2–2,5 м. В г. Хьюстон (шт. Техас) откачка воды из подземных резервуаров привела к проседанию поверхности земли почти на 3 м. Во всех странах, расположенных в засушливых климатических условиях и активно потребляющих запасы подземных вод, происходит быстрое понижение их уровня и одновременно увеличение содержания солей в воде. Так, например, обстоит дело в Саудовской Аравии, ОАР, Сирии, Иордании. В некоторых районах России забор воды из глубоких водоносных горизонтов привел к снижению уровня подземных вод на 65–130 м (Москва, Брянск, Санкт-Петербург, Курск).

Вместо расточительного дождевания фермеры могут прибегнуть к более совершенному капельному поливу. Для этого под землей на небольшой глубине прокладывают сеть труб, которые подводят воду непосредственно к корням растений. Из тонких отверстий вода понемногу поступает в почву вблизи корней и расходуется очень рационально так, что на той же площади сельскохозяйственных посевов для получения сопоставимых урожаев ее требуется в несколько раз меньше. Если при дождевании значительная часть воды испаряется, то при капельном поливе она расходуется в основном на питание растений.

Водоносный горизонт Огаллала
(*Великие равнины на Среднем Западе США*)

Вода, извлекаемая из обширного водоносного горизонта Огаллала (см. рис. 11.6), используется для орошения пятой части всех пахотных земель США, расположенных в аридном районе, непригодном для обычного земледелия. Этот подземный горизонт обеспечивает производство сельскохозяйственной продукции на 32 млрд долл. в год — преимущественно выращиваются пшеница, сорго, хлопок и кукуруза. Благодаря запасам воды в этом горизонте выращивается и 40% откармливаемого зерном крупного рогатого скота страны.

Водоносный горизонт Огаллала содержит огромное количество воды, но темпы его естественного пополнения крайне медленные из-за того, что он залегает под районом, где в течение года выпадает мало осадков.

В настоящее время из этого подземного горизонта воды извлекается в восемь раз больше, чем поступает. Еще более высокие темпы забора воды, иногда в 100 раз превышающие темпы естественного восполнения, отмечаются в тех частях водоносного горизонта, которые залегают под Техасом, Нью-Мексико, Оклахомой и Колорадо. Специалисты по водным ресурсам полагают, что при современных темпах забора воды большая часть этого подземного горизонта иссякнет к 2020 г. и даже раньше в тех районах, где его глубина залегания составляет лишь несколько метров.

Однако до того как это произойдет, значительные энергетические затраты на выкачивание воды из подземных источников, уровень воды в которых быстро опускается, заставят многих фермеров выращивать менее требовательные к воде пшеницу и хлопок вместо выгодных, но влаголюбивых культур, таких, как кукуруза и сахарная свекла. Некоторые фермеры будут вынуждены отойти от дела. Площадь орошаемых земель уже сокращается в пяти из семи использующих этот водоносный горизонт штатов из-за высокой стоимости выкачивания воды с глубины 1830 м.

Если фермеры в районе Огаллала начнут применять меры по экономии воды и переключатся на выращивание сельскохозяйственных культур, потребляющих меньше воды, истощение подземного горизонта будет замедлено, но не предотвращено. К сожалению, опыт подсказывает, что большинство фермеров будут продолжать выкачивать из этого общего источника столько воды, сколько смогут, для увеличения сиюминутной прибыли.

Для того чтобы предотвратить истощение подземного горизонта Огаллала и продолжать при этом выращивать сельскохозяйственные культуры, некоторые люди призывают к переброске поверхностных вод из Великих озер. Однако это приведет к понижению уровня воды в озерах и создаст проблемы в близлежащих густонаселенных городах (Миллер. 1994. Т. 2. С. 149–150).

В России подземные воды для нужд сельского хозяйства всегда использовали с меньшим размахом, чем в США, и поэтому примеры истощения подземных водоносных горизонтов связаны в большей мере с разрастанием городов. Для водоснабжения многих городов используются подземные воды как более чистые и не нуждающиеся в обременительной водоподготовке. Москва в этом отношении является исключением из правила, так как потребляет воду из специальной системы водохранилищ, созданных в середине XX в.

Города в России обязательно окружает дачный пояс, который сам по себе становится все более мощным потребителем грунтовых вод. Бурение индивидуальных скважин лавинообразно возрастает в течение последнего десятилетия. Владельцы дач часто используют воду из своих скважин для полива так же нерационально, как это делали фермеры США полвека тому назад. Если учесть, что в те же годы все чаще на территории России случались засушливые летние месяцы, становится понятным, что откачка подземных вод увеличилась многократно, хотя никакой единой регистрации потребления воды независимыми хозяевами не ведется. Косвенным показателем роста водопотребления из водоносных горизонтов может быть падение уровня грунтовых вод. Например, в Московском регионе это падение выражается в виде депрессионной воронки огромного диаметра с центром под столицей, глубина которой достигла 100 м, с темпом понижения 1 м в год (Орлов, 1997).

Понижение уровня грунтовых вод под территориями городов вызывается не только водопотреблением, но и значительным сокращением поступления поверхностных вод вглубь. Почти вся дождевая вода стекает по асфальтовым дорогам в ливневую канализацию и отводится в реку. Верхний водоносный горизонт лишается под городами пополнения.

Понижение уровня грунтовых вод приводит, кроме всего прочего, к просадкам грунта. В нем всегда есть полости, в норме заполненные водой. Если вода уходит, то полости лишаются опоры, а их перекрытия могут обрушиться. В Москве просадка грунта в последние годы происходит все чаще, из-за чего страдают здания и создается аварийная ситуация с угрозой для людей.

Водоснабжение Москвы

Одним из ярких примеров решения проблемы надежного водоснабжения населения и хозяйства является история обеспечения водой столичного мегаполиса. В древние времена население, проживавшее в районе современной столицы нашего государства, решало проблемы воды самостоятельно и относительно просто. Населенные пункты возникали по берегам рек. Москва-река и ее притоки были главным источником воды. Жители также сооружали колодцы и запруды на малых реках. Вода, например, Пресненских прудов имела лучшие вкусовые свойства, использовалась в быту российскими царями. Водоснабжение Кремля осуществлялось непосредственно из р. Москва. Первый (самотечный) водопровод в Кремле был создан во времена Ивана Грозного. Он питался водой родника у Арсенальной башни. Напорный водопровод появился в Москве раньше (1633 г.), чем в европейских странах. Вода из Москвы-реки забиралась машиной на конной тяге и под напором подавалась в бак на башне, а оттуда по свинцовым трубам поступала во дворец. Однако уже в те годы возможности, предоставляемые местными

поверхностными и подземными водами, не решали проблемы дефицита воды в количественном и качественном отношении в городе, население которого в середине XVIII в. достигло 320 тыс. человек.

В период с 1779 по 1804 г. было найдено решение проблемы надежного водоснабжения города. Оно базировалось на использовании артезианских вод, разгружавшихся в районе с. Большие Мытищи, и самотечного водовода длиной 16 км. Он следовал через долину р. Яуза (по сохранившемуся до наших дней акведуку) в район Сухаревской и Самотечной площадей. На Трубной площади и на Неглинке действовали устройства для разбора воды. Мытищинский водопровод неоднократно реконструировался. К 1853–1858 гг. мощность водопровода обеспечивала поступление в город ежедневно до 6000 м³ воды (От истока до Москвы, 1999). Одновременно росли численность населения (1 млн чел. в 1900 г.), производственные и коммунальные потребности городского хозяйства. Предельной мощности достиг Мытищинский водозабор.

Из р. Москвы две водокачки подавали воду в первый городской водопровод (в фонтаны и водоразборные колодцы). Они решали вопросы с количеством воды, но ее потребительские свойства оказались невысокими. В целях улучшения качества воды место водозабора москворецкой воды было перенесено на 50 км выше г. Москвы, в район д. Рублево. С 1903 г. здесь функционирует водопроводная станция, которая (к 1917 г.) обеспечила поступление в город около 126 тыс. м³ питьевой воды хорошего качества. Тем не менее проблемы надежности водоснабжения сохранялись, поскольку в период межени воды в реке не хватало для покрытия существовавших потребностей населения и хозяйства. Численность же городского населения к 1926 г. достигла 2 млн чел.

Возможность преодоления сезонного дефицита водных ресурсов предоставило регулирование стока с помощью водохранилищ на Волге (Иваньковское водохранилище) и в бассейне р. Москвы. В них накапливают воду в период повышенного стока рек и сбрасывают при низкой водоносности р. Москвы. Рублевская плотина на р. Москве (1933 г.), Истринское водохранилище (1937 г.) стали первыми в системе гидротехнических сооружений, обеспечивающих надежность водоснабжения столичного мегаполиса. Одновременно они частично решали проблему защиты местности от затопления в период половодья, обводнения городской территории. Позже для этих же целей были созданы другие москворецкие водохранилища (Рузское и Озернинское, 1960; Можайское, 1963). Окончательный вариант совместного использования москворецкого и волжского водоисточников в целях снабжения водой Москвы и многих городов Московской области сложился после строительства Вазузской гидротехнической системы (ВГТС). После заполнения Вазузского и Яузского водохранилищ (1977), Верхнерузского водохранилища (1972–1987) оказалось возможным перераспределять в бассейн р. Москвы до 1, 9 млн м³/сут воды из бассейна Верхней Волги. Это составляет 1/5 часть потребляемой воды в столице (От истока до Москвы, 1999).

При понижении уровня грунтовых вод приходится переходить к использованию глубоких горизонтов. Наполняющая их вода значительно старше той, которую мы берем из верхнего водоносного горизонта, часто называемого “верховодкой”. На глубине более 100 м возраст воды может исчисляться многими тысячами лет. За это время в воде, находящейся под давлением, повышается концентрация растворенных минеральных солей. Высокоминерализованная вода в некоторых случаях полезна для здоровья и считается целебной. Но при ином сочетании солей минерали-

зованная вода вредна и длительное ее употребление приводит к ряду заболеваний, например отложению камней в почках. В народе существует убеждение относительно целебной силы и чистоты родниковой воды. Подобные ключи пользуются большой популярностью. Нередко за водой люди приезжают издалека и запасаются ею на длительное время, употребляя только для питья или приготовления пищи. В Москве известно немало таких природных выходов подземных вод. Однако в ней могут содержаться весьма опасные вещества, например повышенные концентрации кадмия, хрома, алюминия или радиоактивные вещества.

В Москве и Московской области насчитывается около 200 источников, в самом городе наиболее популярно около 50 родников. Последние анализы показывают, что неплохим качеством обладают лишь пять из них, а категорически нельзя пользоваться водой шести источников.

Небезразличны к составу растворенных в воде солей и растения. Поэтому использованию подземных вод всегда должен предшествовать их химический анализ в компетентных лабораториях. В каждом городе в санитарно-эпидемиологической службе имеются лаборатории по анализу состава воды.

Задание

Узнайте, где находится обслуживающая ваш район лаборатория и по каким показателям она может исследовать принесенную вами воду.

Запасание воды в водохранилищах¹

Если сток в реках претерпевает значительные изменения в течение года, то можно запастись водой в период половодья, соорудив специальные водохранилища. Обычно для этого реки перегораживают плотинами, иногда совмещая сразу три задачи: регулиацию стока, ирригацию окружающих сельхозугодий и строительство гидроэлектростанции. Регуляция стока позволяет избежать разрушительных наводнений, поддерживать судоходство на реках, накапливать воду для использования ее в засушливые периоды года. В течение XX в. было создано более 60 тыс. водохранилищ суммарной площадью 400 тыс. км², что сопоставимо с размерами Черного моря. Это один из ярких примеров масштаба рукотворного влияния человечества на биосферу. Создание водохранилищ привело к изменению природных условий на общей площади свыше 700 тыс. км². Оно сказалось на социальной сфере с учетом

¹ См. также гл. 15, раздел ГЭС.

изменения инфраструктуры в результате переселения людей и переустройства хозяйства на еще большей площади — около 1,5 млн км².

В США в соответствии с Законом о мелиорации земель 1902 г. было создано специальное агентство — Бюро мелиорации, в задачи которого входило использование водных ресурсов рек Запада США для ирригации и позже для производства гидроэнергии. С 1902 г. были возведены сотни плотин, а Бюро построило или дало разрешение на строительство более 160 ирригационных систем. В совокупности все эти гидросооружения обеспечивают водой более 1/4 поливных земель Запада Соединенных Штатов (*Поустел С. Пути сбережения воды // Мир 80-х годов. М.: Прогресс, 1989. С. 318*).

Зарегулирование стока рек неизбежно наносит некоторый экологический и экономический вред. При заполнении водохранилища на его дне оказываются подчас самые ценные и плодородные пойменные почвы, что в равнинных ландшафтах наносит большой ущерб сельскому хозяйству. Глубина водохранилищ, как правило, бывает очень небольшой, а площадь огромной. В результате средняя температура воды становится выше той, которая свойственна запруженной реке в местах ее свободного течения. При заполнении водохранилища его объем увеличивается, а сток остается небольшим, следовательно, водообмен в акватории искусственного моря значительно уменьшается по сравнению с нормой. Прогрев и застой воды в сочетании с поступлением в нее из затопленной почвы биогенных веществ, потребляемых фитопланктоном, вызывают интенсивное цветение водоема, за которым следуют его обескислороживание и замор. Качество воды в водохранилище падает. Иногда к такому искусственному морю летом неприятно даже подойти из-за запаха. В России ярким примером эвтрофикации может быть Цимлянское водохранилище на Дону, а на Украине — Каховское водохранилище на Днепре.

Из-за слабого водообмена водохранилища быстро мелеют. Приносимые водой твердые осадки остаются на дне водохранилища как в ловушке. Для поддержания судоходности водохранилища приходится постоянно прочищать фарватер с помощью специальных земснарядов (землечерпальных и землесосных), на что затрачиваются значительные средства.

Зарегулирование стока препятствует нормальному перемещению проходных рыб, которые в определенное время года должны идти на нерест в верховье реки. По этой причине исчезают на Волге популяции таких ценных видов рыб, как белорыбца, осетр и др.

В жарком климате, например в Южной Калифорнии, с поверхности обширного водохранилища испаряется так много воды, что на это часто уходит весь дошедший до данного места сток реки.

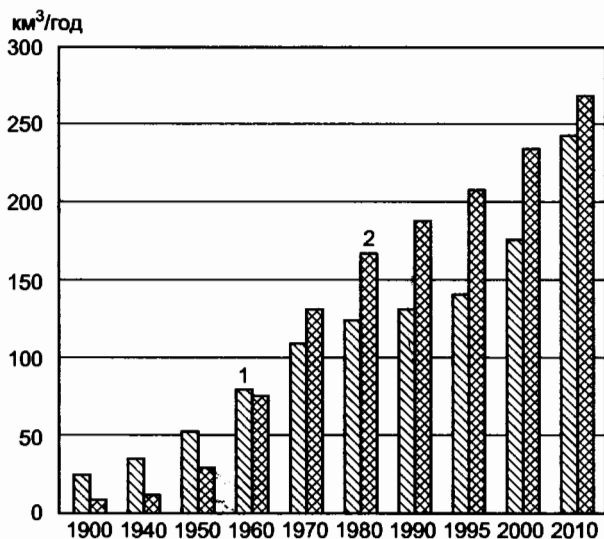


Рис. 11.7. Испарение воды с поверхности водохранилищ (2) в сравнении с промышленным и бытовым (1) потреблением в мире (Shiklomanov, 1999)

В целом, согласно мировой статистике, по мере увеличения суммарной площади водохранилищ общее количество потерянной в результате испарения воды превысило весь объем промышленного и бытового потребления (рис. 11.7).

Тем не менее нельзя забывать о том, что зарегулирование стоков рек позволило избежать разрушительных наводнений, способствовало стабилизации сельского хозяйства, не говоря уж о совершенствовании водных транспортных путей и получении электроэнергии от возобновимого ресурса.

Опреснение соленой воды

Пресную воду можно получать из морской путем дистилляции (испарения с последующей конденсацией). Теоретически таким способом можно полностью обеспечить потребности в качественной пресной воде. Однако для нагрева морской воды до 100 °С необходимо затратить слишком много энергии. Лишь немногие страны могут себе это позволить. Половина всех установок по опреснению морской воды находится в районе Персидского залива, которые не испытывают недостатка в топливе. В данный момент опресненная вода составляет всего 0,2% глобального потребления воды.

Внедрение водосберегающих технологий

Во всех сферах экономики водопотребление может быть при желании существенно снижено за счет использования ресурсосберегающих технологий и ответственного отношения людей к расходованию ими воды.

В сельском хозяйстве вместо расточительных дождей или разводки воды по примитивным арыкам, в которых значительная часть влаги просачивается в грунт и испаряется под жарким солнцем, желательно использовать намного более экономный капиллярный полив. От выбранного варианта вспашки и частоты обработки почвы также зависит скорость испарения воды. В закрытых парниках удается сохранить высокую влажность без значительного расхода воды. Кроме того, всегда остается возможность подбора более совершенных сортов растений, например засухоустойчивых, или более соответствующих по своим природным требованиям местным особенностям климата.

Неумеренное использование речного стока на орошение сельскохозяйственных угодий может стать причиной катастрофического перерождения природных экосистем. В 1980-е годы получила широкую огласку история с обмелением Аральского моря, вызванным полным использованием на орошение полей стекающих в него двух среднеазиатских рек (Сырдарья и Амударья).

Экологическая катастрофа на Аральском море

Возрастающее потребление воды уже в наше время стало причиной экологической катастрофы в некоторых регионах бывшего Советского Союза. Самым драматичным стало значительное высыхание Аральского моря, которое существовало за счет стока двух великих среднеазиатских рек: Амударья и Сырдарья. В 50-х — начале 60-х годов XX в. в СССР была провозглашена грандиозная программа орошения Средней Азии и Казахстана — превращения пустыни в “цветущий сад” (постановление 1956 г. об орошении и освоении целинных земель).

Были построены каналы и ирригационные системы на 2000–3000 га ранее неплодородной земли. Значительная часть освоенной территории предназначалась для хлопковых плантаций и выращивания овощей и фруктов.

Численность населения с 1950-х по 1980-е годы возросла в Среднеазиатских республиках более чем в два раза. Разбор воды Сырдарьи и Амударьи на сельскохозяйственные нужды привел к тому, что их сток в Аральское море стал быстро сокращаться (рис. 11.8). Если в 1960 г. в Арал поступало 56 км^3 воды в год, то за десять лет, к 1970 г. общий объем стока составил всего 9 км^3 в год, а к 1980 г. упал фактически до нуля, зато валовой сбор хлопка-сырца возрос в два раза, а овощей и фруктов — в пять раз.

С 1960 по 1995 г. море недополучило около 1000 км^3 речных вод, площадь акватории уменьшилась более чем наполовину, а объем сократился на 75%. За последние 20 лет уровень озера снизился на 17 м. Чрезмерное использование воды

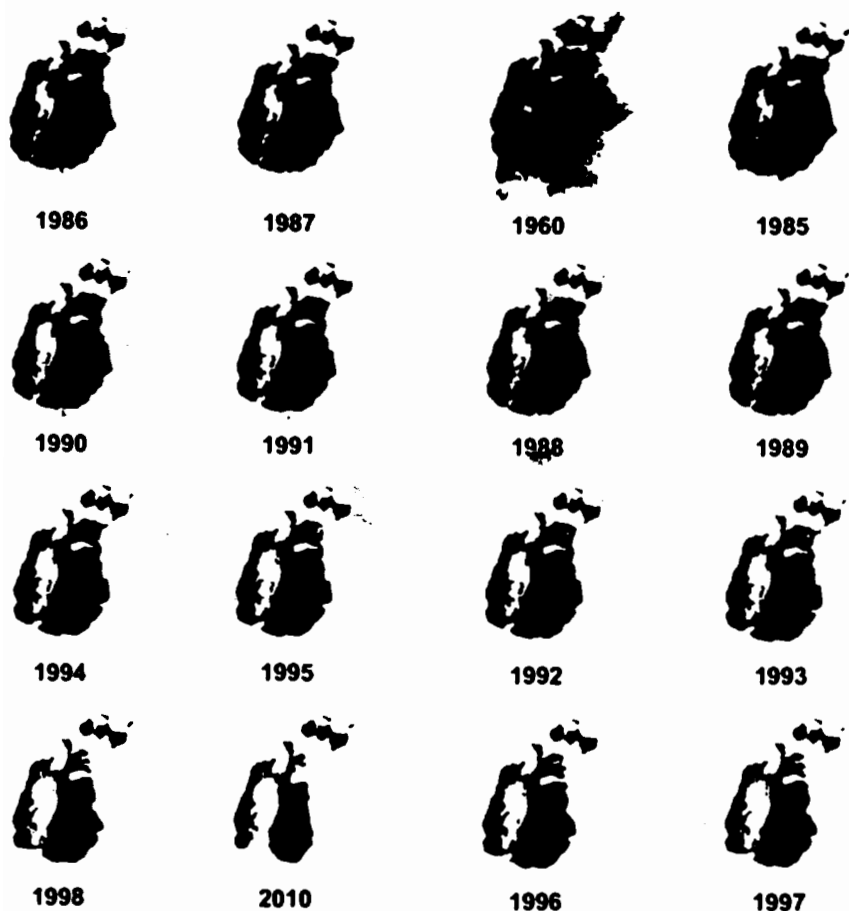


Рис. 11.8. Уменьшение площади Аральского моря в результате разбора вод Сырдарьи и Амударьи для орошения новых плантаций (<http://www.dfd.dlr.de/app/land/aralsee/index.html>)

для орошения привело к постепенному высыханию Аральского моря и опустыниванию его дельт. Вода моря из солоноватой (10 г/л) превратилась в соленую (до 40 г/л), сделавшись непригодной для обитания многих видов флоры и фауны.

Широкие пространства дельт и речных русел высохли из-за падения уровня грунтовых вод на 3–5 м (местами до 8 м) при высокой минерализации (от 35 до 100 г/л) и прекращении паводков. В дельте Амударьи около 30 тыс. га озер и болот практически полностью высохли. Это отрицательно сказалось на биоразнообразии: из 178 видов животных, в прошлом обитавших в дельтах, осталось только 38 видов.

Море потеряло былое рыбохозяйственное и транспортное значение. Оно разделилось на две части — Большой и Малый (Северный) Арал — и отошло от берегов

местами более чем на 100–150 км. С обнаженного засоленного бывшего дна площадью 35 тыс. км² выдувается и выносятся за пределы Аральского моря до 100 млн т в год соленой пыли. Соли и пыль, срывааемые ветром с осушенного дна, увеличивают загрязненность атмосферы Земли более чем на 5%. Впервые пыльные бури с аральского дна были видны из космоса в 1975 г. С 1981 г. пыльные бури случаются до 90 дней в году. Шлейфы пыли достигают длины 400 км и ширины 40 км. В составе пыли обнаружены аэрозоли с примесью сельскохозяйственных ядохимикатов, удобрений и других вредных компонентов промышленных и бытовых стоков. Загрязнение водостоков, несущих воду в Арал, неразлагающимися соединениями тяжелых металлов привело к гибели промысловых видов рыб, появлению у рыб опухолевых заболеваний, изменений цитогенетических показателей.

Все это привело к катастрофическим социально-экономическим последствиям для Приаралья с численностью населения в 3 млн человек. Изменился микроклимат — возросла амплитуда температур, стали обычными солепылевые бури. Аральское море полностью потеряло свое бывшее экономическое значение: прекратилось рыболовство и судоходство. Население в Приаралье оказалось без работы, уровень жизни упал, что привело к ухудшению здоровья и миграции населения. Так, стремление получить больше сельскохозяйственной продукции в одной части Средней Азии обернулось экономическими и экологическими потрясениями в другой ее части.

Проблема Арала стала центральной для Каракалпакии, где проживает около полутора миллионов человек. Считается, что не менее 200 тыс. из них нуждаются в срочной помощи. Главы государств пяти стран бассейна (Казахстана, Киргизии, Таджикистана, Туркменистана и Узбекистана) приняли Программу бассейна Аральского моря (ПБАМ), направленную на решение этих насущных проблем. Международное сообщество доноров в 1994 г. согласилось финансировать ПБАМ. После анализа, проведенного Всемирным банком в 1996 г., были сделаны некоторые изменения и подготовлена вторая стадия программы. В рамках Глобального экологического фонда в 1998 г. был утвержден и начат проект “Управление водными ресурсами и окружающей средой в бассейне Аральского моря”. Однако даже при успешном воплощении программы полное восстановление Арала невозможно, так как это означало бы сокращение орошаемых земель, что неприемлемо с социальной и политической точек зрения (Алексеевский, Гладкевич, 2003).

Значительную экономию воды в промышленности удастся получить при последовательном ее использовании на различных технологических этапах обработки сырья. Именно в промышленности удастся с высокой эффективностью использовать воду многократно, периодически очищая ее. Когда на Байкальском целлюлозно-бумажном комбинате (ЦБК) остро встал вопрос о недопустимости сброса загрязненных стоков в чистейшее оз. Байкал, удалось разработать и внедрить такое оборудование, которое позволило перейти комбинату на замкнутый цикл водооборота. Естественно, что это потребовало реконструкции предприятия и денежных затрат. Именно нежелание со стороны руководителей заводов и фабрик потратить деньги на усовершенствование производства и условий работы персонала чаще всего являются причиной продолжающегося загрязнения предприятиями окружающей среды.

Хотя в быту используется меньше воды, чем на заводах и полях, но и здесь возможна большая экономия. В отслуживших водопроводных сетях теряется огромное количество воды из-за протечек труб. В Москве до реконструкции водопроводной системы в конце XX в. до потребителей не доходило 12% воды. В США в 1980-е годы началась кампания замены старой сантехники на значительно более экономную. Больше всего воды в городских условиях расходуется для санитарно-гигиенических целей. Были разработаны новые конструкции душевых головок (распылителей воды), в которых желаемый эффект достигался при меньшем расходе воды. Введение счетчиков расхода воды и повышение тарифов заставляют потребителей быть более экономными.

В США потребление воды на душу населения снижено в среднем до 296 л/чел. в сутки, в Германии — до 127 л. В России сейчас расходуется в среднем 278 л в день на человека, а в Москве — 400 л.

Озеро Чад повторяет ошибку Аральского моря

Озеро Чад, еще недавно считавшееся самым крупным озером Африки, стремительно сокращается. Если в середине 60-х годов его зеркало занимало площадь 25 тыс. км², т.е. было размером с Московскую область, то сегодня оно сократилось в 20 раз (1350 км²) и по площади сравнимо уже с Москвой.

Все происходит по аральскому сценарию: озеро-гигант погибает из-за интенсивных ирригационных работ, однако этот процесс резко усугублен глобальным потеплением. Главный климатический вклад определяется резким уменьшением количества дождей, что приводит к высыханию рек, несущих воду в умирающее озеро. Так, система рек Шари и Логон за последние 40 лет уменьшила подачу воды в озеро на 75%.

Водные ресурсы России

Несмотря на то что наша страна не относится к числу тех, кто страдает от недостатка воды, дефицит пресной воды может стать реальной проблемой. Годовой сток рек России составляет внушительную величину — 4270 км³ (табл. 11.4). Однако на бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов приходится 90% годового стока, в то время как на бассейны Каспийского и Азовского морей, где проживает свыше 80% населения России и сосредоточен ее основной промышленный и сельскохозяйственный потенциал, приходится менее 8% общего годового объема речного стока (Государственный доклад..., 1995). Протяженность речной сети, которая складывается из 2,5 млн рек и речушек, составляет в России 3 млн км. Крупнейшие реки расположены в северной части и несут свои воды в Северный Ледовитый океан (табл. 11.5).

Таблица 11.4

Оценка водных ресурсов России
(Алексеевский, Гладкевич, 2003)

Водные объекты (источник воды)	Объем воды, км ³	Доля, %	Стоимость 1 м ³ воды, руб.	Общая стоимость, млрд руб.
Среднегодовое речной сток	4270	8,42	0,523	2230
Озера	26 504	52,37	0,42	11 132
Болота	2500	4,94	0,3	750
Ледники	17 000	33,59	0,51	8670
Наледи и снежники	28	0,05	0,51	14
Подземные воды (прогноз)	317	0,63	1,95	618
<i>Итого</i>	50 613	100		23 414

Огромный запас пресной воды (26 504 км³) сосредоточен в российских озерах. Большая часть воды сосредоточена в оз. Байкал (23 тыс. км³), которое содержит почти 20% всех доступных для использования ресурсов пресной воды мира. Помимо этого величественного озера, признанного комиссией ЮНЕСКО в качестве всемирного наследия, в России находится еще 2,7 млн озер.

Таблица 11.5

Годовой сток (км³/год)
некоторых крупнейших
северных и южных рек
на территории России

Северные реки	Южные реки
Обь 400	Волга 239
Лена 536	
Енисей 624	

Важную роль в качестве природных резервуаров пресной воды играют ледники и болота, из которых берут начало большинство рек. Естественные ресурсы подземных вод составляют примерно 790 км³ в год (Использование и охрана..., 2001). Из них возможно использовать более 316 км³ в год. Весьма важно, что более трети потенциальных ресурсов сосредоточено в европейской части страны (Алексеевский, Гладкевич, 2003).

Даже в денежном выражении (на 2002 г.) стоимость всех ресурсов пресной воды в России впечатляет — более 23 млрд руб.

На хозяйственные нужды в России используется только 1/60 часть пресного стока (70,7 км³ в год), и еще 10,2 км³ в год выкачивается из подземных источников воды (табл. 11.6).

Таблица 11.6

**Основные показатели водопотребления и водоотведения
по Российской Федерации
(Алексеевский, Гладкевич, 2003)**

Использование воды	Объем, млн м³
Забор воды из водных объектов	85 940
<i>в том числе</i>	
поверхностных	70 700
подземных	10 200
Забор из общего водозабора для перераспределения стока	8000
Использование воды	61 771,4
<i>в том числе на</i>	
хозяйственно-питьевые нужды	13 585,7
производственные нужды, из них:	33 635,3
питьевое назначение	3741,5
орошение и обводнение	9319,2
сельхозводоснабжение	1378,2
другие виды использования (прудовое рыбное хозяйство и др.)	3853
Экономия воды за счет оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, %	77
Потери при транспортировке	8464
Безвозвратное водопотребление	20 772
Водоотведение в поверхностные водные объекты, из них загрязненных,	54 800
<i>в том числе</i>	20 700
без очистки	5100
недостаточно очищенные	15 600
нормативно чистые (без очистки)	31 700
нормативно очищенные	2500
Мощности очистных сооружений	30 368

Больше всего воды используется в промышленности (33,6 км³ в год), в 3,5 раза меньше в сельском хозяйстве для орошения (9,3 км³). В качестве питьевой воды потребляется 3,7 км³.

Экономия воды за счет оборотного и последовательного использования воды составляет 77%.

В 1990-е годы доля воды, используемая промышленными предприятиями, сохранилась на уровне 57% общего водопотребления. В жилищно-коммунальном хозяйстве использование воды возросло с 13 до 20%, а в сельском хозяйстве — уменьшилось (с 27 до 19%). В целом за год для водообеспечения используется лишь около 2% водных ресурсов. Однако в отдельные периоды в ряде районов страны, расположенных в бассейнах рек Волга, Ока, Дон, Кубань, Сулак, Обь, Томь, Иртыш, Ишим, Тобол, ощущается их дефицит, так как объемы водозабора составляют значительную часть минимального стока рек в лимитирующий зимний период — от 15 до 70%.

Традиционно высоким уровнем использования оборотных систем характеризуются такие отрасли промышленности, как газовая, нефтеперерабатывающая, химическая и нефтехимическая, черная металлургия, за счет чего экономия воды на производственные нужды составляет 78%. Наиболее водоемкими отраслями хозяйства остаются энергетика, черная и цветная металлургия, машиностроение, целлюлозно-бумажная, топливная, химическая и нефтехимическая, пищевая промышленность, а также жилищно-коммунальное и сельское хозяйство.

В целом по России забор пресной воды из природных водных объектов в 2010 г. достигнет 100,3 км³. Предприятия тепловой и атомной энергетики будут использовать их треть, чуть меньше — сельское хозяйство, примерно по 16–17% — промышленность и жилищно-коммунальное хозяйство. В будущем удельное водопотребление городского населения на питьевые и хозяйственно-бытовые нужды достигнет 315 литров в сутки на человека. При этом ожидается снижение показателей водопотребления в некоторых крупных городах за счет экономного и целевого использования питьевой воды. Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление сельского населения составит в 2010 г. 126 литров в сутки на человека (Алексеевский, Гладкевич, 2003. С. 129–131).

Международные планы снижения дефицита водных ресурсов

Чтобы избежать неблагоприятных последствий дефицита воды, мировое сообщество приняло в 2002 г. на Международном форуме в Йоханнесбурге план действий, в котором предусмотрено к 2015 г. сократить вдвое долю населения, не имеющего доступа к безопасной питьевой воде, и долю населения, не имеющего доступа к основным санитарным услугам.

Для достижения этой цели Организация Объединенных Наций будет использовать весь набор организационных средств, с помощью которых удавалось и ранее решать серьезные международные проблемы:

- мобилизацию международных и внутригосударственных финансовых ресурсов;
- передачу передовых технологий богатыми странами бедным;
- пропаганду передового опыта среди населения;
- поддержку создания потенциала для развития инфраструктуры и служб в области водоснабжения и санитарии;

- содействие доступу к общественной информации и участию населения в принятии решения на всех уровнях по вопросам, касающимся рационального использования водных ресурсов;
- поощрение принятия правительствами при поддержке международных организаций приоритетных мер в области управления водными ресурсами;
- активизацию мер по предотвращению загрязнения воды с целью уменьшения опасности для здоровья и защиты экосистем, в том числе путем внедрения технологий, обеспечивающих доступную санитарии и очистку промышленных и бытовых сточных вод;
- создание на национальном уровне мониторинговых систем и эффективных правовых рамок;
- принятие профилактических и защитных мер в целях поощрения устойчивого использования воды и борьбы с ее нехваткой.

Государства приняли обязательство к 2005 г. разработать планы комплексного управления водохозяйственной деятельностью и повышения эффективности использования воды, в которых решено предусмотреть:

- 1) разработку и осуществление национальных и региональных стратегий, планов и программ по комплексному использованию пресной воды с целью уменьшения потерь и расширения практики рециркуляции воды;
- 2) использование всего набора инструментов политики, включая регулирование, мониторинг, добровольные меры, рыночные и информационные инструменты, управление землепользованием и механизм возмещения затрат на водохозяйственные службы, при этом цели, связанные с возмещением затрат, не должны становиться препятствием для доступа бедных людей к безопасной воде, и принятие комплексного подхода к использованию водных бассейнов;
- 3) повышение эффективности использования водных ресурсов при соблюдении баланса между сохранением экосистем и бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными потребностями людей;
- 4) разработку программ смягчения последствий чрезвычайных происшествий, связанных с водой;
- 5) содействие передаче развивающимся странам и регионам, сталкивающимся с нехваткой воды или подверженным засухе или опустыниванию, научно-технических методов использования нетрадиционных водных ресурсов и сберегающих технологий;

- 6) поддержку программ рентабельного опреснения морской воды и рециркуляции воды;
- 7) привлечение частного сектора к сотрудничеству для удовлетворения потребностей бедных людей при соблюдении контроля и улучшении отчетности государственных учреждений и частных компаний.

В Африке вечным объектом споров является Нил, водами которого пользуются десять государств — в первую очередь Египет, Эфиопия и Судан. Население Египта к 2025 году должно превысить 100-миллионную отметку.

В Азии разделение русла Ганга между Индией и Бангладеш, а также Инда между Индией и Пакистаном является постоянной причиной напряженности. Тем не менее с 1960 года действует соглашение между Индией и Пакистаном. Индия и Бангладеш в 1996 году заключили соглашение сроком на 30 лет. В Центральной Азии пять государств: Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Туркмения и Узбекистан — находятся в зависимости от двух рек — Амударьи и Сырдарьи. Прежде они впадали в Аральское море, но в сталинские времена их воды были пущены по искусственному руслу в целях орошения огромных плантаций хлопчатника. В Индокитае нарастает напряженность из-за вод Меконга между Китаем, Лаосом, Камбоджей, Вьетнамом и Таиландом. Планы создания водохранилищ и водоотводных каналов в Таиланде могут отразиться на состоянии жизненного пространства 60 миллионов человек. В категорию стран, которые столкнутся с “абсолютным дефицитом воды”, попадут, в частности, Алжир, Бурунди, Израиль, Йемен, Иордания, Кувейт, Ливия, Оман, Саудовская Аравия, Сингапур, Тунис, Объединенные Арабские Эмираты, части Индии и Китая. Необходимо использовать существующие технические, организационные и политические возможности для того, чтобы предотвратить назревающие конфликты и выправить положение без применения силы (Алексеевский, Гладкевич, 2003. С. 120–121).

Государственное регулирование водопользования

Экологические ошибки природопользования, как правило, порождены узкоцелевыми хозяйственными решениями. В нашей стране с главенствующей в течение большей части XX в. плановой централизованной экономикой такие решения хорошо прослеживаются по заданиям пятилетних планов экономического развития страны и масштабным целевым программам. Вначале это были программы ГОЭЛРО и индустриализации страны (I и II пятилетки), затем освоения целинных и залежных земель (V и VI пятилетки), мелиорации сельского хозяйства (1966 г.), развития химической промышленности и химизации сельского хозяйства (первая семилетка) и т.д. Наряду с достижением намеченных экономических целей каждая программа сказалась на состоянии водных ресурсов.

Каждый раз, как только проявлялись негативные экологические последствия грандиозных экономических преобразований, государство пыталось исправить положение соответствующими организационными и законодательными мерами. В 1960 г. наряду с принятием в РСФСР Закона об охране природы Совет Министров СССР выпустил постановление "О мерах по упорядочению и использованию водных ресурсов СССР", в котором на Советы министров союзных республик была возложена ответственность "за плановое использование поверхностных и подземных вод... за охрану их от истощения, засорения и загрязнения промышленными, бытовыми и другими сточными (дренажными, отработанными) водами и сбросами..." (Об охране окружающей..., 1979. С. 108). В 1970 г. были приняты достаточно декларативные "Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик", включавшие 5 разделов и 46 статей, в которых в общей форме определялись права временного и бессрочного водопользования, обязанности пользователей и порядок получения необходимых разрешений. С 1974 г. в Государственном плане экономического развития СССР появился природоохранный раздел, в котором, в частности, были определены задания на строительство очистных сооружений. Но только в 1995 г. был принят Водный кодекс РФ, в котором уже более подробно и содержательно прописывается порядок водопользования.

Сложность и многогранность проблем обуславливают необходимость системного подхода и применения программных методов их решения. К настоящему времени в России Министерством природных ресурсов РФ разработана Концепция совершенствования и развития государственного управления использованием и охраной водных ресурсов и водохозяйственным комплексом РФ. Концепция рассматривается как основа для разработки и реализации долгосрочной Национальной программы "Вода России — XXI век". Она основывается на Конституции Российской Федерации, посланиях Президента Российской Федерации Федеральному Собранию, программных документах Правительства Российской Федерации, Экологической доктрине Российской Федерации, прогнозах социально-экономического развития страны и ее регионов на среднесрочную и долгосрочную перспективу. В концепции учитывается также опыт стран Европейского союза в формировании и реализации согласованной на общеевропейском уровне эффективной государственной водной политики.

Приведенные выше примеры дают представление о том, какую роль играет использование водных ресурсов, с одной стороны, в экономике, а с другой — в эколого-социальном благополучии России. Вода — это одно из наших главных национальных достояний. Стоимость его в ближайшие десятилетия будет неуклонно возрастать. По своим природным особенностям Россия имеет все основания быть надежно обеспеченной пресной водой на длительный исторический период времени при условии, что мы не навредим себе продолжающимся безответственным загрязнением поверхностных и грунтовых вод, истощением природных резервуаров (Алексеевский, Гладкевич, 2003).

Выводы

1. В целом потребление воды в мире составляет лишь незначительную часть водооборота, а в виде льдов и грунтовой влаги содержится еще больше запасов пресной воды.

2. Во многих регионах мира пресной воды всегда не хватало и в ближайшие десятилетия этот местный дефицит водных ресурсов увеличится в связи с ростом населения, ростом его удельного водопотребления и увеличением площади засушливых регионов.

3. Недостаток воды во многих регионах мира до сих пор сопровождается тяжелыми заболеваниями вследствие использования в быту некачественной воды и плохой индивидуальной санитарией населения.

4. Создание каскада водохранилищ помогает запasti воду в течение мокрого сезона для использования затем в засушливый период. Это важный способ рационального использования водных ресурсов, к сожалению не лишенный неблагоприятных экологических последствий зарегулирования стока реки. На дне водохранилищ остаются самые плодородные почвы. Проходные рыбы не могут пройти к верховьям рек на нерест. Ослабление стока при возрастании объема и поверхности водохранилища полностью меняет абиотические условия существования водной флоры и фауны, что приводит к обеднению водных экосистем, а иногда и к сильным губительным заморам.

5. Использование подземных вод в качестве дополнительного источника водоснабжения имеет свой предел, обусловленный скоростью пополнения подземного резервуара.

6. Главными потребителями воды являются сельское хозяйство и промышленность, где до сих пор воду используют слишком расточительно, со значительными потерями.

7. Также и в городах с централизованным водоснабжением расход пресной воды может быть существенно снижен благодаря разумной экономии и использованию ресурсосберегающего сантехнического оборудования.

8. Вместо поиска дополнительных источников дешевой воды необходимо уделять больше внимания способам ее рационального использования, таким, как ликвидация утечек и потерь на испарение, последовательное и повторное использование воды и др.

9. Значительная часть природных водных ресурсов оказывается испорченной загрязненными стоками. Необходимо со всей строгостью относиться ко всем случаям загрязнения воды и добиваться очистки стоков.



ПОТРЕБЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Основные вопросы

-
1. *Хватит ли человечеству в XXI в. минеральных ресурсов?*
 2. *Какие минеральные ресурсы находятся на грани истощения уже в наши дни?*
 3. *Какими способами можно снизить потребление невозобновляемых ресурсов?*
 4. *С какими издержками связана разработка месторождений с бедными рудами?*
 5. *Почему вторичное использование ресурсов все еще недостаточно широко используется?*
-

Хватит ли человечеству минеральных ресурсов?

В современном мире нашли применение в экономике практически все известные элементы. Однако интенсивность их потребления и размеры разведанных месторождений значительно различаются. Поэтому в данной главе остановимся лишь на некоторых наиболее важных и используемых в больших количествах веществах.

Минеральные ресурсы — это все пригодные для употребления вещественные составляющие литосферы, используемые в хозяйстве как минеральное сырье или источники энергии (рудные и нерудные ископаемые, гидротермические источники и др.) (Реймерс, 1990).

Все основные экономически важные минеральные ресурсы можно условно подразделить на 5 групп (Федорчук, 1999):

- 1) строительные материалы;
- 2) топливные ресурсы;
- 3) сельскохозяйственные удобрения;
- 4) руды для черной металлургии;
- 5) руды для цветной металлургии.

К **строительным материалам** относятся песок, гравий, камень, известняк, сырье для производства цемента и др. На их долю вместе с сырьем для производства минеральных удобрений приходится более 90% всех извлекаемых из земли материалов.

К **топливным ресурсам** относятся нефть, природный газ, уголь, торф, горючие сланцы, запасы которых будут проанализированы в гл. 13, специально посвященной энергетической обеспеченности человечества.

В качестве сельскохозяйственных **минеральных удобрений** используют соли фосфора и калия. Азотные удобрения получают в основном из азота, содержащегося в воздухе.

Для нужд **черной металлургии** используют железную руду, марганец, хром.

Цветная металлургия производит алюминий, титан, медь, свинец, цинк, а для легирования (придания определенных свойств металлу)¹ использует молибден и вольфрам. Большое значение имеют также ртуть, серебро, золото, платина, ряд редкоземельных элементов.

Все минеральные ресурсы можно подразделить на невозобновимые и частично возобновимые¹. Так, топливо и минеральные удобрения расходуются безвозвратно, а большинство металлов можно использовать повторно, переплавляя собранный лом.

Для того чтобы ответить на этот вопрос, надо достаточно точно знать, сколько имеется в недрах земли различных источников невозобновимых ресурсов. За последние полвека наши знания в этой области значительно возросли. Усовершенствовались методы геолого-разведочных работ, появились новые геофизические методы дистанционного определения со спутников месторождений полезных ископаемых. В некоторых странах, например в бывшем СССР, были проведены геолого-разведочные работы по всей территории с определенным "шагом" и на основании этих данных получены карты распределения полезных ископаемых на огромных территориях.

По современным данным, мировых ресурсов важнейших металлов может хватить при нынешнем уровне добычи полезных ископаемых на срок от 20 до 200 лет (табл. 12.1).

¹ Возобновимые природные ресурсы — природные ресурсы, скорость восстановления которых сравнима со скоростью их расходования. К возобновляемым природным относятся ресурсы биосферы, гидросферы, земельные ресурсы. Невозобновимые природные ресурсы исчезают в процессе их использования, переходя необратимо в иные формы материи. К частично возобновимым природным ресурсам можно отнести такие, которые люди научились использовать неоднократно, разработав для этого специальные технологии.

Таблица 12.1

Соотношение разведанных резервов некоторых наиболее употребительных руд металлов, их среднегодовая добыча и расчетное потребление по состоянию на 1991 г.
(World Resources, 1995)

Металлы	Разведанные резервы, тыс. т	Добыча руды за год, тыс. т	Расчетная продолжительность добычи, лет
Алюминий	23 000 000	103 625	222
Железо	150 000 000	929 754	161
Медь	310 000	9289	33
Свинец	63 000	3424	18
Никель	47 000	922	51
Олово	8000	179	45
Цинк	140 000	7136	20

Тем не менее прогнозы ученых относительно запасов минерального сырья остаются весьма приблизительными, хотя точность их с каждым десятилетием возрастает.

По мере роста численности народонаселения мира, роста зажиточности богатых стран и скромного, но массового улучшения материального положения бедных народов уровень потребления возрос в десятки раз. При том что численность людей на Земле увеличилась за 100 лет менее чем в 4 раза, совокупный продукт (ВНП), вырабатываемый человечеством, вырос в 17,6 раза (рис. 12.1), а суммарное потребление минерального сырья за 95 лет (с 1900 г.) увеличилось в 29 раз (Марфенин, 2001).

В течение XX в. из недр Земли было извлечено до 85–90% добытых за всю историю человечества угля, черных и цветных металлов (рис. 12.2). Несмотря на то что человечество беспрестанно увеличивает ежегодную добычу полезных ископаемых, угроза их полного исчерпания не является главной проблемой. По мере использования одних месторождений открывают следующие, и соотношение между добычей и резервом главных в экономике ресурсов остается в течение десятилетий достаточно постоянным (рис. 12.3). Однако запасы высококонцентрированного сырья неуклонно снижаются.

На протяжении последних 50 лет неоднократно прогнозировали скорое истощение тех или иных полезных ископаемых. В одном из наиболее основательных прогнозов, составленных в США в 1980 г. по специальному заказу президента США (Global 2000 Report to

трлн долл. США

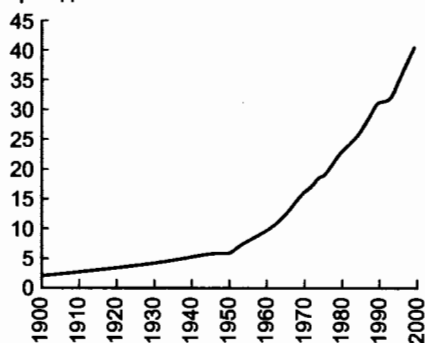


Рис. 12.1. Рост совокупного валового продукта в XX в. (долл. США 1998 г.) (Worldwatch Database, 2000)

млрд т в год

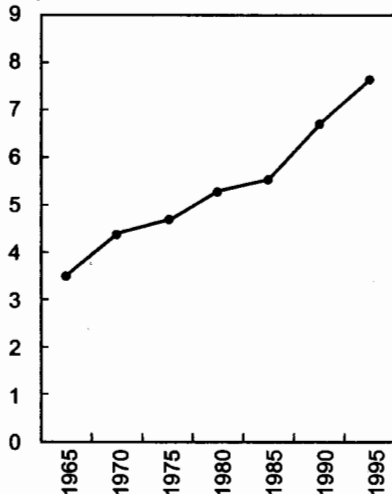


Рис. 12.2. Динамика мировой добычи минерального сырья (Worldwatch Database, 2000)

Отношение запасов
к добыче за год

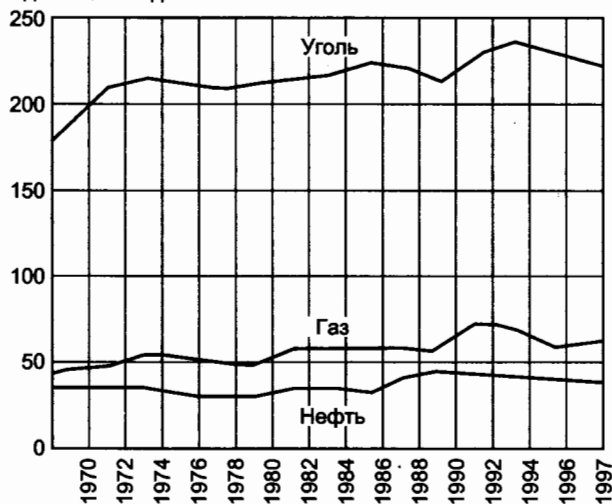


Рис. 12.3. Соотношение между запасом разведанных месторождений горючих ископаемых и их ежегодной добычей в течение 30 лет почти не меняется (Colombo, 1998)

the President. 1981. Vol. 3), были приведены следующие данные относительно имеющихся в мире резервов основных минеральных ресурсов: железной руды должно хватить до 2070–2180 гг., сырья для получения алюминия — до 2060–2110 гг., меди — до 2010–2100 гг., свинца — до 2005–2030 гг., урана — до 1988–1994 гг.

По мере увеличения добычи нефти и газа оказалось, что разведанных к этому времени резервов становилось больше, а не меньше. К настоящему времени разведка новых месторождений успевает за использованием старых, правда открываемые месторождения чаще всего расположены в менее удобных для добычи и переработки местах, например на шельфе Мирового океана и в отдаленных приполярных регионах. Однако цены на полезные ископаемые на мировом рынке снижаются (рис. 12.4).

Дело не столько в непосредственном дефиците или даже исчерпании какого-либо ресурса, а в экономических и экологических последствиях дальнейшего наращивания ежегодной добычи полезных ископаемых. Показателен пример США в отношении добычи

медной руды. С годами содержание меди в руде снижается, следовательно, количество добываемой руды, необходимое для получения того же конечного продукта, должно возрастать.

За послевоенные годы в нашей стране "...качество разведанных и осваиваемых запасов имело тенденцию неуклонного ухудшения. Так, содержание железа в сырой руде снизилось с 50% в 1950 г. до 33% в 1989 г.

К 1991 г. доли руд черных и цветных металлов, добытых открытым спо-

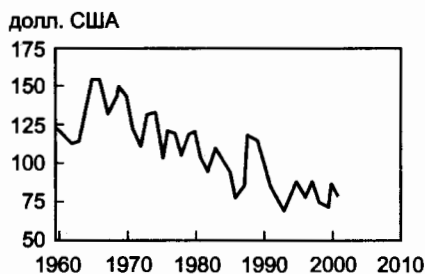


Рис. 12.4. Изменение цен на полезные ископаемые на мировом рынке (долл. США 1990 г.) (Сампат, 2003)

собом, составили 86 и 35% соответственно, росла концентрация горнорудного производства. Средняя глубина железорудных карьеров достигла 200 м, третья часть карьеров имела глубину 300 м.

Интенсивно увеличивались отходы горного производства. В горнодобывающих регионах страны фактически сформировался новый тип минеральных образований из отходов горного производства — техногенных месторождений, масштабы которых возрастали” (Состояние окружающей среды и природоохранная деятельность на территории бывшего СССР — от Стокгольма к Рио. М., 1994. Т. 1. С. 45–46).

Промышленная переработка отходов горнопромышленного производства позволяет получать из них дешевый строительный материал. Так, завод “Азовсталь” стал изготавливать из таких отходов ежегодно 1 млн т гранулированного шлака, 950 тыс. т шлаковой пемзы, 320 тыс. т шлаковаты и более 1 млн т литого щебня.

Таблица 12.2

Доля России в мировых разведанных запасах полезных ископаемых
(Аносов, 1997)

Ресурс	Доля России в разведанных запасах, %	Место в мире	Ресурс	Доля России в разведанных запасах, %	Место в мире
Нефть	13	2	Никель	21	1
Газ	35	1	Золото	7	5
Уголь	12	3	Платина	35	2
Уран	5,6	7	Алмазы	21	3
Медь	10	3			

Таблица 12.3

Обеспеченность текущей добычи в России разведанными запасами основных видов полезных ископаемых в сравнении со странами, обладающими самыми большими месторождениями
(данные Комитета РФ по геологии и использованию недр)

Полезные ископаемые	Россия	Зарубежные страны	
		страна	обеспеченность
Нефть	35	Саудовская Аравия	108
Уголь	180	Китай	252
Железные руды	42	Бразилия	102
Медь	40	США	42
Фосфаты	52	Бразилия	100
Калийные соли	112	Канада	440

Россия считается одной из наиболее богатых минеральными ресурсами стран (табл. 12.2, 12.3). Здесь сосредоточено 64% всех мировых запасов апатитов, 27 — железных руд, почти треть запасов никеля, 16 — цинка, 12 — свинца, 10% меди. Также значительны запасы золота, платины, алмазов, редких металлов (Государственный доклад, 1998). Однако это вовсе не означает, что население нашей страны не будет испытывать недостаток минеральных ресурсов. Последние десятилетия в России активно добывают и продают на мировом рынке полезные ископаемые. За рубеж продается 80–85% добываемого никеля и меди, 70–75% минеральных удобрений. Большая часть лучших месторождений уже выработана, а новые месторождения обычно находятся в

труднодоступных регионах с тяжелым арктическим климатом. Кроме того, многие месторождения содержат небогатую руду (Федорчук, 1999).

Что происходит при использовании бедного сырья?

По мере того как наиболее рентабельные месторождения будут разработаны, людям придется добывать минеральное сырье из все более бедных руд. Это неизбежно приведет к 1) удорожанию добычи и очистки минерального сырья; 2) увеличению объемов добываемой породы, объемов ее транспортировки и последующего складирования пустой породы; 3) возрастанию риска загрязнения окружающей среды в процессе добычи, транспортировки, обогащения руды и ее переработки; 4) увеличению энергозатрат на единицу конечного продукта.

Удорожание добычи и переработки минерального сырья, безусловно, происходит по мере истощения основных месторождений, но проиллюстрировать его на сводных данных трудно, так как при свободной конкуренции на мировом рынке низкорентабельные поставщики будут вытеснены другими, которые обеспечат рентабельность за счет экономии на оплате труда и других приемах, вроде освобождения от уплаты налогов. Поэтому география добычи полезных ископаемых постепенно меняется. Часто бывает более выгодным привести руду “из-за моря”, чем добывать ее у себя в стране. Чтобы удержать инвесторов на своей территории, обеспечив за этот счет увеличение занятости населения и контроль над добычей стратегически важных полезных ископаемых, многие страны освобождают горнодобывающие компании от налогов, способствуя занижению реальной себестоимости добычи минерального сырья. Даже ведущие страны мира оказались исторически втянутыми в это соревнование по привлечению на свою территорию горнодобывающей промышленности. Правительства этих стран стараются не обращать внимания на то, что ущерб окружающей среде от варварских разработок месторождений в конце концов будет компенсирован за счет налогоплательщиков, а не тех, кто получил прибыль с добычи и природных ресурсов.

В традиционных горнодобывающих странах в XIX в. было принято несколько законов, чтобы расширить границы колониального контроля. В США, например, в 1872 г. Закон о добыче ископаемых давал горнякам право вести разведку и добывать полезные ископаемые за 12 долларов с гектара общественных земель — без платы за полезные ископаемые. Этот закон дал возможность получать сверхприбыли за добычу полезных ископаемых. За период 1993–2001 гг. горнодобывающие

компаниям получили 11 млрд долларов от добычи золота, серебра и других минералов на федеральных землях, уплатив всего лишь 1% от прибыли в качестве отчислений, поэтому бывший министр внутренних дел Брюс Баббит окрестил этот закон "лицензией на воровство".

До 1991 г. в Австралии не взимался федеральный налог на прибыль золотых приисков. Даже сейчас добывающие компании платят правительствам штатов низкую плату за право разработки недр — от 1 до 5%. В Южной Африке до национализации в 2002 г. большинство шахт были частными и не платили плату за разработку недр или налог на прибыль.

В последние годы некоторые страны пытались подражать этим устаревшим законам. Начиная с 1990 г. более ста стран — практически все развивающиеся — переписали свои законы, а в некоторых случаях даже внесли поправки в конституции, чтобы привлечь иностранные инвестиции в горное дело. Такие страны, как Эквадор, Аргентина и Танзания, предлагают быстрое оформление соглашений, разрешают 100%-ю иностранную собственность в добывающем секторе, не берут налоги за импорт оборудования, разрешают компаниям вывозить всю прибыль за рубеж. В некоторых же случаях, как на Папуа-Новой Гвинее, освобождают компании от исков о возмещении ущерба.

Последняя подкачка общественных денег поступает после закрытия рудников, когда правительство и налогоплательщики оказываются перед лицом оставленной финансовой неразберихи. Американские налогоплательщики несут бремя расходов по рекультивации местности после того, как компании обанкротились или просто вышли из неприбыльных проектов. На территории США полная очистка от токсичных отходов полумиллиона заброшенных рудников может стоить от 32 до 72 млрд долл. И конечно, большая часть этих расходов ляжет на плечи налогоплательщиков. Так канадская горнодобывающая компания "Галактик Ресорсез" (Galactic Resources, Inc.) фактически переложила на американских налогоплательщиков расходы на оплату счета в размере 200 млн долларов, когда в 1992 г. объявила себя банкротом и покинула золотой прииск Саммитвилль в штате Колорадо. Рудник, занимающий территорию в 3300 га, сбрасывал цианид в реку Аламосу с первой недели начала его разработки и умертвил 25 км реки к тому времени, когда он был закрыт. К моменту ухода "Галактики" из региона она добыла металла на 130 млн долларов, заплатив за разрешение на разработку недр 7000 долларов (Сампал, 2003. С. 178–179).

Мощные горнодобывающие транснациональные корпорации за счет лоббирования выгодных им законов, а нередко и подкупа депутатов добились для себя исключительно выгодных условий, которые позволили конкурировать им на мировом рынке, не повышая цен на сырье. В результате вместо ожидаемого во второй половине XX в. роста стоимости минеральных ресурсов происходит постепенное снижение цен.

Добыча и переработка полезных ископаемых связана с перемещением огромных масс породы и загрязнением окружающей среды. К нашему времени *выемка породы* для различных нужд (включая строительные) достигла во всем мире таких размеров, что ее можно образно представить в виде снятия ежегодно десятиметрового слоя земли с поверхности большой европейской страны, такой, как Италия.

В России к концу XX в. площадь нарушенных при добыче полезных ископаемых земель составила 640 тыс. га. При добыче полезных ископаемых открытым способом образуются *гигантские карьеры*. Отработанная порода громоздится искусственными горами, которые производят сильное впечатление на ровной местности, например в Донбассе. В России средняя глубина железорудных карьеров к концу XX в. достигла 200 м, а количество учтенных отходов горной промышленности превышает 36 млрд т, которые размещены на площади 240 тыс. га. В большинстве случаев эти земли расположены в обжитых районах и поэтому могли бы представлять большую ценность при использовании по прямому назначению (Состояние окружающей среды..., 1994; Государственный доклад, 1998). Эти гигантские “язвы” на поверхности планеты и рукотворные горы — одно из ярких свидетельств возросшей мощи человечества, уже способного менять облик планеты. Если предположить, что в течение XXI в. население удвоится, а потребление увеличится в 4–10 раз, то сама по себе добыча полезных ископаемых станет настоящим бедствием, превращающим поверхность Земли в “лунный ландшафт”.

В связи с истощением рентабельных месторождений олова, серы, ряда редкоземельных металлов внимание разработчиков привлекают проекты добычи минерального сырья со дна Мирового океана. Например, олова на дне содержится не меньше, чем на суше. Ориентировочная потребность олова за период с 1966 по 2000 г. в мире составила 9,2 млн т, а все запасы на суше 11,4 млн т. Залежи касситерита (оловянного камня) на шельфе имеются в прибрежных песках вблизи Индонезии, Таиланда, Малайзии, Аляски, Англии, Нигерии. В 1999 г. морская разработка месторождений олова уже составила 4% от общемировой добычи. Олово в основном добывают в Юго-Восточной Азии. В Индонезии добыча проводится на глубине 30–50 м. Таиланд почти 90% добываемого олова получает с морского дна.

Уже сейчас разрабатываются рентабельные подводные месторождения серы. Так, в США у берегов Луизианы добывают серу из соляных куполов, погребенных под морскими осадками. Эта добыча в конце XX в. составляла 1/5 общего объема производства серы в США. Редкие руды, такие, как ильменит, рутил, титаномагнетит, циркон, монацит, получают из прибрежных россыпей в Австралии, которая обеспечивает 97% мировой добычи рутила и 87% циркона (Фитуни, 2001).

Обнаружены значительные скопления марганцевых руд в виде отдельных конкреций на поверхности дна на глубине от 2 до 4 км

в Тихом и Индийском океанах. Кроме того, привлекает возможность добычи со дна моря металлосодержащего ила, фосфоритовых конкреций и отложений сульфидов. С середины 60-х годов XX в. американская компания "Deep Sea Ventures Inc." приступила к изучению рентабельных способов добычи конкреций в Тихом океане и их очистки, а с 1977 г. начала экспериментальные работы по добыче.

На VI сессии III конференции ООН по морскому праву в 1977 г. был разработан документ, предоставляющий право государствам под контролем международного органа надзора самостоятельно разрабатывать морское дно и добывать минеральные ресурсы. Были определены места потенциальных разработок подводных месторождений. Это участок в экваториальной части Тихого океана от 155 до 115° з.д. юго-восточнее Гавайских островов, который в 1982 г. был разделен между странами, первыми принявшими участие в исследованиях (США, Германия, Франция, Великобритания, Япония, СССР, Польша, Болгария, Чехословакия, Индия, Китай, Южная Корея). Второй участок вблизи Перу южнее Галапагосских островов принадлежит Германии. И еще один участок намечен в Индийском океане, разрабатывать который собирается Индия (Батулин, 2002).

При добыче металлического сырья из металлосодержащего ила для сохранения рентабельности разработки месторождения надо ежедневно перерабатывать примерно 100 тыс. т осадков, что составляет грузовой поезд длиной 40 км, причем 98% составляют отходы, которые должны поступить обратно в море. Планируемое включение Мирового океана в зону добычи минерального сырья грозит масштабными неблагоприятными последствиями, так как трудно пока что точно предсказать, насколько изменятся параметры взаимодействия вод Мирового океана с атмосферой вследствие локальной трансформации температурного режима и замутнения воды. Естественно, что популяции глубоководных морских животных могут сократиться из-за катастрофического уничтожения их биотопа, который отличается самой высокой стабильностью параметров среди всех экосистем мира.

В Тихом океане есть острова (Науру, Банаба, Матаива), которые были в течение XX в. полностью разрушены в процессе добычи и экспорта богатых фосфором месторождений. Владевшие островом Науру Германия, а затем Великобритания и Австралия, выплатили населению некоторую компенсацию за истребление земли, на которой они обитали. Жители о. Банаба сами приобрели взамен своего острова другой и переселились на него. В течение истории человечества на всех континентах люди поступали точно так же, как и население этих маленьких островов. Они добывали и продавали любые ценные дары природы, а когда источник

наживы исчезал, перемещались на другое место (*C. Harris. Plunder islands // New Internationalist Magazine. 1997. N 291*).

При переработке и обогащении минерального сырья удается извлечь далеко не все необходимые вещества. К тому же в руде содержится множество сопутствующих веществ, не имеющих коммерческой ценности. Поэтому отвалы представляют собой мощный источник загрязнения окружающей среды подчас весьма токсичными соединениями. К 1998 г. в России в отвалах оказалось сконцентрировано свыше 1,1 млрд т токсичных веществ. Годовой объем образующихся при добыче и переработке руды токсичных веществ к началу XXI в. составлял в России около 80 млн т (Государственный доклад, 1998).

Особым источником опасного загрязнения окружающей среды стали методы химического извлечения ценных рассеянных металлов, например выщелачивание золота с помощью разбрызгивания и промывания растолченной руды цианидом. Остающийся в “хвостах” цианид представляет опасность для всего живого. Для предотвращения гибели окружающей природы отработанное сырье необходимо хранить в специально оборудованных “хвостохранилищах”. Примеры других неблагоприятных экологических последствий горнодобывающей деятельности приведены в табл. 12.4.

Все вместе — и прямое уничтожение естественных экосистем при открытой разработке полезных ископаемых, и обширное за-

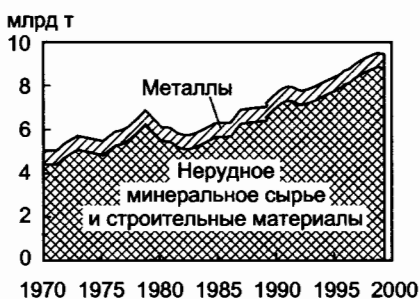


Рис. 12.5. Добыча нетопливных полезных ископаемых и металлов (Сампат, 2003)

грязнение огромных территорий и акваторий — оказывается третьим по значению после сельского хозяйства и урбанизации фактором антропогенной деградации природных сообществ.

Важнее, чем определение времени до начала глобального кризиса минерально-сырьевых ресурсов, оценка масштаба антропогенного воздействия в области перемещения твердых веществ и потребления энергии в

сравнении с природными процессами. Чем ближе человечество приближается в этом отношении к уровню биосферных процессов, тем выше риск нарушения природного равновесия.

Добыча полезных ископаемых нарастает с каждым годом (см. рис. 12.5). К началу XXI в. во всем мире из-под земли извлекали в год уже почти 10 млрд т породы. Для сравнения — всеми реками

Таблица 12.4

Примеры экологических потерь в результате горнодобывающей деятельности
(Сампат, 2003)

Результат	Пример	Детали
Сокращение биоразнообразия	Заповедник Окапи и Национальный парк Кахузи Биега, Демократическая Республика Конго	Добыча колтана (ниобий-танталовых руд), который используется для производства сотовых телефонов и другой электроники, явилась причиной уменьшения на 80–90% популяции восточных долинных горилл в заповеднике. Осталось лишь 3000 особей
Загрязнение воды	Ок Теди, Папуа–Новая Гвинея	В среднем 200 тыс. т пустых и скальных пород сбрасывается ежедневно (!) в р. Ок Теди, которая впадает в р. Флай. Это вызвало заиливание рек в 4–5 раз выше нормы, затопление прибрежных деревень и погубило растения в бассейне рек на площади 2000 км ²
Загрязнение воздуха	Норильский горно-металлургический комбинат, Россия	В стране комбинат является главным источником диоксида серы и других загрязнителей воздуха, которые, по оценкам, уничтожили 3500 км ² лесов и нанесли вред здоровью местных жителей
Водопотребление	Золотые прииски в Северо-Восточной Неваде	За период с 1986 по 2000 г. рудники в пустыне Невады выкачали более 2,2 трлн л грунтовых вод — столько же воды ежегодно используют жители Нью-Йорка

ежегодно выносятся в Мировой океан более 20,3 млрд т взвешенных в воде веществ, из которых 15,3 млрд т — собственно взвешенные частицы, 4 млрд т — растворенные в воде вещества и 1 млрд т — крупнозернистый подстилающий материал. Следовательно, хозяйственная деятельность человечества только в одной области добычи стройматериалов и руды оказывается на одном уровне с таким масштабным естественным процессом, как вынос

твердых веществ речным стоком. В то же время поступление веществ из недр Земли в результате вулканической активности и просачивания из мантии оцениваются в 10 млн т в год, что на три порядка меньше, чем извлекаемая людьми порода (Марфенин, 2001).

Извлечение необходимых веществ из бедной руды требует значительных энергетических затрат. Если с ними не считаться, то добывать любые элементы можно из любого сырья, даже золото — из морской воды. Следовательно, стоимость энергетических ресурсов и их достаточность оказываются определяющими при анализе возможностей обеспечения человечества минеральными ресурсами. Поскольку потребление энергии само ограничено как запасами горючих ископаемых, так и возможными неблагоприятными климатическими последствиями, которые могут наступить при слишком большом поступлении тепла (конечной формы любых видов энергии) в окружающую среду, постольку добыча минерального сырья по-прежнему ориентируется на традиционные способы поиска месторождений и их разработку.

Чтобы избежать удорожания сырья, неблагоприятного масштабного воздействия на литосферу, рельеф местности и природные экосистемы, чтобы не увеличивать загрязнения окружающей среды и перерасхода энергии, необходимо полнее использовать минеральные ресурсы и сосредоточить внимание на снижении потребления металлов и их вторичном использовании там, где это возможно.

Рециклинг — вторичное использование ресурсов

Экономия ресурсов и по возможности их вторичное использование становятся одной из важнейших стратегий будущего развития человечества. Важно понимать, что экономия ресурсов не только отдаляет наступление ресурсного кризиса, но и является частью программы противостояния человечества изменению климата, так как способствует снижению энергетических затрат и связанного с ним парникового эффекта (см. гл. 14).

При достаточном развитии передовых технологий и условии повышения цен на минеральное сырье ресурсосбережение оказывается значительно рентабельнее, чем производство по устаревшим технологиям. Вторичное использование металлолома, стекла и бумаги позволяет не только снизить энергозатраты, но и уменьшить загрязнение воды и воздуха в процессе производства.

Вторичное использование **алюминиевого лома** позволяет уменьшить объем загрязняющих воздух веществ в 20 раз, а воды в 30 раз по сравнению с получением алюминия из бокситных руд. Экономия электроэнергии при этом достигает 95%.

При вторичном использовании **железного лома** для производства единицы конечного продукта требуется на 65% меньше энергии, на 40% меньше воды, загрязнение воздуха снижается на 85%, воды — на 76%.

Ежедневно человечество отправляет на свалки те материалы, которые одновременно добывает из-под земли. Подсчитано, что в США только за счет утилизации алюминиевых банок из-под пива и других напитков (около 7 млн т за 1990–2000 гг.) можно было бы построить 316 тыс. самолетов “Боинг-737”, что почти в 25 раз превышает весь мировой воздушный коммерческий флот (Сампат, 2003). К настоящему времени на свалках США скопилось примерно 40 млн т меди при том, что неразработанных резервов меди на территории США осталось лишь 90 млн т.

Однако до сих пор вторичное использование ресурсов, или рециклинг, осуществляется не в полной мере. Это связано с высокой стоимостью сбора, сортировки и транспортировки вторичного сырья.

В табл. 12.5 приведены данные по вторично используемой бумаге (макулатуре) в разных странах.

Задание

Попробуйте объяснить, почему в некоторых странах эта доля очень низка.

Таблица 12.5

Доля вторично переработанной и вторично потребляемой бумаги (макулатуры) в лидирующих по производству бумаги странах в 1995 г.

(Worldwatch Database, 2000)

	Доля вторично переработанной бумаги, %	Доля в потребляемой бумаге, %		Доля вторично переработанной бумаги, %	Доля в потребляемой бумаге, %
Мир в целом	41,4	41,4	Финляндия	31,7	4,8
США	45,0	37,5	Швеция	58,1	15,6
Япония	51,5	52,9	Франция	38,4	48,3
Китай	31,1	38,1	Южная Корея	55,7	71,9
Канада	40,0	21,9	Италия	29,1	49,7
Германия	66,5	58,0			

Для того чтобы заинтересовать производителей стали, алюминия, бумаги и стеклотары полнее использовать вторичное сырье, государства вводят дотации в форме оплаты сдачи населением лома и макулатуры или же принимают дополнительный налог на первичное сырье, повышая его стоимость. В тех городах, где много бездомных и нищих даже незначительной залоговой стоимости оказывается достаточно для обеспечения полного сбора стеклотары и алюминиевых банок. В богатых европейских странах специально повысили залоговую стоимость стеклотары для того, чтобы население сдавало бутылки и банки на переплавку. В нашей стране раньше школьники вносили большой вклад в сбор макулатуры и металлолома. После распада СССР этот положительный опыт был на время утерян, но в последние годы дети снова стали помогать своим городам достичь высокой рентабельности в переработке вторичных отходов.

Пример небольшого городка Ганновер по внедрению системы сортировки мусора и вторичной переработки бытовых отходов.

Городок Ганновер находится в шт. Нью-Хемпшир на севере США. В нем постоянно проживает всего 11 тыс. человек и 7 тыс. студентов одного из старейших университетов США — Дартмутского колледжа.

В 1989 г. небольшая группа студентов под руководством преподавателя решила увлечь жителей городка идеей сортировки отходов и их вторичной переработки. Они изготовили простенькие листовки и распространили их по всем домам, а кроме того, убеждали соседей принять участие в эксперименте. На окраине городка они соорудили небольшой сарай с несколькими секциями. В трех секциях складывали битое стекло (отдельно белое, зеленое и желтое), а в одной секции — макулатуру, которую предварительно сортировали на газетную, белую и мелованную. Жители привозили сюда собранные отходы, которые затем отправляли на переработку.

Кроме того, заручившись поддержкой руководства университета, на его территории установили специальные урны для сбора пустых алюминиевых банок из под напитков. На центральной площади университетского городка соорудили проволочный каркас высотой в несколько метров, куда свозили собранные банки, чтобы было видно, как продвигается эта затея. Успехи были наглядными, но скромными и, скорее, напоминали игру.

Через два года стало видно, что энтузиасты вторичной переработки отходов добились прогресса. Раз в неделю перед жилыми домами хозяйки выставляли в трех разноцветных пластмассовых ящиках собранные твердые отходы: стеклянную тару, алюминиевые банки, пластмассовые банки и бутылки. Затем эти отходы собирали и отвозили на переработку на ближайшие фабрики.

Еще через два года уже весь городок стал аккуратно сортировать отходы. Предприятие стало рентабельным, и фирма по сбору и утилизации вторичных отходов уже не нуждалась в общественной поддержке, а могла ответственно и непрерывно выполнять свое дело.

Почему и нам не последовать этому примеру?

Задания

1. *Сформулируйте ваши предложения, как увеличить в России долю использования вторсырья и стимулировать развитие ресурсосберегающих технологий.*
2. *Узнайте адреса всех пунктов приема вторсырья в вашем городе. Посетите их выборочно и выясните расценки, обычные среднемесячные объемы приема от населения макулатуры и других видов вторсырья.*

В последние 20 лет удалось переломить традиционное пренебрежение к вторичному использованию минеральных ресурсов. Одними из первых Нидерланды стали перерабатывать 86% массы сданных в утиль автомашин. Предвидя важные перемены на рынке товаров, самые прозорливые и мощные фирмы объявили о производстве таких технических изделий, которые можно легко разобрать на части и вторично использовать или пустить на переплавку. Европейский союз уже провозгласил директиву “машины на слом”, которая требует от производителей обеспечить утилизацию старой техники. В 2000 г. Европейская комиссия приняла решение по отходам электроники, 90% которой оказывалось на свалках. Теперь фирмы-производители обязаны принимать отработанные телевизоры, компьютеры, радиоприемники для централизованной утилизации.

Усиление роли вторичного использования сырья приводит к уменьшению числа рабочих мест в горнодобывающем секторе экономики. Если это происходит стихийно, то приводит к всплеску безработицы и социальным волнениям. Однако при плановом сокращении рабочих мест шахтеры и их семьи могут только выиграть, если им предоставляется реальная возможность получить не менее престижную и высокооплачиваемую профессию после прохождения бесплатной переподготовки.

Завершая раздел о минеральных ресурсах человечества, рассмотрим место горнодобывающей промышленности в мировой экономике (табл. 12.6). Эта отрасль дает 0,9% валовой мировой продукции, но потребляет 7–10% всей вырабатываемой в мире энергии. Более трети ущерба лесным ресурсам наносится из-за добычи на этих территориях полезных ископаемых. В некоторых странах именно добывающая и перерабатывающая отрасли оказываются главными загрязнителями окружающей среды (Сампат, 2003).

Добытая полезные ископаемые для удовлетворения нужд населения, горнодобывающая промышленность сама является крупнейшим потребителем минеральных ресурсов. Необходимо огромное

Таблица 12.6

Горнодобывающая промышленность в глобальной экономике на конец 1990-х годов
(Сампат, 2003)

Глобальный показатель	Доля горнодобывающей промышленности, %	Объем, значение
Валовая мировая продукция	0,9	361 млрд долл.
Занятость	0,5	13 млн рабочих
Потребление энергии	7–10	4,900–6,600 млрд кВт · ч
Выбросы двуокиси серы	13	142 млн т
Нанесенный ущерб лесам	39	5,3 млн км ²

количество металла при изготовлении труб для нефте- и газопроводов, железнодорожных рельсов на путях, специально подведенных к местам горных разработок, всевозможной техники (вагонов, тепловозов, грузовиков, экскаваторов и др.). Увеличение производства этой продукции приводит к наращиванию перерабатывающей промышленности: дополнительно строят металлургические комбинаты, электростанции, линии электропередач. На всех этапах добычи и производства возникают дополнительные затраты энергии. Для разведки новых месторождений необходимо направлять сотни хорошо снаряженных экспедиций с техникой, готовить специалистов, содержать специальный штат. Все это также требует энергетических затрат и др. Если произвести соответствующие расчеты, то оказывается, что *из всей полученной энергии примерно половина уходит на обеспечение всех составляющих ее получения, транспортировки и переработки* (Одум, Одум, 1978; Алексеев, 2002). Показатель затрат ресурсов в экономике называется **ресурсоемкостью**. Ресурсоемкость горнодобывающей промышленности зависит от ряда обстоятельств, в том числе от удаленности месторождений, условий их разработки, концентрации веществ в руде. Добыча минерального сырья в арктических условиях может не только не приносить реальной выгоды, но и быть убыточной в плане ресурсоемкости.

В определенном смысле получается, что горнодобывающая промышленность существует не в последнюю очередь ради удовлетворения собственных потребностей — добывать руду, чтобы выплавлять металл и строить из него шагающие экскаваторы для дальнейшей добычи руды. Конечно, человечество не может обойтись без этого, однако надо осознанно сделать выбор между 1) даль-

нейшим расширением добычи полезных ископаемых или 2) снижением ресурсоемкости во всех секторах экономики.

В начале XX в. башенные краны в США делали из сплошных металлических панелей, в то время как в Германии уже перешли к ажурным конструкциям, не уступающим по прочности сплошным. Причина была в различной стоимости металла в Новом и Старом Свете. Снижение ресурсоемкости прямо зависит от политики цен на мировом рынке.

Выводы

1. Уже в наше время для обеспечения возрастающих потребностей человечества изымаются столь значительные объемы различных природных ресурсов, что в ближайшие десятилетия можно ощутить их серьезный недостаток, если не научиться эффективнее обходиться меньшими количествами.

2. При истощении лучших месторождений руд, горючих ископаемых и других невозобновимых ресурсов человечеству придется разрабатывать бедные месторождения, проводить добычу сырья в отдаленных районах, часто с неблагоприятными климатическими условиями, что приведет к возрастанию финансовых и энергетических затрат, а также возрастанию риска загрязнения окружающей среды в процессе обогащения первичного сырья.

3. Уже сейчас надо разрабатывать ресурсосберегающие технологии, создавать условия для повышения их рентабельности (в том числе за счет прямого или косвенного увеличения стоимости первичных ресурсов).

4. Устойчивое использование невозобновимых ресурсов подразумевает, во-первых, своевременную экономию их потребления, во-вторых, заблаговременные инвестиции в разработку более совершенных технологий, в том числе для замены исчезающих ресурсов другими.

5. Не менее важно наладить полное вторичное использование металлолома, стекла, пластика, бумаги и других отходов, которые можно повторно использовать вместо добычи первичного сырья.



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОГРЕССА: ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Основные вопросы

1. Какова роль в современном мире различных способов получения электроэнергии?
2. Много ли еще на Земле нефти, газа, угля, необходимых для получения электроэнергии на тепловых электростанциях (ТЭС)?
3. Почему в 1970-е годы в мире разразился нефтяной кризис?
4. Как сказался на благосостоянии населения Северной Америки, Европы и Японии нефтяной кризис?
5. Какими способами удалось в сжатые сроки добиться значительной экономии в энергетических тратах?
6. За счет чего снижаются затраты энергии в “солнечном доме”?
7. Как нефтяной кризис был преодолен?
8. Какие уроки извлекло человечество из нефтяного кризиса 1970-х годов?
9. В чем состоит основная экологическая опасность нарастания потребления энергии человечеством?

Энергетические ресурсы

Из предыдущей главы можно было убедиться, что дефицит минерально-сырьевых ресурсов — понятие относительное: при увеличении энергозатрат возможно покрыть дефицит за счет разработки более бедных месторождений с низкой концентрацией искоемых веществ. Значит, проблема достаточности минеральных ресурсов переходит в иную плоскость: *хватит ли человечеству энергетических ресурсов?*

В течение XIX и XX вв. энергетические потребности человечества возрастали быстрее его численности. Так, с 1900 по 2000 г., по данным Международного института прикладного системного анализа, суммарное потребление всех видов энергоресурсов (в переводе на нефтяной эквивалент) в течение XX в. увеличилось в

мире в 10 раз, т.е. почти в три раза быстрее, чем прирост народонаселения. Если в XVIII в. основным источником энергии во всех странах были дрова, то в течение XIX в. на первое место в индустриально развитых странах вышел уголь, а в XX в. — нефть и природный газ. И хотя к настоящему времени немало электроэнергии получают на гидроэлектростанциях (ГЭС) и атомных электростанциях (АЭС), все равно основными источниками энергии остаются горючие ископаемые: уголь, нефть, газ. Тепловые электростанции (ТЭС) дают 3/4 всей электроэнергии (табл. 13.1).

Разведанных запасов горючих ископаемых должно хватить по меньшей мере на несколько столетий. Больше всего обнаружено запасов угля — примерно на 160–200 лет при условии сохранения уровня потребления, соответствующего 1980 г. (табл. 13.2).

Таблица 13.1

Роль различных источников в общемировом производстве электроэнергии (1997 г.)

(Worldwatch Database, 2000;
State of the World, 1999)

Вид топлива	Расход за год, млн т нефтяного эквивалента	Доля, %
Уголь	2122	22
Нефть	2940	30
Газ	2173	23
Атомная энергия	579	6
ГЭС, дрова и другие возобновимые источники	1833	19
<i>Всего</i>	9647	100

Таблица 13.2

Резервы, ресурсы, мировое потребление и оценка продолжительности использования различных энергоносителей

(Окружающая среда, 1993)

Энергоноситель	Резервы, млрд т условного топлива	Ресурсы, млрд т условного топлива	Мировое потребление, млрд т резервов в 1980 г.	Расчетная продолжительность использования условного топлива, лет
Уголь	700	10 000	1,5	160–620
Нефть	150	1400	3,7	25–90
Газ	100	400	1,6	40–130
Уран (реакторы на легкой воде)	70	400	0,2	30–80

Примечание. Природные ресурсы — совокупность компонентов неживой и живой природы, которые используются или могут быть использованы для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества.

Природные резервы — разведанные запасы сырья, добыча которых в настоящее время представляется рентабельной.

На втором месте находятся разведанные запасы природного газа, которых может хватить на 40–130 лет. Запасов нефти и урана еще меньше. Приведенные данные с каждым годом корректируются, так как открываются новые месторождения, например, нефти и газа на шельфе Мирового океана или в других местах. Добыча углеводородного топлива, особенно нефти и газа, оснащена технически и требует мало рабочей силы, благодаря чему себестоимость ее к началу 1970-х годов упала до баснословно низкого уровня — на Ближнем Востоке до 2 долл. за баррель, т.е. почти 1 цент за 1 л сырой нефти. В те годы бензин на автозаправочных станциях стоил, как минеральная вода. Следовательно, во второй половине XX в. у человечества не было ограничений по энергетическим ресурсам.

Месторождения угля, нефти и газа распределены весьма неравномерно, так что ряд стран должны покрывать свои энергетические потребности в основном за счет их импорта. Например, во Франции уже фактически нет собственных источников углеводородного сырья. США большую часть нефти должны импортировать. Также зависят от поставок топлива Япония и многие другие страны. В то же время богатейшие месторождения нефти расположены в арабских странах Персидского залива и в Мексике; каменного угля — в Китае; природного газа — в России (табл. 13.3).

Хотя приведенные оценки резервов нефти постоянно корректируются, общая картина соотношения стран по богатству нефтяных резервов и продолжительности их рентабельной добычи оста-

Таблица 13.3

Расположение основных месторождений нефти

(Мир 80-х годов, 1989)

Страна	Резервы, млрд баррелей	Продолжительность добычи, лет	Страна	Резервы, млрд баррелей	Продолжительность добычи, лет
Саудовская Аравия	169	99	Иран	48	61
Кувейт	90	250	Ирак	44	104
СССР	63	14	США	34	9
Мексика	48	45	Объединенные Арабские Эмираты	32	73

ется прежней. Россия, имея не самые большие запасы нефти, в настоящее время осуществляет наиболее интенсивную их добычу.

“Если бы развивающиеся страны сумели добиться роста потребления минеральных ресурсов до уровня Соединенных Штатов, то разведанные запасы нефти истощились бы через 7 лет, природного газа — через 5 лет, угля — через 18 лет. Если учесть еще и потенциальные запасы, до которых пока не добрались геологи, то природного газа должно хватить на 72 года, нефти в обычных скважинах — на 60 лет, а в сланцах и песках, откуда ее чрезвычайно трудно и дорого выкачивать, — на 660 лет. Угля — на 350 лет.

Предположим, что на нужды энергии можно использовать, как нефть, всю массу нашей планеты. Если скорость увеличения потребления энергии останется такой же, как сегодня, это “горючее” будет сожжено целиком всего за 342 года.

При современных темпах развития техники производство энергии на Земле через 240 лет превысит количество солнечной энергии, падающей на нашу планету, через 800 лет — всю энергию, выделяемую Солнцем, а через 1300 лет превзойдет полное излучение всей нашей Галактики” (<http://www.nestor.minsk.by/sn/sn03/27/sn32709.htm>).

Зависимые от импорта энергоносителей страны вынуждены уже сейчас уделять много внимания разработке и внедрению энергосберегающих технологий, замене традиционных источников энергии на любые другие, не требующие покупки нефти, угля или газа. Такие способы получения энергии получили название “альтернативные источники”. Обделенные богатыми месторождениями углеводородного сырья страны окажутся в перспективе более подготовленными к переходу на передовые технологии, а их экономика постепенно начнет лидировать в мировом сообществе.

Единицы измерения

1 баррель = 159 л

ТОЕ — тонны в нефтяном эквиваленте (tons of oil equivalent)

1 т условного топлива (т у. т.) по теплотворной способности равна

1 т каменного угля;

2,5 т бурого угля;

0,7 т нефти;

770–850 м³ газа,

выделяя при сгорании 29 330 кДж/кг.

Уроки нефтяного кризиса 1973–1979 гг.

В 1973 г. начался энергетический (нефтяной) кризис, который последовал через год после обсуждения на Стокгольмской конференции 1972 г. перспектив развития человечества и угрозы

истощения природных ресурсов. Цены на мировом рынке на сырую нефть поднялись в четыре раза (рис. 13.1). Нефтяной кризис был спровоцирован решением семи крупнейших нефтедобывающих компаний мира снизить закупочные цены на нефть для того, чтобы меньше платить налогов. Организация экспортеров нефти (ОПЕК) предприняла в ответ контрмеры по снижению квот добычи нефти для обеспечения более высоких закупочных цен. В течение 1973 г. произошло повышение цен на нефть с 2,3 до 10,5 долл. за баррель, а спустя шесть лет, в 1979 г., — до 30–35 долл. за баррель (159 л).

ОПЕК (Organization of the Petroleum Exporting Countries) — **Организация стран — экспортеров нефти** была создана на межправительственном уровне в 1960 г. на конференции в Багдаде для совместной корректировки уровня добычи нефти и влияния на стоимость нефти на мировом рынке, которая к тому времени была искусственно занижена за счет жесткой конкуренции между странами-поставщиками. Штаб-квартира ОПЕК находится в Вене.

В настоящее время членами ОПЕК являются Алжир, Индонезия, Иран, Ирак, Кувейт, Ливия, Нигерия, Катар, Саудовская Аравия, Объединенные Арабские Эмираты, Венесуэла. К 1973 г. ОПЕК обеспечивала 56% мировой добычи нефти и 84% мирового экспорта нефти.

К началу XXI в. на долю стран ОПЕК приходится более 40% добываемой нефти.

Эта “коммерческая война” проходила на фоне усиления политической напряженности в Ближневосточном регионе между Из-

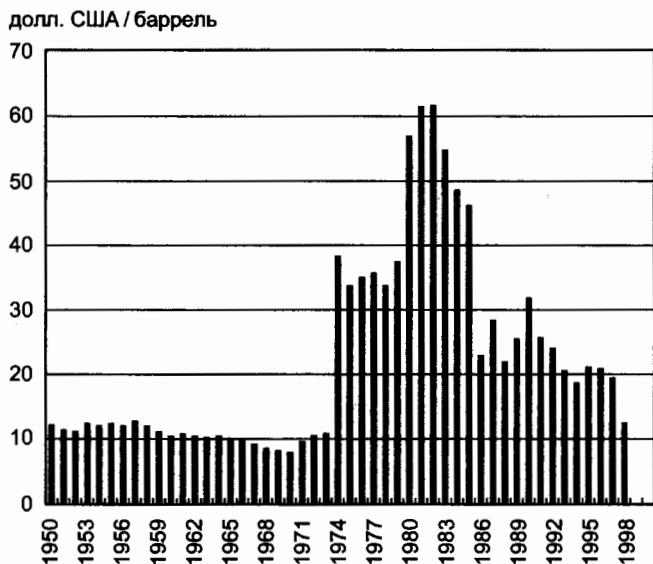


Рис. 13.1. Мировые цены на сырую нефть (Flavin, 1988)

раи́лем и арабскими странами, так что повышение цен можно рассматривать и как ответную консолидированную акцию арабских государств против американских и европейских государств, поддерживавших Израиль. Не менее важно учитывать и проигрыш США во вьетнамской войне (1965–1973), который сопровождался внутренним политическим кризисом и падением авторитета страны на международной арене.

Основные покупатели нефти, такие, как США, не имели к этому времени достаточных собственных резервов. Последнее месторождение нефти было открыто на территории США в 1968 г. на Аляске, новых не было, а дешевизна нефти обуславливала быстрый рост спроса на нее. Поэтому США сделали ставку на закупку энергоносителей за рубежом, в основном у стран в регионе Персидского залива, наиболее богатого нефтью. Этой зависимостью от импорта энергоносителей и воспользовались продавцы нефти.

Повышение стоимости сырой нефти на мировом рынке в четыре раза в течение одного года позволило странам — экспортерам нефти получить большую прибыль и разбогатеть. Члены ОПЕК по-разному использовали свое богатство. В малонаселенных ОАЭ и Кувейте значительно повысился уровень жизни. Были введены бесплатные социальные услуги: образование, медицинская помощь, высокие пенсии и др. Всю непрестижную работу стали выполнять иностранцы.

Такие страны с почти стомилионным населением, как Нигерия и Мексика, большую часть средств, поступающих от налогов в государственную казну, вынуждены были тратить на борьбу с нищетой, а быстрый прирост населения сводил на нет все усилия правительства.

Иран и Ирак в это время воевали между собой, и большая часть прибыли от продажи нефти уходила на покупку вооружения.

В то же время в странах—импортерах нефти разворачивался нефтяной кризис. Повышение стоимости энергоносителей привело к росту практически всех цен на бензин, электричество, продовольствие, промышленные товары и все виды услуг. На бензозаправочных станциях впервые за многие годы появились большие очереди. Осенью американцы обычно закупают топливо для своих домов на всю зиму, предусматривая для этого определенные средства в своем бюджете. На сей раз надо было либо платить значительно больше за то же количество мазута, либо меньше тратить топлива. Если до нефтяного кризиса никто не обращал внимания на избыточную иллюминацию у себя дома и на работе, то теперь были вынуждены начать экономить. То же происходило и

с бензином. Мощные автомобили с многолитражными двигателями были нормой для американцев, а малолитражки не пользовались популярностью. Однако повышение цен на бензин заставило американцев сменить свои машины на малолитражные, а поскольку национальные автомобильные концерны таких практически не производили, то американский рынок наводнили европейские и японские модели. Под угрозу попала вся американская автомобильная индустрия, которой в США вполне справедливо гордились.

В Европе и Японии наблюдалось то же, с той лишь разницей, что чем скромнее был стиль жизни в стране, тем менее остро проявлялся нефтяной кризис. Однако и для самых бедных стран повышение цен на энергоносители было болезненным. Низкие цены на нефть позволяли им постепенно укреплять собственную экономику и таким образом надеяться когда-нибудь справиться с нищетой, когда избыток рабочей силы не находит себе применения.

В развитых странах вскоре после подорожания нефти заговорили о разумности экономии ресурсов и аморальности расточительности. Американский образ жизни, прочно ассоциированный с мощными автомашинами, большими домами, безмерными тратами энергии, впервые за послевоенное время потерял популярность. Автомобильные концерны направили свои усилия на создание сверхэкономных новых моделей с использованием более легких материалов, совершенных двигателей, электронных систем регуляции. Были быстро разработаны и внедрены новые теплоизоляционные материалы для домов. В считанные годы стали популярными ветрогенераторы, разработаны нетрадиционные виды получения энергии, в том числе аккумуляция тепла солнечного света. Появилось новое направление так называемой “солнечной” архитектуры, позволяющей эффективнее использовать тепло солнечного света. В США вернулись к использованию печей с дровяным отоплением. Если до начала нефтяного кризиса в Новой Англии (шесть штатов на северо-востоке США) лишь 4% домов имели печное отопление, то спустя 10 лет печи появились в 40% домов. В течение 1970-х годов прошло несколько международных симпозиумов по печному отоплению. Были разработаны новые конструкции легких печей с коэффициентом полезного действия, достигающим 80%. На вид такая печь напоминает железную “буржуйку”, а на самом деле в ней обеспечено более полное и медленное сгорание топлива. Почти все тепло используется для обогрева помещения, а не выходит через трубу на улицу. Появилось множе-

ство рационализаторских предложений, позволявших уменьшить энергозатраты в быту и на производстве. Стали шире применять электровыключатели, совмещенные с механическим реле времени, которые автоматически отключают освещение по истечении установленного срока. Разработали люминесцентные лампы нового поколения с улучшенным спектром излучения и многократно повышенной частотой разрядов, чтобы не уставали глаза. Такие лампы потребляли чуть ли ни в 10 раз меньше электроэнергии, обеспечивая необходимый уровень освещения. И хотя они стоили дороже обычных, зато служили во много раз дольше.

Небольшие фирмы стали предлагать населению свои услуги для выявления мест утечек тепла из дома. Для этого использовали получившие распространение приборы ночного видения, регистрирующие инфракрасное излучение. Хозяева домов могли воспользоваться новыми материалами для герметизации щелей или же сменить окна на изготовленные на заводах стеклопакеты, более герметичные по сравнению с традиционными деревянными оконными рамами. На смену первым теплоизоляционным материалам появились новые, намного более эффективные и более безопасные. Были предложены специальные пленки для "оборачивания" домов, благодаря чему снижалась теплоотдача; начали использовать специальную монтажную пену, герметизирующую щели. Теперь ими пользуются повсюду, не подозревая, что и теплоизолирующие материалы, и стеклопакеты были созданы и получили широкое распространение на рынке благодаря нефтяному кризису.

Архитекторы разработали несколько вариантов снижения теплоотдачи в жилых домах. Помимо новых теплоизолирующих материалов было предложено изменить архитектуру дома, чтобы минимизировать площадь потери тепла, заглубить коттеджи под землю, использовать солнечное освещение для максимального обогрева жилища.

Появились экспериментальные дома-юрты, по форме напоминающие полусферу с минимальной площадью поверхности. В таком доме пришлось разработать оптимальную внутреннюю планировку. В центре первого этажа помещалась печка, теплый воздух от которой обогревал все три этажа.

"Дома-землянки" позволяли с сохранением комфорта использовать естественные теплоизоляционные свойства грунта. Такой дом возвышался незначительно над поверхностью земли, а свет попадал в него через крышу или низкие окна по всей периферии возвышающейся части стены.

“Солнечные дома” ставили фасадом на юг так, чтобы естественный свет максимально использовать для обогрева помещений. Для этого внутри пол, а также противоположную стену, а иногда и специальные колонны изготовляли из материала с повышенной теплоемкостью. Нагреваясь в течение дня, пол и стены отдавали тепло ночью. Затем стали применять специальные панели для нагрева воды внутри них. Теплая вода, циркулируя по трубам, отдавала тепло в специальных теплоприемниках, расположенных под землей. Панели устанавливали на крыше или перед домом. Таким способом в холодном климате можно нагреть дом примерно на 10 °С, а значит, существенно снизить потребность в топливе. Весной и осенью солнечный обогрев позволяет полностью обеспечить тепло в доме. Подобные устройства получили широкое применение в Средиземноморье и во многих других регионах мира, причем теперь их чаще используют для нагрева воды, используемой в хозяйственных целях.

Повышение странами ОПЕК цен на нефть заставило главных ее покупателей — США, Японию и страны Западной Европы — срочно развивать новые технологии энергосбережения. В Америке увеличился спрос на малолитражные автомобили. В автомобилестроении был достигнут более высокий уровень технологического решения задач проектирования новых транспортных средств. Если в начале нефтяного кризиса длина пробега за 1 галлон топлива американских автомобилей в среднем составляла 14,7 мили, то через семь лет — уже 24,6 мили (табл. 13.4).

Значительно снизилась доля мощных автомобилей с 8-цилиндровым двигателем, а возросла с 6- и 4-цилиндровыми двигателями, которые стали более экономичными и мощными. Уменьши-

Таблица 13.4

Изменение размеров и мощности американских автомобилей
в период с 1975 по 1982 г.

(Браун, 1989)

Год выпуска	Средняя масса, кг	Доля машин с числом цилиндров в двигателе, %			Длина пробега за 1 л топлива, км
		8	6	4	
1975	1845	72	19	9	7
1979	1584	57	24	19	9
1982	1364	27	32	41	12

Таблица 13.5

Предельно допустимые выбросы вредных веществ в выхлопных газах грузовых автомобилей массой свыше 3,5 т (г/кВт·ч)

(Куров, 2000)

Год введения	Оксид углерода	Углеводороды	Оксиды азота	Твердые частицы
1982	11,2	2,4	14,4	—
1993 ЕВРО-1	4,5	1,1	8,0	0,36
1996 ЕВРО-2	4,0	1,1	7,0	0,15
2000 ЕВРО-3	2,1	0,66	5,0	0,10

лась масса автомашин в среднем на 1/4. В основных европейских странах и в Японии были приняты законы, обязывающие производителей автомобилей создать модели с меньшим расходом бензина (табл. 13.5). К концу XX в. разработаны и запущены в серийное производство в 3–5 раз более экономные модели автомобилей.

В считанные годы стали популярными ветрогенераторы. Если в начале 1970-х годов идея возвращения к ветрякам казалась сумасбродной, то нефтяной кризис заставил по-иному отнестись к возможности независимого получения электроэнергии. Очень быстро были разработаны совершенные модели ветряков с использованием всей силы современных инженерных возможностей и достижений науки.

Так же обстояло дело и с солнечными батареями, разработкой которых занимались давно, но не могли достичь их конкурентоспособности по себестоимости вырабатываемой электроэнергии с традиционными способами ее получения на ГЭС и ТЭС. Лишь повышение стоимости электроэнергии открыло новые перспективы в применении солнечных батарей. Это подстегнуло государства и частный сектор к форсированной поддержке разработчиков и в результате удалось достичь необходимого уровня конкурентоспособности, запустив в массовое производство долгожданные солнечные батареи.

Технические успехи были бы намного меньшими, если бы ведущие индустриальные страны не оказали финансовой поддержки для проведения новых научных изысканий и создания опытно-конструкторских разработок в целях экономии энергозатрат. Нефтяной кризис заставил экономику заинтересоваться достижениями науки и применить их на практике.

В течение шести лет (с 1979 по 1985 г.) мир продолжал успешное развитие без увеличения энергозатрат (рис. 13.2). Этот пример впервые поколебал казавшийся незыблемым постулат об опережающем развитии энергетики для устойчивости экономики. С тех пор *перспективы развития человечества связывают со скоростью научно-технического прогресса, направленного на получение более совершенного конечного результата с использованием все меньшего количества ресурсов*. Миниатюризация в наше время стала так же популярна, как гигантомания еще в недавнем прошлом. Появилась надежда на принципиальное решение парадокса: как обеспечить благополучную жизнь возрастающего населения планеты при одновременном замораживании воздействия на биосферу.

Успехи в этом направлении оказались столь разительными, что уже к началу 1980-х годов мир радикально изменился. Изменились социальные приоритеты в пользу поощрения экономии и против расточительности даже в частной жизни. Развитые страны

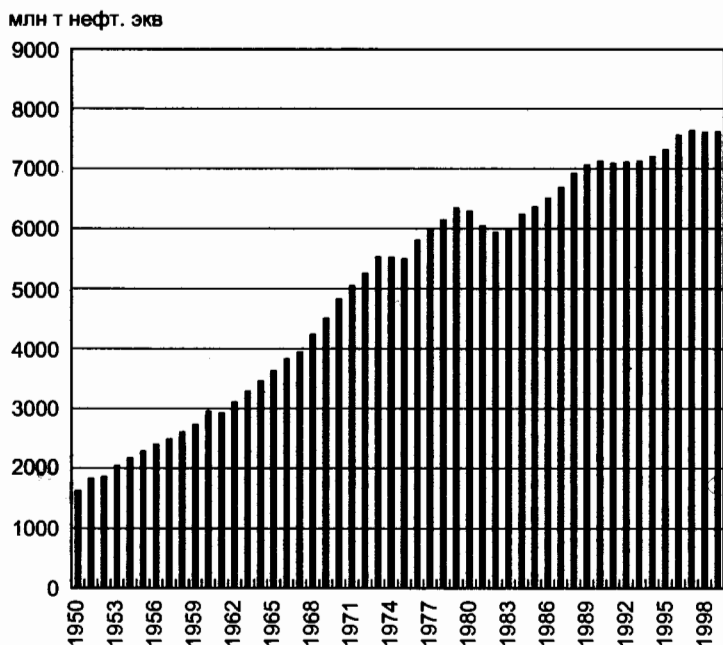


Рис. 13.2. Мировое потребление ископаемых источников органического топлива (Worldwatch Database, 2000)

смогли сохранить прежний темп развития при нулевом росте потребления энергии. Появились эффективные способы снижения загрязнения окружающей среды. Наметились организационные и правовые пути решения экологических проблем. А главное — окрепла воля людей, стремящихся справиться с экологическим кризисом и изменить устаревший образ жизни. Впервые с 1970-х годов появилась некоторая уверенность в возможности своевременного преодоления экологического кризиса.

Нефтяной кризис в США

“...Зависимость большинства развитых стран от ОПЕК обусловила наличие двух фаз кризиса относительной недостаточности нефти 70-х годов. Сначала, в 1973 г., арабские члены ОПЕК сократили экспорт нефти в западные промышленно развитые страны и наложили эмбарго на поставки нефти в США из-за их поддержки Израиля в 18-дневной войне против Египта и Сирии.

Это эмбарго продлилось до марта 1974 г. и вызвало пятикратное увеличение мировых цен на сырую нефть. Такой рост цен повлек за собой двукратное увеличение инфляции в США и многих других странах, высокие процентные ставки, увеличение международных задолженностей и глобальный экономический спад. Американцы, привыкшие к изобильному дешевому топливу, вынуждены были часами выстаивать в очередях за бензином и отключать кондиционеры в домах и служебных помещениях.

Несмотря на резкое увеличение цен, зависимость США от импорта нефти увеличилась с 30 до 48% за период с 1973 по 1977 г. Доля импорта из стран ОПЕК выросла с 48 до 67% за тот же период. Увеличение зависимости было вызвано преимущественно неудачной попыткой правительства контролировать цены на нефть, что удерживало их на искусственно низком уровне и не поощряло энергосбережения.

Искусственно низкие цены ввели в заблуждение потребителей и послужили толчком ко второй фазе энергетического кризиса. Мировой нефтяной рынок сократился в 1979 г., когда Иран в результате революции почти прекратил производство нефти. Очереди к бензоколонкам стали еще длиннее, и к 1981 г. цена на нефть в среднем по миру выросла до 35 амер. долларов за баррель.

Сочетание политики энергосбережения, использования источников энергии, заменяющих нефть, а также увеличение производства нефти странами, не входящими в ОПЕК, привело к уменьшению потребления нефти в мире в период между 1979 и 1988 г. Снижение спроса на нефть и неспособность стран — членов ОПЕК сократить производство нефти до уровня поддержания относительной недостаточности ресурса и высоких цен на него привело к появлению избытка нефти на рынке. В 1988 г. на долю стран ОПЕК приходилось всего около 27% мирового производства нефти.

Из-за превышения предложения над спросом цены на нефть упали с 35 до 17 амер. долларов за баррель в период между 1981 и 1988 гг. С поправкой на инфляцию цена на сырую нефть в 1988 г. примерно соответствовала цене 1974 г.” (Миллер. Т. 1. С. 39–40).

Нефтяной кризис 1970-х годов ясно показал, что человечество может развиваться без наращивания энергопроизводства, лишь за счет постоянного совершенствования технологий, миниатюризации, ресурсосбережения. Выяснилось, что такая политика способствует ускорению научного прогресса и ее можно назвать *“перманентным энергосбережением”*.

Тем не менее усвоить урок нефтяного кризиса оказалось не так-то просто. Как только цена на нефть стала понижаться на мировом рынке в течение 1980-х годов, так снова наметился рост потребления энергии человечеством, а прогрессивные способы энергосбережения снова стали нерентабельными. Видимо, в условиях рыночной экономики повышение цен на сырье способствует технологическому прогрессу и рациональному хозяйствованию на ограниченной Земле, хотя при этом страдают бедные страны, не обладающие собственными запасами ценных природных ресурсов.

Задания

1. *Рассмотрите возможности рационализации энергопотребления в вашем регионе, городе, поселке, в квартире.*
2. *Какие экономические или организационные меры вы можете предложить для скорейшего решения задачи перехода на перманентное энергосбережение?*

Советский Союз обладал собственными мощными источниками ископаемого органического топлива и никогда не находился в зависимости от его импорта из других стран, поэтому в нашей стране не было нефтяных кризисов в 1973 и 1979 гг. Добыча нефти в СССР тогда возросла от 353 млн т в 1970 г. до 603 млн т в 1980 г., из которых 9/10 использовалось внутри страны и 1/10 продавали за рубеж. Доходы от продаж нефти в период 1973–1984 гг. быстро возрастали. Острой потребности в переходе на энергосберегающие технологии в стране не было. В то время как в ведущих капиталистических странах вынужденно и в сжатые сроки экономика перестроилась с учетом последних научно-технических достижений, в нашей стране энергозатраты остались на прежнем уровне, что негативно сказалось в последующее десятилетие, когда СССР не выдержал экономического соревнования с Западом. Последовавший отказ от социалистической модели экономиче-

ского развития в пользу капиталистической не был продуманным и планомерным, во многом прошел стихийно и не принес ожидаемой прогрессивной реструктуризации промышленности.

Только в 1998 г. в России была принята федеральная целевая программа “Энергосбережение России” на 1998–2005 гг. Одновременно несколько постановлений Правительства РФ детализировали задачи экономии энергетических ресурсов¹.

В 2003–2004 гг. цены на нефть стали расти и превысили достигнутый ранее исторический максимум. Это снова обусловлено политическими причинами — войной в Ираке, усилением крайних форм исламского фундаментализма; — но не связано с истощением ресурсов ископаемого топлива.

Изучив данные об имеющихся запасах природных топливных ресурсов, можно ответить на вопрос: *“Хватит ли человечеству энергетических ресурсов в ближайшем будущем?”* Энергетические ресурсы пока что не ограничивают экономического развития человечества, хотя не все страны имеют возможность в полной мере этим воспользоваться. По мере исчерпания имеющихся месторождений нефти, газа и угля удастся обнаружить и освоить новые. Однако избыточное потребление энергии и особенно горючих ископаемых для ее получения способно негативно сказаться на состоянии климата и всей биосферы.

Выводы

1. Традиционных источников углеводородного топлива хватит еще по крайней мере на несколько столетий.
2. По мере роста экономики энергетические потребности человечества возрастали опережающими темпами.
3. Нефтяные кризисы 1973–1980 гг. заставили экономически развитые страны интенсивнее использовать научно-технические

¹ Постановление Правительства РФ от 24 января 1998 г. № 80 «О федеральной целевой программе “Энергосбережение России” на 1998–2005 гг.».

Постановление Правительства РФ от 15 июня 1998 г. № 588 “О дополнительных мерах по стимулированию энергосбережения в России”.

Постановление Правительства РФ от 8 июля 1997 г. № 832 “О повышении эффективности использования энергетических ресурсов и воды предприятиями, учреждениями и организациями бюджетной сферы”.

Указ Президента РФ от 11 сентября 1997 г. № 1010 “О государственном надзоре за эффективным использованием энергетических ресурсов в Российской Федерации”.

возможности для совершенствования энергосберегающих технологий. Опыт этого периода показал, что экономическое развитие без дальнейшего роста энергопотребления вполне возможно.

4. Энергосбережение способствует ускорению научно-технического развития и уменьшению воздействия на окружающую среду.

5. Необходимо добиться повсеместного снижения энергозатрат за счет разумной экономии и использования разнообразных методов энергосбережения, в том числе и развития передовых технологий.



ОПАСНОСТЬ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Основные вопросы

-
1. *Что такое парниковый эффект?*
 2. *Как соотносятся природная и антропогенная составляющие потепления климата?*
 3. *Какие природные обстоятельства вызывают потепление климата?*
 4. *Как человечество своей хозяйственной деятельностью влияет на потепление климата?*
 5. *В чем опасность для человечества потепления климата?*
 6. *Можно ли избежать потепления климата?*
 7. *Почему человечество должно экономить горючие ископаемые, хотя их запасов хватит еще на несколько столетий?*
 8. *Когда была принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата и в чем ее суть?*
 9. *Какие положения содержатся в Киотском протоколе?*
 10. *Какие обязательства приняла на себя Россия в связи с Киотским протоколом?*
-

Опасность потепления климата

Возможность быстрого изменения климата на Земле вызывает наибольшую тревогу. В течение XX в. среднегодовая температура воздуха повышалась неравномерно (рис. 14.1). Значительное повышение температуры (примерно на $0,4^{\circ}$) произошло всего за 40 лет (1900–1940). Потепление началось еще в середине XIX в., но проявилось лишь к началу XX в. в виде сокращения площади ледовых полей летом, лучшей проходимости Северного морского пути и потепления климата в Арктике, в связи с чем необычайно возрос интерес к исследованию Северного Ледовитого океана. Если в начале XX в. средняя приповерхностная температура планеты была около $13,7^{\circ}\text{C}$, то к 1940–1945 гг. она поднялась до $14,1^{\circ}\text{C}$. В приполярных областях потепление выразилось сильнее. В 1930-е годы зимние температуры воздуха в Гренландии повысились на 5° , а

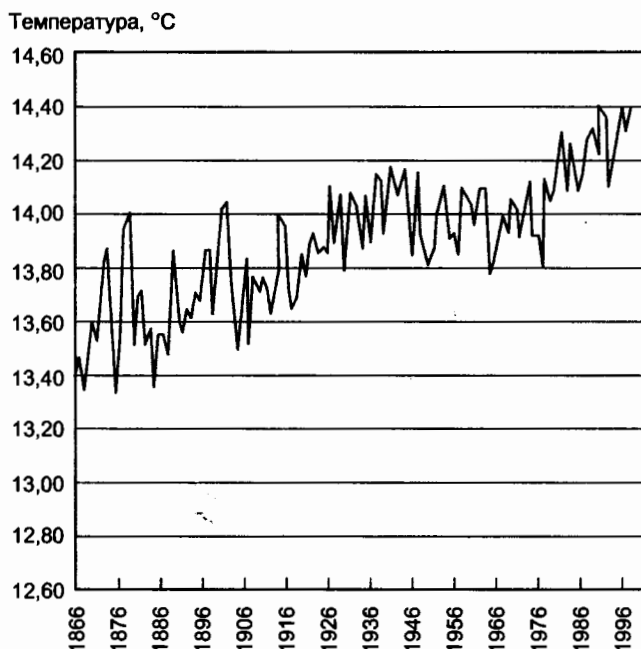


Рис. 14.1. Динамика средней приповерхностной температуры Земли (Worldwatch Database, 1998)

на Шпицбергене даже на 8–9°. Продолжительность ледовой блокады берегов Исландии сократилась с 20 недель в конце XIX в. до 2 недель в 1920–1939 гг. На Кавказе за это время общая площадь оледенения сократилась на 10%. В то же время одна из самых суровых зим на территории России была в 1941–1942 гг. (Разуваев, 2001).

Некоторое похолодание наметилось после 1945 г., но на фоне межгодовых значительных осцилляций оно было плохо выражено. Однако бесспорно, что с 1950 по 1980 г. средняя температура не повышалась. Затем начался очередной этап потепления климата, который продолжается по настоящее время. Средняя приповерхностная температура Земли повысилась за это время еще на 0,3°. Всего за 100 лет средняя температура у поверхности Земли возросла примерно на 0,7–0,8°.

Глобальное потепление климата на Земле ученые вслед за С. Аррениусом (XIX в.) связывали с *парниковым эффектом*, зависящим в значительной мере от содержания паров воды и углекислого газа в атмосфере (о космической составляющей изменения климата, определяемой регулярными колебаниями параметров Зем-

ли на орбите, см. гл. 3). Азот и кислород, составляющие 99% атмосферы, почти не задерживают инфракрасного излучения, исходящего от нагретой поверхности Земли. Зато пары воды и углекислый газ вместе задерживают 84% этого излучения, способствуя нагреву нижних слоев атмосферы.

Термометр изобретен в 1590 г. Регулярные метеорологические наблюдения начались не ранее XVIII в.

В 1824 г. французский математик и физик Ж. Фурье открыл парниковый эффект.

В 1860 г. английский физик Дж. Тиндаль выяснил, что CO_2 , подобно водяному пару, задерживает инфракрасное излучение Земли.

В конце XIX в. шведский химик С. Аррениус указал на возможность изменения климата в связи с увеличением количества тепла, поступающего в атмосферу, и накоплением в ней CO_2 в результате деятельности человека.

В 1922 г. английский геолог Р. Шерлок отметил, что антропогенная деятельность уже влияет на климат (*Справка "ЭиЖ"* // Экология и жизнь. 2001. № 1. С. 46).

Российский климатолог академик М.И. Будыко в начале 1970-х годов предсказал начало антропогенного потепления климата на Земле в ближайшие десятилетия.

Рост концентрации углекислого газа в атмосфере начался примерно с 1800 г. и продолжается до наших дней. На протяжении многих веков второго тысячелетия уровень CO_2 оставался достаточно стабильным (рис. 14.2), но за последние 200 лет непрерывно возрастает. К 1900 г. концентрация CO_2 в атмосфере достигла 295, а в 1999 г. — 368 ppm¹. Следовательно, за 100 лет углекислого газа стало на 1/4 больше.

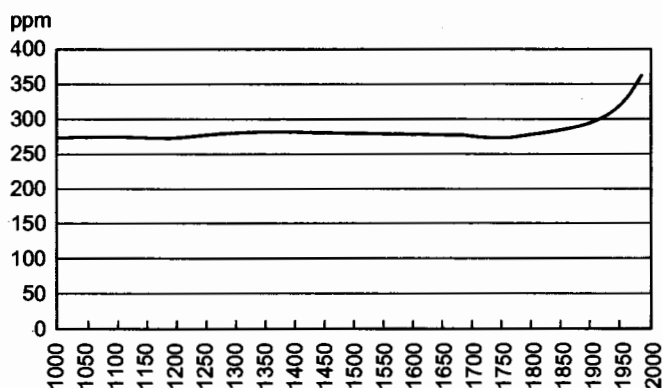


Рис. 14.2. Динамика концентрации диоксида углерода в атмосфере (в объемных частях на 1 млн) (Worldwatch Database, 2000)

¹ ppm — particles per million — частиц на 1 млн.

Полагают, что одна из главных причин этого — все возрастающее потребление человечеством органического топлива: угля, нефти, природного газа — наряду с традиционным источником тепла — древесиной (рис. 14.3).

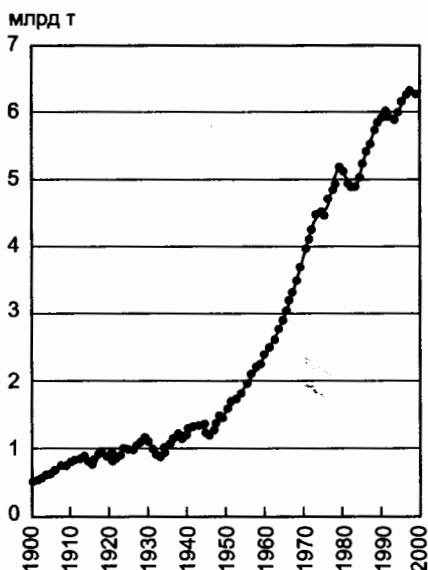


Рис. 14.3. Выбросы диоксида углерода во всем мире в результате сжигания органического топлива (Worldwatch Database, 2000)

С ними в атмосферу поступает примерно 11 Гт углерода в год. Это значительная величина, если сравнить ее с круговоротом углерода между биотой и атмосферой (50 Гт/год) или между атмосферой и океаном (10 Гт/год). Однако есть и другие источники поступления CO₂ в атмосферу, например уменьшение растворимости CO₂ при хотя бы незначительном повышении температуры поверхностного слоя Мирового океана. Достаточно сказать, что 98% несвязанного углерода биосферы сосредоточено в растворенном виде в океане и лишь малая часть — в атмосфере. Любые изменения в динамическом равновесии между растворенной и газообразной частями CO₂ могут привести к значительным колебаниям газа, имеющего парниковые свойства. В самой гидросфере сосредоточен огромный запас углерода (порядка 4×10^4 Гт). Поэтому постоянство концентрации углекислого газа в атмосфере зависит от буферных свойств океана.

Благодаря новым методам изучения палеоклимата по анализу содержания дейтерия и соотношения изотопов $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ послойно в кернах глубокого бурения во льдах Антарктиды и Гренландии было установлено, что ход кривых концентрации углекислого газа и температуры хорошо соответствуют друг другу за 160 тыс. лет — огромный по человеческим меркам исторический период (см. рис. 3.12). Более детальное сравнение температурной кривой с данными изменения концентрации углекислого газа за последние 100 лет, полученными прямыми инструментальными измерениями (рис. 14.4), заставил усомниться в том, что глобальное потепление напрямую вызывается именно парниковым эффектом. Корре-

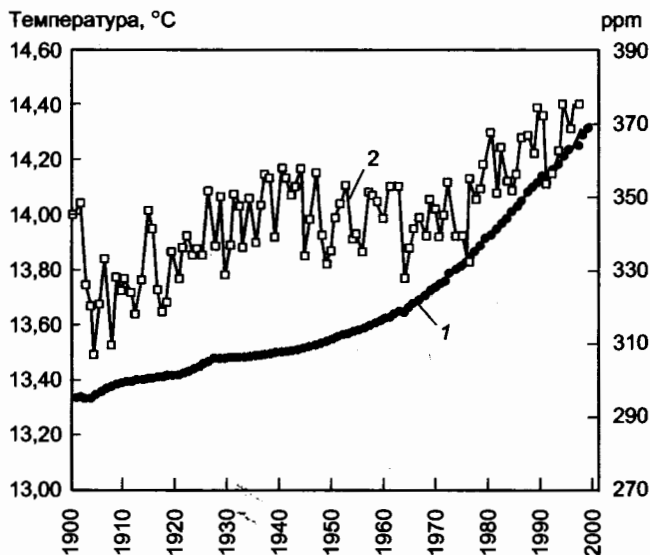


Рис. 14.4. Ход изменения приповерхностной температуры Земли (1) и концентрации диоксида углерода в атмосфере Земли (2) (Worldwatch Database, 2000)

ляция между ними представляется недостаточно очевидной (Тарко, 2001). Предложен ряд разнообразных альтернативных гипотез.

Тем не менее теперь уже мало сомнений относительно происходящего у нас на глазах быстрого потепления климата, последствия которого могут быть весьма разрушительными. В третьем докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (Шанхай, 2001) приведены данные относительно того, что только за последние десятилетия XX в. толщина льдов в Северном Ледовитом океане уменьшилась на 40%. В среднем за 46 лет (1953–1998) наблюдалось уменьшение ледового покрова в Арктике на 190 тыс. км² за каждое десятилетие, причем скорость сокращения покрытой льдами акватории со временем возрастала и в период с 1978 по 1996 г., судя по данным спутникового сканирования, составила 34,3 тыс. км² в год. Ледники на суше также сокращаются. За 100 лет в Альпах они уменьшились в объеме наполовину. Такие же данные и для Кавказа. На горе Килиманджаро за это время ледники уменьшились на 73% (Vellinga, Verseveld, 2000). Таяние льдов и прогрев поверхностного слоя воды приводит к повышению уровня Мирового океана, достигшего за прошедшие 100 лет не менее 10 см (Клиге и др., 1998), причем из них

на 6 см в результате увеличения средней температуры поверхностного слоя воды и на 4 см за счет таяния льдов (Vellinga, Verseveld, 2000). В ближайшие десятилетия, по прогнозам специалистов этот процесс должен усилиться, и к 2100 г. прогнозируется подъем уровня океана на 88 см. Под водой могут оказаться огромные и наиболее продуктивные территории дельт рек, низин и маршей. Особенно пострадает густонаселенный Бангладеш, красочная Мальдивская Республика, расположенная на атоллах в Индийском океане. В Голландии еще сложнее станет защищать высокими дамбами земли, находящиеся ниже уровня моря.

В историческом масштабе происходящее повышение уровня Мирового океана незначительно. Известно, что даже за последние 7000 лет уровень океана повышался и понижался более чем на 2 м. В последнюю ледниковую эпоху, всего 20–30 тыс. лет тому назад, уровень был ниже современного на 130 м (см. рис. 3.13). Обсуждаемое повышение уровня океана на несколько дециметров в этой связи кажется слишком ничтожным. Однако учитывая, что большая часть человечества обитает вблизи океанов и морей, легко понять, как чувствительна экономика мира к быстрому изменению уровня воды.

Важным отличием происходивших в исторические времена природных катастроф от будущих оказывается их обратимость: по прошествии нескольких лет или десятилетий погода нормализовалась, климат в целом оставался прежним. Кроме того, природные катастрофы были преимущественно локальны и редко происходили одновременно во всех частях света, за исключением глобальных климатических перестроек при смене эпох.

Как показали современные исследования палеотемператур в ядрах антарктического и гренландского льдов, потепление климата, сменившее последний ледниковый период, произошло очень быстро — всего за несколько десятилетий. Считается, что такое возможно при изменении характера циркуляции вод в океане. Уже высказана гипотеза, согласно которой таяние льдов в Северном Ледовитом океане и в Гренландии может через небольшое поверхностное опреснение воды привести к изменению глобальной океанической циркуляции с последующим быстрым наступлением очередного ледникового периода. Хроника ледовой летописи палеотемператур свидетельствует, что такое уже было и остановка океанического “конвейера” приводила к похолоданию на 7° (Broecker, 1996; Vellinga, Verseveld, 2000; Wood et al., 1999). Аналогичные соображения были высказаны совсем недавно и относительно изменения характера течений вблизи Антарктиды,

что также может привести к похолоданию. Имеются и другие хорошо аргументированные соображения относительно скорого глобального похолодания, а не потепления (Клименко и др., 1997; Клименко, Клименко, 1998). Остановимся, однако, на признаваемой большинством специалистов гипотезе изменения климата в сторону потепления.

Альтернативная гипотеза близкого похолодания климата основана на следующих соображениях. В то время как суммарный парниковый эффект может стать причиной некоторого потепления климата, другие процессы будут способствовать похолоданию.

В результате загрязнения атмосферы в ней возрастают концентрации не только парниковых газов, но и аэрозолей, что увеличивает отражение солнечного света в тропосфере и уменьшение прогрева приземных слоев атмосферы.

Пик солнечной активности продлится до 2010 г., а далее пойдет на спад. Предполагается, что существует некоторая обратная связь между интенсивностью солнечной активности и интенсивностью извержения вулканов: по мере снижения солнечной активности может возрастать вулканическая, что, уменьшая прозрачность атмосферы, приводит к похолоданию.

В результате закономерного изменения параметров орбиты Земли температура должна снижаться дополнительно на $0,04^{\circ}$ в столетие (Клименко, Клименко, 1998).

Если обсуждаемые в настоящее время гипотезы окажутся справедливыми, то это будет означать, что обнаружен один из механизмов быстрого изменения глобального климата, подтверждающий высказанные в середине XX в. соображения относительно возможности лавинообразных перестроек в такой сложной системе, как биосфера, в связи с переходом ее из одного устойчивого состояния в другое.

Даже скромное потепление климата на $1-2^{\circ}$ приведет к огромным материальным затратам на предотвращение губительных последствий и компенсацию ущерба. Изменения климата выразятся в усилении засух и расширения пустынь в одних регионах и возрастанию осадков и наводнений в других. В последние годы было достаточно примеров подобных локальных катаклизмов. Общее число природных катастроф, возникающих вследствие меняющегося климата, за последние полвека значительно возросло (рис. 14.5). По оценкам экспертов Всемирной конференции по глобальному потеплению, проведенной в Кении в 2001 г., потепление климата может принести миру ущерб в 300 млрд долл. в год.

Уже в настоящее время ущерб от природных катастроф грандиозен (Vellinga, Verseveld, 2000). По данным одного из крупнейших концернов-страховщиков мира "Munich Re" в 1999 г. экономический ущерб от природных катастроф (включая землетрясения) составил около 100 млрд долл., хотя в следующем 2000 г. ущерб

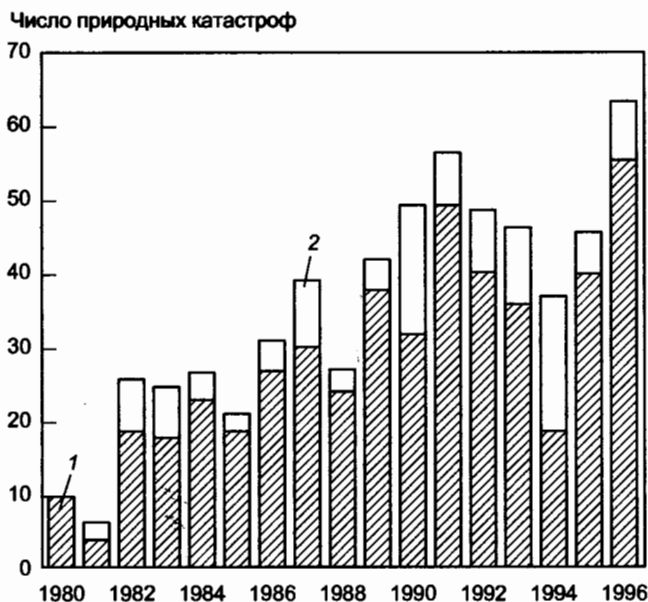


Рис. 14.5. Динамика числа природных катастроф (ураганов и наводнений) в мире: 1 — во всем мире, кроме Европы; 2 — в Европе (Europe's Environment: The Second Assessment. Data pocketbook. European Environmental Agency, 1998)

был в три раза меньше, так как природные катастрофы в большей мере затронули малонаселенные регионы мира.

От раза к разу усиливается продолжительность и сила такого гигантского природного явления, как “Эль-Ниньо” (Семенов, 1999), которое отражает происходящие изменения в климатической системе планеты. Ежегодно около 6 млн га продуктивных угодий теряются в результате опустынивания и еще 21 млн га становятся столь малопродуктивными, что их перестают использовать в сельском хозяйстве. К 2000 г. опустынивание затронуло жизнь около 1,2 млрд человек. За последние 50 лет опустыниванию подверглись территории по суммарной площади эквивалентные половине Южной Америки (около 9 млн км²) (Бабаев и др., 1986).

Если в одних регионах недостает дождей, то в других их стало слишком много, что характерно для прогнозируемого глобального изменения климата. Наводнения, тайфуны и цунами значительно усилились за последние 20 лет (см. рис. 14.5). В усилении контраста погоды между регионами мира и увеличении амплитуды “зашкаливания” погоды — одно из главных негативных последствий потепления климата.

Другое не менее важное последствие состоит в том, что при быстром изменении условий существования, при нарушении привычной последовательности чередования времен года с их характерными погодными особенностями многие виды растений и животных не выживут и не успеют освоить отдаленные районы, где, возможно, установятся вполне подходящие для них условия существования.

Поэтому изменение климата может привести к катастрофическому сокращению биологического разнообразия — исчезновению многих видов. В докладе Международной организации WWF (2001) приводятся новые данные о том, что *в результате глобального потепления климата к концу XXI в. вымрет треть существующих видов всего живого на планете*. Повышенной угрозе подвергаются в первую очередь те виды, которые не способны к быстрой миграции и приспособлены к достаточно узкой экологической нише. Прежде всего, пострадают северные районы Скандинавии, Канады и России, которые через 100 лет могут не досчитаться 70% своих нынешних обитателей. Норвегия, Швеция, Финляндия, Эстония, Латвия, Исландия и Киргизия могут *утратить до половины современных наземных видов*.

При потеплении климата в высоких широтах произойдет сокращение зоны вечной мерзлоты, которая в России в настоящее время занимает 63% суши. В этой зоне расположено множество поселков и городов. При оттаивании грунта произойдут неизбежные деформации фундаментов зданий, просадки дорог, разрывы нефтепроводов, что связано с огромным материальным ущербом. Кроме того, после таяния грунта из него освобождаются замерзшие останки давно погибших организмов, часть из которых остается носителем паразитарных кишечных инфекций, в том числе лямблиоза и криптоспориоза. Ученые опасаются возможности локальных вспышек инфекционных заболеваний.

Повышение температуры и влажности способствует распространению многих инфекционных заболеваний, передаваемых через промежуточных хозяев — насекомых, грызунов. На территории России возникнут подходящие условия для расширения сохранившихся очагов малярии, чумы, клещевого энцефалита, геморрагической лихорадки, лептоспироза, а также для заноса и распространения тяжелых субтропических заболеваний (лихорадка Западного Нила, желтая лихорадка, лихорадка денге и др.), которые в нынешнем более холодном климате не могут существовать. Этот процесс уже начался. Летом 1999 г. в Волгоградской, Астраханской и Краснодарской областях наблюдалась вспышка лихорадки

Западного Нила, которая вызывается вирусом, а переносится перелетными птицами, а затем от них комарами к человеку.

Возможное потепление климата представляет собой одну из серьезнейших экологических проблем человечества. Недостаток научной определенности в подобных случаях не должен быть причиной бездействия. По примеру медицины при сложности постановки точного диагноза нужно ориентироваться на худший из возможных сценариев. Это понимает мировое сообщество, которое называет такой подход *“принципом предосторожности”*.

В декабре 1988 г. Генеральная Ассамблея ООН одобрила создание Межправительственной группы экспертов по изменению климата, а в 1989 г. на ежегодной встрече главы семи экономически развитых стран признали необходимость принятия Всемирной конвенции по глобальным климатическим изменениям в целях уменьшения выбросов антропогенных парниковых газов.

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро на Конференции по окружающей среде и развитию была подписана Рамочная конвенция ООН (РКИК) об изменении климата, которая вступила в силу в 1994 г. и ратифицирована более чем в 180 странах, включая Россию.

Конечная цель РКИК (ст. 2) заключается в достижении стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему в сроки, достаточные для естественной адаптации экосистем к изменению климата, что позволит не ставить под угрозу обеспечение населения продовольствием и обеспечит дальнейшее экономическое развитие на устойчивой основе. Для претворения в жизнь принципов РКИК подписавшие ее страны регулярно собираются на специальные конференции. На первой конференции в 1995 г. в Берлине международное сообщество приняло решение начать поэтапные действия по ограничению роста поступления парниковых газов в атмосферу и создать соответствующую систему эколого-экономических отношений.

В развитие этого решения в 1997 г. на конференции участников РКИК в Киото (Япония) был принят Киотский протокол, в основу которого легло добровольное, юридически не обязывающее заявление крупнейших промышленно развитых стран о намерении к 2000 г. сократить объем выбрасываемых в атмосферу парниковых газов до уровня 1990 г. Для того чтобы данное соглашение имело прочную экологическую и экономическую основу, были сформулированы три основные задачи:

- 1) установить реальные сроки и показатели выбросов парниковых газов для стран-участниц;

- 2) использовать гибкие рыночные механизмы, а не “обязательные схемы и меры”, такие, как налог на выброс диоксида углерода;
- 3) добиться серьезного участия развивающихся стран.

Весной 2001 г. США выступили с отказом участвовать в Киотском протоколе, аргументируя свое решение невозможностью для экономики страны выполнения решения в установленные сроки. Последующие действия США несколько сгладили конфликт и показали возможность как скоординированных действий в рамках Киотского протокола, так и индивидуальных действий США, которые подчеркивают, что они не будут принимать участие в первом периоде обязательств по протоколу (2008–2012 гг.), но примут активное участие в переговорах по второму периоду (вероятно, 2013–2017 гг.). Осенью 2004 г. Россия ратифицировала Киотский протокол, в результате чего он набрал необходимое число голосов и теперь становится обязательным для всех стран.

Обязательства по Киотскому протоколу

Согласно Киотскому протоколу, развитые страны и страны с переходной экономикой, являющиеся Сторонами протокола, должны к 2008–2012 гг. сократить выбросы парниковых газов не менее чем на 5% от уровня 1990 г.

Уровень сокращения не одинаков, так, развитые страны, в частности США, Япония и страны ЕС должны добиться такого снижения уровня выбросов парниковых газов, чтобы в среднем за 2008–2012 гг. он был соответственно на 7, 6 и 8% ниже уровня 1990 г. Россия имеет относительно “мягкие” обязательства: от нас не требуется снижать выбросы ниже уровня 1990 г., но мы не имеем права их превысить (в среднем за 5 лет с 2008 по 2012 г.). Украина имеет обязательства, аналогичные российским.

Обязательства некоторых развитых стран также подразумевают лишь ограничение, а не снижение выбросов (Новая Зеландия, Норвегия), а Австралии и Исландии даже разрешено увеличить выбросы. Внутри Европейского союза имеется свое внутреннее перераспределение обязательств: Германия и Великобритания снизят выбросы на 15% и более, Франция и Финляндия имеют обязательства аналогичные российским, а Португалии, Греции и Ирландии разрешено увеличить выбросы. Это перераспределение является своего рода внутренней “торговлей квотами” на уровне правительств стран Европейского союза.

Поскольку сейчас выбросы парниковых газов в России почти на 25% ниже, чем в 1990 г., и в ближайшие 10 лет они не достигнут уровня 1990 г., то основным нашим обязательством по Киотскому протоколу становится налаживание действенного учета за эмиссией диоксида углерода и контроля распределения квот на выбросы.

Выполнение Киотского протокола вынудит все страны обратить больше внимания на внедрение прогрессивных технологий, способствующих энергосбережению. Несмотря на определенное экономическое бремя выполнения протокола, в конечном итоге он будет способствовать научно-техническому прогрессу с учетом обеспечения экологической безопасности и стабильности на Земле.

Выводы

1. Глобальный климат Земли в настоящее время находится в фазе закономерного потепления, вызванного прежде всего естественными долгосрочными колебаниями некоторых параметров положения планеты на орбите в Солнечной системе.

2. Нарастающее антропогенное загрязнение атмосферы диоксидом углерода и другими газами, усиливающими парниковый эффект, существенно ускоряет потепление климата.

3. В результате мировая экономика может понести большой материальный ущерб. При таянии полярных льдов уровень Мирового океана повысится почти на 1 м и под водой окажутся прибрежные низины с наиболее плодородными почвами. Пострадают многочисленные сооружения по всей береговой линии морей и океанов.

4. Возрастет частота и сила природных катастроф, таких, как наводнения, засухи, ураганы.

5. Потепление климата сильнее всего скажется в высоких широтах. Здесь сократится зона вечной мерзлоты, от чего пострадают все сооружения, построенные на промерзшем грунте, увеличится частота аварий в результате размыва дорог и разрыва трубопроводов.

6. Биологическое разнообразие арктической и бореальной флоры и фауны может значительно сократиться из-за того, что многие виды растений и животных не успеют переселиться на новые территории, соответствующие их природным адаптациям.

7. Существенно расширится пояс субтропических инфекций, повысится общий уровень заболеваемости, в том числе особо опасными инфекциями, увеличится риск эпидемий.

8. Исходя из "принципа предосторожности", мировое сообщество разработало комплекс мер по снижению антропогенной составляющей глобального потепления климата. С 1974 г. вступила в силу Рамочная конвенция ООН об изменении климата, в соответствии с которой все страны должны постепенно уменьшать выбросы в атмосферу парниковых газов, главным из которых является диоксид углерода.

9. Поскольку диоксид углерода больше всего образуется при сжигании угля, нефти и газа на тепловых электростанциях, необходимо найти адекватную замену их использования при выработке электроэнергии и одновременно совершенствовать и шире применять энергосберегающие технологии.

10. Хотя запасов разведанных горючих ископаемых при нынешних темпах развития мировой экономики хватит еще на значительный период, тем не менее человечеству придется не только не увеличивать производство электроэнергии на теплоэлектростанциях и расход топлива на транспорте, но и планомерно сокращать потребление нефти, угля и газа, заменяя их другими источниками энергии или за счет повсеместного совершенствования энергосбережения.

Задания

1. *Выясните, какая часть ваших знакомых знает о проблеме потепления климата и как понимает последствия этого процесса.*
2. *Кто из них считает, что мы слишком расточительно расходует электроэнергию и бензин? Какие примеры энергорасточительности вы можете привести?*
3. *Какими способами можно было бы шаг за шагом добиться экономии энергозатрат без ухудшения качества жизни?*



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ

Основные вопросы

1. *Какие неблагоприятные экологические последствия могут быть связаны с получением электроэнергии на ТЭС, ГЭС, АЭС?*
2. *Что такое экологически чистые источники получения электроэнергии? Почему человечество до сих пор не перешло на их использование?*
3. *В чем положительные и негативные стороны каждого из основных источников получения электроэнергии?*
4. *Что такое прямое и косвенное использование солнечной энергии?*
5. *Что такое “энергобашня”?*
6. *Как работают “солнечные пруды”?*
7. *Как получают энергию из биомассы?*
8. *Что такое геотермальная энергия?*
9. *Каким образом можно использовать энергию приливов?*
10. *Каким способом в США законодательно поддерживали альтернативные способы получения электроэнергии?*
11. *Каковы основные причины аварий на АЭС?*
12. *Как избавиться от опасных радиоактивных отходов?*
13. *В чем сложность определения реальной себестоимости электроэнергии, получаемой на АЭС?*

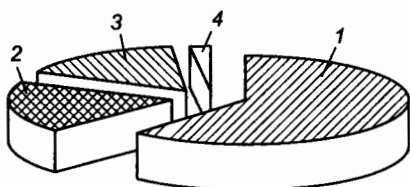
Традиционные способы получения электроэнергии

В настоящее время электроэнергию получают тремя основными способами, на долю которых в мире в совокупности приходится более 98% производимого электричества (рис. 15.1):

- на теплоэлектростанциях (примерно 63%);
- на гидроэлектростанциях (примерно 18%);
- на атомных электростанциях (примерно 17%).

Рис. 15.1. Доля различных источников получения электроэнергии в мире в 1999 г. (www.cia.doc.gov/emeu/iea)

1 — ТЭС; 2 — ГЭС; 3 — АЭС; 4 — геотермальные электростанции



Все остальные источники электроэнергии, вместе взятые, вырабатывают очень мало тока, хотя их роль возрастает, и в будущем они могут заметно потеснить эти три направления энергетики, так как не нуждаются в невозобновимых ресурсах. Изменение соотношения между главными способами получения электроэнергии в течение последних 100 лет представлено на рис. 15.2.

В зависимости от природных особенностей, доступности различных энергетических ресурсов и традиций в каждой стране установилось собственное соотношение между тремя основными способами получения электроэнергии (табл. 15.1). В Австралии имеется достаточно залежей угля и урана, а гидроэнергетических ресурсов очень мало. В 1983 и 1986 гг. в штатах Виктория и Новый Южный Уэльс, обладающих залежами урана, были приняты законы, запрещающие строительство атомных электростанций, поэтому теплоэнергетика до сих пор играет главенствующую роль.



Рис. 15.2. Динамика мирового потребления энергии из различных источников (под первичной электроэнергией подразумевается генерируемая на ГЭС и АЭС (Медоуз и др., 1994))

Таблица 15.1

Производство электроэнергии в разных странах по источникам получения (1999 г.)
(<http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/table63.html>)

Страна	ТЭС	ГЭС	АЭС	Гео- терм и др.	ТЭС	ГЭС	АЭС	Гео- терм и др.
	(млрд кВт·ч)				%			
Австра- лия	175,1	16,5	0	3,6	89,70	8,45	0,00	1,84
Австрия	17,5	40,1	0	1,7	29,51	67,62	0,00	2,87
Велико- брита- ния	245,7	5,3	91,5	8,2	70,06	1,51	26,09	2,34
Германия	334,9	19,2	161	14,2	63,27	3,63	30,42	2,68
Италия	195,9	44,9	0	6,9	79,09	18,13	0,00	2,79
Китай	936,5	222,8	14,1	1,9	79,68	18,96	1,20	0,16
Литва	2,6	0,5	9,9	0	20,00	3,85	76,15	0,00
Мексика	135,2	32,5	9,5	5,9	73,84	17,75	5,19	3,22
Финлян- дия	31,6	12,7	21,8	8,3	42,47	17,07	29,30	11,16
Франция	49,4	71,7	375,1	3,3	9,89	14,35	75,10	0,66
Норвегия	0,8	119,7	0	0,3	0,66	99,09	0,00	0,25
Россия	528,8	159,4	110,9	2	66,01	19,90	13,84	0,25
США	2577,9	313,4	728,3	85,1	69,58	8,46	19,66	2,30
Швеция	9,4	70,9	66,6	3,6	6,25	47,11	44,25	2,39
Швейца- рия	2,5	39,6	23,7	1,5	3,71	58,84	35,22	2,23
Япония	611,4	85,6	300,8	18,7	60,15	8,42	29,59	1,84
В мире	8838,9	2606,7	2391	228,3	62,84	18,53	17,00	1,62

Норвегию и Австрию природа одарила избытком гидроэнергетических ресурсов, и поэтому именно на ГЭС производится почти вся электроэнергия. В Швейцарии также доля гидроэнергетики велика, а недостающую электроэнергию производят на атомных электростанциях, так что ТЭС почти не используются.

В Германии ресурсы гидроэнергетики весьма ограничены, но имеются месторождения угля. Поэтому исторически приоритетным стало получение электроэнергии на ТЭС, а со временем на второе место вышли АЭС. В последние годы принято решение о прекращении строительства атомных электростанций и переориен-

тировки промышленности на энергосберегающие технологии, вплоть до продажи тех заводов, которые потребляют слишком много топлива. Например, всемирно известный металлургический комбинат "Тиссен-Крупп" в Дортмунде был продан на вывоз Китаю в 2001 г. В Германии и других странах Западной Европы ТЭС переводят на природный газ, который поставляют в том числе и из России.

Во Франции и Литве почти все электроснабжение основано на атомной энергетике, однако причины такого предпочтения различны. Во Франции давно иссякли месторождения ископаемого топлива и исчерпаны ограниченные возможности гидроэнергетики. В то же время на ее территории есть месторождения урана. Для Франции развитие атомной энергетике означало сохранение энергетической независимости государства, поэтому было принято стратегическое решение о создании всего комплекса атомной промышленности, которая одновременно давала возможность иметь собственное ядерное оружие.

В Литве лидирующая роль атомной энергетике объясняется иными причинами. На ее территории была построена одна из АЭС бывшего Советского Союза, мощности которой после выхода республики из СССР вполне хватает для удовлетворения большей части национальных энергетических потребностей.

В России соотношение между источниками генерации электроэнергии близко к среднемировому. К 2000 г. на промышленных ТЭС получали 66% электричества; на ГЭС — 20, на АЭС — 14%. Электроэнергетика в России и бывшем Советском Союзе всегда была развита хорошо, опережая развитие других отраслей экономики. По плану ГОЭЛРО, принятому в 1921 г., предполагалось в течение 15 лет строительство 30 электростанций (20 ТЭС и 10 ГЭС) общей мощностью 1750 тыс. кВт. К 1931 г. план был выполнен, а к 1935 г. перевыполнен в три раза, в результате чего выработка электроэнергии в стране увеличилась в пять раз. В тот период основное внимание было уделено сооружению ТЭС и ГЭС. Строительство новых электростанций, в том числе и сверхмощных, продолжилось со все возрастающим напором и после Второй мировой войны. В это время зародилась ядерная энергетика. В 1954 г. была пущена первая в мире промышленная Обнинская АЭС, но уже строились большие планы постепенного увеличения доли атомной энергетике в экономике страны, что было выгодно и для военных целей в условиях гонки вооружения.

В последние десятилетия возросло значение нетрадиционных (альтернативных) способов получения электроэнергии, исполь-

зующих энергию Солнца, ветра, приливов, течений, геотермальных источников, биологического брожения и др. Иногда их называют “экологически чистыми” источниками энергии. На самом деле у каждого способа получения электроэнергии или ее замены имеются свои преимущества и недостатки.

Тепловые электростанции

Положительные особенности ТЭС

- мобильность и независимость электрогенераторов;
- возможность быстро изменять количество продуцируемой электроэнергии;
- невысокая по современным понятиям цена генерируемой электроэнергии;
- возможность сочетать с производством электроэнергии и выработку тепла (для отопления) — так называемая когенерация;
- значительные сырьевые ресурсы, необходимые для работы ТЭС.

У тепловой энергетики много выгодных особенностей. К настоящему времени в промышленности и быту используются бензиновые и дизельные моторы, генераторы электроэнергии любой мощности и размеров: от крошечных бензиновых моторчиков на игрушечных моделях самолетов до гигантских генераторов, установленных на современных ТЭС. Легкий бензиновый генератор можно взять в экспедицию, поход, подключить к любой торговой палатке. Бензопилы и бензокосилки позволяют механизировать работу вдали от источников электроснабжения. Дизельный электрогенератор в виде автоприцепа легко доставляют по дороге в любое место. Тем более стационарные “движки” могут быть надежным источником электроэнергии в любой точке планеты, лишь бы был подвоз горючего. Они не нуждаются в особых условиях работы, выдерживают и арктический холод, и жару в пустыне. Любого человека можно быстро обучить обслуживанию такой небольшой электростанции.

На ТЭС просто изменять количество производимой электроэнергии, чего нельзя сказать о ГЭС или АЭС. В реальных условиях это очень важное преимущество, так как потребление электроэнергии значительно меняется в течение суток. Цены на электроэнергию, производимую на ТЭС, остаются сравнительно низкими. К настоящему времени настолько налажены добыча нефти и газа, их транспортировка и переработка, доставка электроэнергии потребителям, что по себестоимости электроэнергии

ТЭС успешно конкурируют со всеми другими способами ее получения, кроме ГЭС.

Тепло, вырабатываемое на ТЭС, можно одновременно использовать для обогрева домов или подачи в них горячей воды. Оказалось, что коэффициент полезного действия при такой “когенерации” возрастает и увеличивается рентабельность.

Отрицательные особенности ТЭС

- прямое тепловое загрязнение окружающей среды;
- основной источник антропогенной эмиссии углекислого газа, усиливающий парниковый эффект;
- загрязнение воздуха сопутствующими частицами и газами. Выбросы ТЭС стали основным источником кислотных дождей (см. гл. 16);
- при возрастающем потреблении нефтепродуктов неизбежно возрастает и риск загрязнения окружающей среды в местах добычи нефти, при авариях на нефтепроводах или танкерах, перевозящих нефть;
- радиоактивное загрязнение в результате попадания в выбросы радиоактивных продуктов, содержащихся в нефти и особенно в угле в незначительных количествах. При длительной работе ТЭС на окружающей территории постепенно возрастает концентрация радиоактивных веществ;
- загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, рассеиваемыми вместе с выбросами газообразных продуктов сгорания;
- нефть — ценнейшее природное сырье; еще Д.И. Менделеев писал, что сжигать его лишь для того, чтобы получить энергию, равносильно растапливанию печки ассигнациями.

Несмотря на удобство использования теплового способа генерации электроэнергии за счет сжигания угля, нефти или природного газа, у него оказались очень серьезные недостатки, которые вынуждают искать подходящей замены для ТЭС.

В настоящее время человечество, сжигая все виды ископаемого топлива, вырабатывает приблизительно $36,4 \times 10^{16}$ Дж/год, что всего в 5000 раз меньше суммарного количества солнечной энергии, поступающей к верхней границе атмосферы Земли за год ($17,8 \times 10^{20}$ Дж/год). За последние 100 лет потребление энергии человечеством увеличилось в 10 раз. Значит, при сохранении современных темпов роста энергопотребления не так много времени потребуется в будущем для приближения к значениям получаемой Землей от Солнца энергии, которая определяет важнейшие

процессы в биосфере. Уже сейчас можно говорить об антропогенном вкладе в глобальное изменение климата, особенно в сочетании с парниковым эффектом, усиливающимся от возрастания в атмосфере Земли концентрации диоксида углерода и других парниковых газов, основная часть которых — результат сжигания органического топлива. Коэффициент полезного действия тепловых электростанций невысок — около 40%. Это значит, что из 100 Дж тепла, продуцируемых для генерации электроэнергии, 60 Дж пропадают бесполезно.

Второй недостаток ТЭС также связан с выбросами продуктов сгорания в воздух, но не диоксида углерода, а окислов серы и азота, которые с парами воды образуют кислоты. Атмосферные осадки становятся кислыми — кислотные дожди, из-за которых пострадали экосистемы озер на севере Европы и Северной Америки, а также хвойные леса Западной и Центральной Европы.

В органическом топливе могут содержаться в малых количествах радиоактивные вещества. Несмотря на то что их концентрации бывают ничтожны, при многолетнем сжигании многих тысяч тонн угля или нефти вокруг ТЭС образуется зона, в которой радиационный фон повышен.

Способы уменьшения неблагоприятных воздействий от ТЭС

1. Предварительная очистка топлива от загрязняющих веществ (прежде всего, серы).
2. Очистка выбросов на специальных устройствах.
3. Повышение эффективности генерации электроэнергии.
4. Снижение доли ТЭС в генерации электроэнергии.
5. Снижение потребления электроэнергии.

Предварительная очистка топлива от загрязняющих веществ (прежде всего серы) предотвращает поступление значительного количества диоксида серы в атмосферу. Для этого применяют способ сжигания угля в псевдоожиженном слое вместе с песком и известью при активной продувке этой смеси воздухом. В результате сера соединяется с известью и удаляется с золой. Этот способ можно применить только на новых электростанциях, в конструкции которых предусмотрен такой способ сжигания угля.

Не менее эффективно **очищать газообразные продукты** сгорания от соединений серы, если пропускать их через распыленный в скруббере водный раствор извести. Диоксид серы выпадает в форме нерастворимого сульфата кальция (CaSO_4). Скрубберы можно устанавливать не только на новых, но и на уже действующих

щих ТЭС. Применение двух способов дало хорошие результаты: доля выбросов диоксида серы значительно снизилась и природные экосистемы уже не страдают в такой мере, как раньше, от кислотных дождей.

Хуже складывается ситуация с высокой эмиссией диоксида углерода, от которого таким способом избавиться не удастся. Поэтому для снижения антропогенной составляющей парникового эффекта необходимо повышать эффективность (КПД) тепловых электростанций, чтобы возросла эффективность генерации электроэнергии и снизился расход топлива. Такой же эффект даст повышение доли в выработке электроэнергии альтернативными способами, такими, как более полное использование солнечной энергии, строительство приливных электростанций, расширение сети ветрогенераторов и пр.

Гидроэлектростанции (ГЭС)

В настоящее время Норвегия, Швейцария, а также некоторые страны Африки получают почти всю электроэнергию от ГЭС.

Положительные особенности ГЭС

- самая низкая себестоимость генерируемой электроэнергии;
- технологическая простота сооружения ГЭС и безопасность их нормальной эксплуатации;
- неисчерпаемость ресурса;
- одновременное снижение риска наводнений;
- аккумуляция воды в водохранилищах для ирригации прилежащих сельскохозяйственных территорий;
- отсутствие теплового загрязнения окружающей среды;
- отсутствие какого-либо химического загрязнения;
- отсутствие радиоактивного загрязнения;
- проектная жизнь вдвое больше, чем ТЭС;
- по сравнению с другими способами получения электроэнергии ГЭС более эффективны, так как 95% времени они работают.

По себестоимости выработки электроэнергии ГЭС, безусловно, выгоднее остальных видов электростанций. Это связано прежде всего с тем, что эксплуатационные расходы у них незначительны. Сооружение гидроэлектростанций связано с большими земляными работами и огромным объемом бетонирования, легко выполняемыми рабочими в любой стране вне зависимости от уровня их технической подготовки. Последующая эксплуатация

ГЭС относительно проста, надежна и безопасна. Гидроагрегаты функционируют в значительно более простых условиях по сравнению с генераторами электроэнергии в ТЭС и АЭС и поэтому требуют ремонта реже. Обычно проектная мощность ГЭС используется эффективнее, чем ТЭС или АЭС. Наконец, сама вода — источник энергии — фактически ничего не стоит. Этот ресурс можно считать неисчерпаемым, если только воду не продают другим пользователям, например для орошения полей.

Строительство плотин и создание водохранилищ с последующей регуляцией водотока позволяют одновременно решить еще две экономически и социально значимые задачи — предотвратить разрушительные наводнения и сохранить воду для использования в засушливый период года (см. гл. 11). Список крупных наводнений, произошедших в мире только лишь за последние 100 лет, с описанием разрушительных последствий впечатляет¹. Самые мощные наводнения происходят в субтропическом регионе, а самые разрушительные последствия — в бедных странах, не имеющих возможностей предотвращать это бедствие. В Китае в 1954 г. после проливных дождей вышли из берегов реки Янцзы и Хвэй. В результате страшного наводнения погибло более 40 тыс. человек. В 1970 г. в Индии, в районе слияния рек Ганг и Брахмапутра, наводнение стало причиной гибели, по разным оценкам, от 500 тыс. до 1,5 млн человек. В развитых странах при сопоставимых по мощности наводнениях значительно меньше человеческих жертв и больше материального убытка. Одни лишь наводнения в Европе осенью 2000 г. принесли убытки, исчисляемые миллиардами долларов. Мощные наводнения случались ранее и в России: на Волге, Неве (в 1824 и 1924 гг.), на других реках и даже на Москве-реке (например, в 1908 г.), неся тяжелые материальные и людские потери. Сооружение каскада волжских гидроэлектростанций (рис. 15.3) позволило почти полностью избавиться от угрозы наводнений в этом важнейшем регионе. Одновременно удалось обеспечить водой Среднее и Нижнее Поволжье, сохранить полноводность реки в любой год. Так же обстоит дело и в других странах.

ГЭС и регулирование речного стока

Для защиты от наводнений и сохранения запасов воды на засушливый период года издавна сооружали плотины и водохранилища. К настоящему времени проделана гигантская работа по созданию искусственных водоемов. Сейчас в мире

¹ Крупнейшие наводнения XX века // Россия в окружающем мире. 2001. С. 194–204.

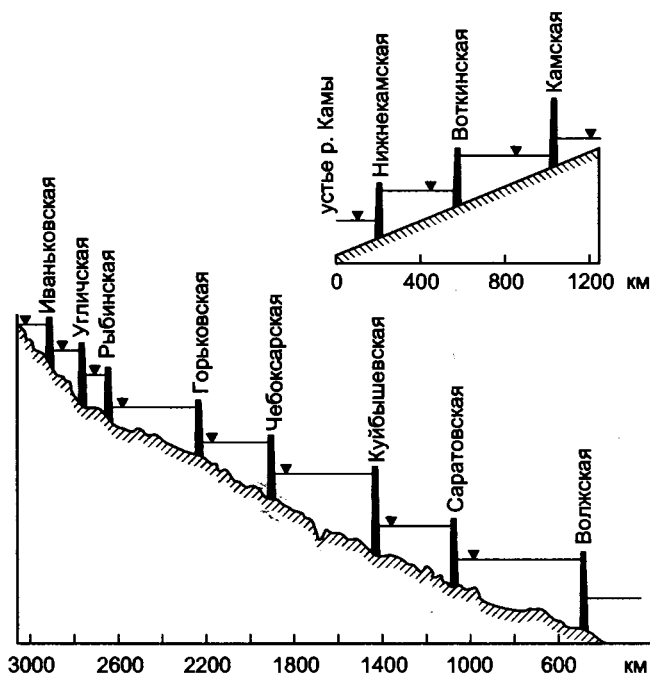


Рис. 15.3. Продольный профиль каскада ГЭС и водохранилищ на Волге и Каме (Авакян, 1999)

существует не менее 20 тыс. водохранилищ с объемом более 10 млн м³, и огромное число малых водоемов.

Великая ценность водохранилищ заключается в том, что они увеличивают период гарантированного устойчивого речного стока. За счет перераспределения стока во времени население и хозяйство ежегодно получают 7500 км³ воды в периоды, когда существует естественный дефицит водных ресурсов.

В 1930–1931 гг. была разработана первая в стране Генеральная схема водоснабжения Донбасса, затем Харькова. За счет привлечения местных и региональных источников поверхностных и подземных вод реализовались планы улучшения водоснабжения Москвы, Киева, Днепропетровска, Горького и др. Был осуществлен ряд гидроэнергетических проектов. В частности, в 1932 г. в соответствии с планом ГОЭЛРО на р. Днепр у Запорожья была построена крупнейшая в Европе ГЭС мощностью 560 тыс. кВт.

Создание водохранилищ в нашей стране проводилось в основном в послевоенное время. В большинстве случаев оно было направлено на получение энергии, необходимой для надежного снабжения промышленных производств, населения электроэнергией, увеличение объема сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях, снижение риска наводнений, увеличение биологических ресурсов, улучшение условий судоходства.

Одновременно водохранилища обеспечивали защиту нижерасположенных территорий от опасности затопления. Площадь паводкоопасных территорий в нашей

стране составляет 400 тыс. км². Катастрофические последствия при этом возможны на площади 150 тыс. км², где расположены 300 городов, десятки тысяч населенных пунктов, большое количество хозяйственных объектов, более 7 млн га сельскохозяйственных земель. Ежегодно подвергается затоплению площадь около 50 тыс. км². Среднегодовой ущерб от наводнений равен 41,6 млрд руб. в год (в ценах 2001 г.). В этих условиях регулирование стока с целью снижения максимальных уровней воды часто является единственным способом обеспечения гидроэкологической безопасности территории. Преодоление проблемы дефицита водных ресурсов, обеспечение надежности водоснабжения на уровне, превышающем сток маловодного года, требовали межгодового перераспределения водных ресурсов. Для этого в стране были построены десятки тысяч водохранилищ. Их полный объем составляет примерно 800 км³. К крупным и особо крупным объектам относятся 325 водохранилищ (объемом более 10 млн м³). Наибольшее число водохранилищ находится в Поволжском районе — 600, Центрально-Черноземном — 434, Уральском — 383. Самые крупные водохранилища находятся в Восточной Сибири. Средний объем одного водохранилища достигает здесь 26,4 км³, на Дальнем Востоке — 7,4 км³, в Поволжском районе — 1,4 км³. Почти 65% крупных городов страны (с численностью населения более 500 тыс. человек) снабжаются водой, накапливаемой в водохранилищах (Москва, Волгоград, Омск, Ростов-на-Дону, Ярославль, Новосибирск и др.).

Эти позитивные изменения сопровождаются затоплением пойменных (часто ценных) земель, подтоплением прилегающих к водохранилищу территорий, разрушением берегов, изменением теплового, биологического режима верхнего и нижнего бьефа гидротехнических сооружений, перерождению водных экосистем подчас с нежелательными сменами видов. В нашей стране создание водохранилищ и гидростанций исторически прошло путь от восторженного приветствия со стороны населения (1930–1960-е гг.) до волны массового неприятия дальнейшей экспансии гидростроительства (1980-е годы). Радость населения объяснялась надеждами на улучшение жизни. Сооружение ГЭС сулило дальнейшее распространение энергоснабжения по городкам и поселкам. Плотины защищали от опасных наводнений. А массовое недовольство в последующие десятилетия было связано с нарушением устоявшегося уклада прибрежных деревень, переселением населения из них, затоплением домов и кладбищ, плодородных угодий, быстро проявившимися признаками деградации рек: заморами, гибелью рыбы в застойных водах водохранилищ. По мере строительства новых плотин и водохранилищ менялось соотношение между позитивными и негативными последствиями регуляции водопользования. Утилитарные интересы увеличения производства электроэнергии и ирригации сельскохозяйственных угодий перевесили множество других социальных и экологических ценностей, которым грандиозные планы гидростроительства наносили основательный ущерб. Поэтому необходимо с особой тщательностью и детальностью под-

ходить к разработке проектов использования водных ресурсов (Алексеевский, Гладкевич, 2003).

Гидроэлектростанции вырабатывают электроэнергию без какого-либо теплового, химического или радиоактивного загрязнения окружающей среды. В целом получение их можно было бы считать экологически чистым источником электроэнергии, если бы не ряд негативных моментов.

Отрицательные особенности ГЭС

- зарегулирование стока рек приводит к значительному изменению водных экосистем: вместо проточных возникают стоячие водоемы;
- при строительстве водохранилищ в низовьях рек происходит затопление значительных территорий (пойм) — наиболее плодородных земель, общее количество которых на Земле не столь велико; в СССР за время гидростроительства было переселено 1,1 млн человек;
- при значительном смыве с берегов почвы и поступлении бытовых и сельскохозяйственных стоков происходит эвтрофикация вод, что приводит к цветению фитопланктона и последующим заморам;
- проходные (мигрирующие из моря в верховья рек или наоборот) рыбы лишаются возможности достичь своих нерестилищ;
- в случае террористических действий ГЭС может стать объектом повышенной опасности. Так, в 1938 г. в Китае ради срыва наступления японских войск китайские войска разрушили дамбу, и в результате быстрого затопления местности погибло почти 500 тыс. человек;
- аналогичные последствия могут быть вызваны сильными землетрясениями.

Эти негативные особенности сильнее всего выражены при строительстве ГЭС на равнинах (см. гл. 11). В горной местности водохранилища не занимают большой площади, при том что высота плотины может быть значительной. Здесь, как правило, не возникает и проблем с сохранением проходных рыб.

Способы уменьшения неблагоприятных воздействий

Для того чтобы максимально снизить негативный эффект от строительства ГЭС и сооружения крупных водохранилищ, надо более строго относиться к оценке экологического ущерба. Обычно

на первых этапах реализации программы гидростроительства ГЭС их сооружают в самых благоприятных местах, например в верховьях рек, но затем не останавливаются до тех пор, пока еще возможно получить от реки хоть сколько-нибудь электроэнергии. Если в верховьях рек удастся построить высокую плотину с отчуждением небольшой прилегающей территории, используя для этого особенности горного рельефа, то в низовьях рек тот же результат достигается на равнинном рельефе только при условии затопления огромной территории. В этом случае достижение экономически оправданной цели — стабильное водообеспечение сельского хозяйства и выработка электроэнергии — сопровождается значительным экологическим ущербом. Поэтому теоретически определенные ресурсы гидроэнергетики, как правило, оказываются завышенными. В каждом случае следует принимать взвешенное решение с учетом как экономических задач, так и экологических последствий.

Негативные стороны крупных ГЭС и недостаток гидроэнергетических ресурсов заставили обратить внимание на экологичность малых ГЭС, которые были распространены на заре гидростроительства, а затем оказались заброшенными в последующий период увлечения строительством больших промышленных гидроэлектростанций. Малые ГЭС позволяют получить дополнительную электроэнергию с меньшими издержками. При меньшем объеме водохранилищ в них сохраняется удовлетворительный водообмен, а следовательно, не так сильно перерождается экосистема. Кроме того, многочисленные малые ГЭС находятся ближе к потребителю и поэтому не требуют протяженных линий электропередач.

Необходимо напомнить, как развивалось вековое классическое энергетическое хозяйство России, которое бездумно сгубили еще в 30-е годы XX в. Это хозяйство шло по пути максимального использования разнообразных возобновимых источников энергии. Так, в стране работали сотни тысяч ветряных и несколько десятков водяных двигателей, многие из которых были построены по принципу деривационных (на отводных рукавах, без перегораживания основного русла реки), уже было создано 6600 электростанций на базе водяных двигателей на малых реках. Только такие источники энергии, экологически безопасные, давали не менее 15 млн кВт установленной мощности. Что было бы, если бы 40–50 лет тому назад сохранили эту энергетику, модернизировали и переоборудовали двигатели, снабдив их генераторами, т.е. увеличили их мощность в 2–3 раза? Мы обладали бы теперь установленной мощностью в 30–45 млн кВт! А ведь это мощность, которая в 3–4 раза превышает установленную мощность всего волжско-камского каскада ГЭС и составляет половину потребности в энергии всего агропромышленного комплекса.

И так обстояло дело не только у нас. В США, где бум малой энергетики пришелся на первую треть века (1930–1970 гг.), были законсервированы как недоста-

точно экономичные более 3000 малых ГЭС. С 1963 по 1975 г. выработка энергии на малых ГЭС Франции снизилась в 4,5 раза.

Практика развития мировой энергетики показала, что в решении энергетической проблемы важны пять фундаментальных направлений: соблюдение экологической безопасности создания и эксплуатации энергетических установок; максимальное приближение источников энергии к потребителям, особенно когда они рассредоточены; постоянное снижение затрат энергии на единицу вырабатываемой продукции; недопущение разрыва между потенциальными мощностями и используемой их долей и, наконец, максимальный выход технически применимой энергии с 1 км². Все эти пять принципов при создании энергетической базы как в целом по стране, так и в бассейне Волги не соблюдались. Исполнялся лишь один только принцип — затратный: как можно больше создать энергетических установок огромной единичной мощности, не считаясь ни с какими затратами, не определяя масштабов разрушения экологических систем.

Ныне живущее поколение еще помнит, как по необъятным просторам России стояли бесчисленные ветряки на взгорьях и холмах, а по малым рекам, ручьям и даже арыкам — столь же многочисленные водяные мельницы, толчеи, крупорушки, маслобойки, лесопилки и др. Система малой энергетики преследовала много целей: и регулирование, и накопление воды, и поддержание оптимального уровня грунтовых вод, и обводнение пойменных и заливных лугов в паводок, и орошение этих лугов в межень, и сохранение чистоты воды, и развитие рыбного хозяйства, и увеличение прироста лесов, и сбережение ягодников, и, наконец, получение энергии без урона для природы и хозяйства. Водорегулирование началось с верховьев рек и речек, и тем самым обеспечивалась их полноводность в нижнем течении, поддерживались судоходные глубины. Почвы и грунты на всем водосборе пропитывались влагой, и поток ее медленно шел с верховьев вниз с выходом вод на поверхность в родниках, ключах и речках. В таких условиях воздушные и почвенно-грунтовые засухи были редким явлением. Смыв почв по склонам был минимальным, а заиливание водотоков и водоемов незначительным.

В начале XX в. было учтено 250 тыс. крестьянских ветряных мельниц мощностью до 1 млн кВт. Они перемалывали 2,5 млрд пудов зерна на месте, без дальних перевозок. В 40-х годах была порушена основная часть ветряных и водных двигателей, а к 50-м годам они почти совсем исчезли, как энергетическая техника “отсталого исторического прошлого”. В 1982 г. из 6600 малых ГЭС работало всего 180 мощностью 420 тыс. кВт.

Интенсивно строятся малые ГЭС в странах Западной Европы. Ныне их насчитывается: в Австрии — 950, в Италии — 1200, в Норвегии — 500, в Финляндии — 170, во Франции — 1100, в ФРГ — 800, в Швеции — 1200. В Голландии активно реконструируют водяные мельницы в малые ГЭС. В Японии действует 1300 ГЭС, в Индии — 2000, в Китае — почти 100 тыс., где около трети электроэнергии производится на малых ГЭС. Их общая мощность сейчас 10 млн кВт, и ежегодно она увеличивается примерно на полмиллиона (Экологически чистая энергетика, 1990. С. 17; Экокультура, 1998. С. 99–103).

Атомные электростанции (АЭС)

Появление атомных электростанций в 1950-х годах было встречено с огромным энтузиазмом. В АЭС видели гаранта неограниченного ресурсным дефицитом устойчивого электроснабжения. Если ископаемое органическое топливо исчерпаемо, то “атом

неисчерпаем". Небольшого количества обогащенного урана было достаточно для долгосрочной работы электростанции. Были созданы ледоколы и подводные лодки с атомными реакторами, способные по 6 мес. работать в океане без подзаправки. Ведущие державы мира принимали стратегические проекты развития ядерной энергетики, а футурологи рассчитывали, когда АЭС полностью вытеснят тепловые электростанции с их дымящими трубами. Однако судьба ядерной энергетики оказалась сложнее. Не утихают споры относительно целесообразности дальнейшего развития атомной энергетики. Некоторые страны запретили строительство АЭС на своей территории. АЭС стали мишенью нападок тех, кого беспокоила безопасность мира (подробнее см.: Меньшиков, 1998; Ревель, Ревель, 1995).

Энергия на атомных электростанциях получается при распаде ядер урана или других тяжелых элементов (тория, плутония). Ядра урана-235 распадаются значительно активнее, чем урана-238. В последнем не может возникнуть самопроизвольно цепной реакции, а уран-235 ее поддерживает. В природном уране концентрация изотопов урана-235 всего около 0,7%. С помощью специальной технологии обогащения уранового концентрата содержание урана-235 доводят до 2,4–25%. Деление возникает при бомбардировке ядер урана нейтронами. Продукты разрушения атома — нестабильные осколки, состоящие из части "родительского" ядра и электронов, которые далее поэтапно распадаются с высвобождением большой энергии, превращаясь на каждом этапе распада во все более стабильные атомы.

Последовательность цепочки преобразований следующая: при распаде урана-238 появляются барий-141 и инертный газ криптон-92, и образуются радиоактивные изотопы ксенона, цезия, стронция, йода, брома, лантана и другие, а также опасное проникающее гамма-излучение. Одновременно выделяются новые нейтроны, которые взаимодействуют с большим числом ядер урана-235 и урана-238, вызывая их распад. При высокой концентрации "радиоактивного топлива" создается критическая масса, в которой цепная реакция идет по нарастающей, приводя к взрыву. На этом принципе устроены атомные бомбы.

В атомной электростанции реакция распада ядер регулируется с помощью поглощения избыточного количества нейтронов, которое должно быть в пределах установленной нормы. Это достигается с помощью непрерывного отслеживания уровня ядерной реакции и требует высокой надежности приборов. *Реакция распада ядер урана на том уровне, при котором образуется достаточно*

тепловой энергии, не может быть стабильной. В этом и заключается фундаментальная проблема безопасности АЭС.

Типы ядерных реакторов

ВВЭР — водо-водяной энергетический реактор (Кольская, Калининская, Балаковская и др. АЭС)

РБМК — реактор большой мощности канальный (Курская, Ленинградская, Смоленская, Чернобыльская АЭС)

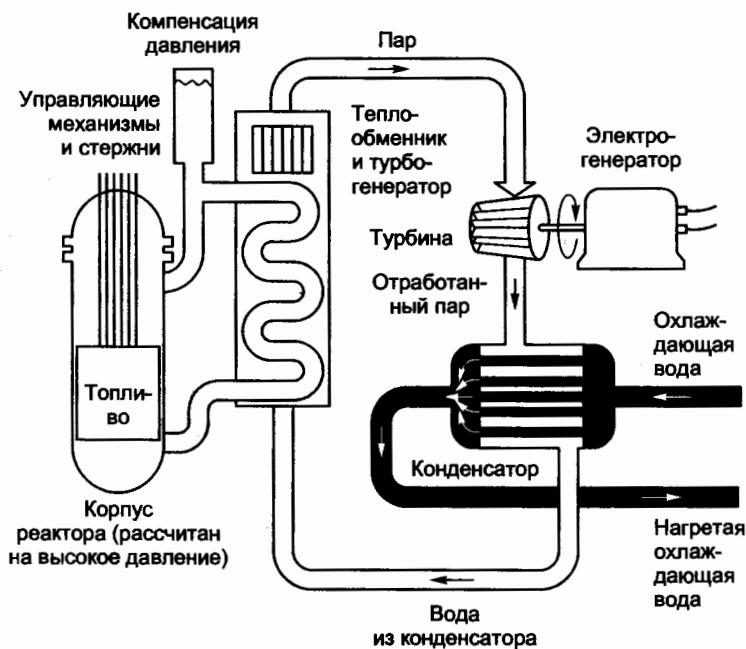
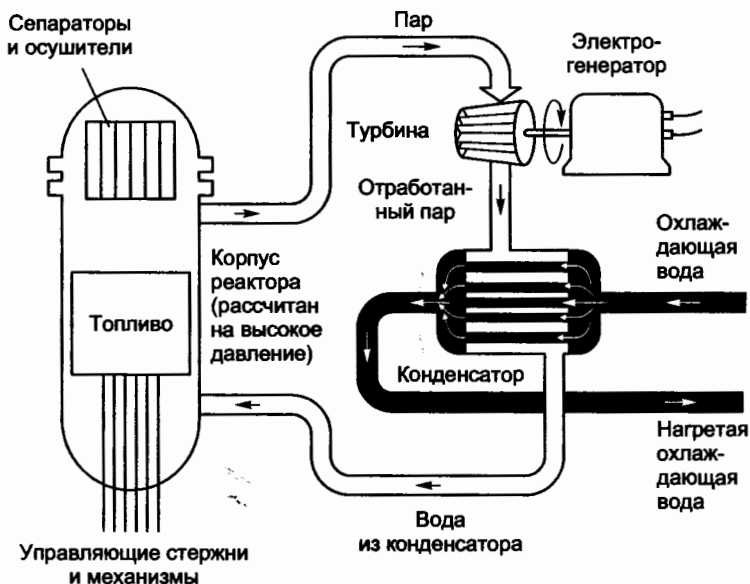
БН — реактор на быстрых нейтронах (Обнинск)

Образующееся тепло используется для нагрева воды, преобразования ее в пар и дальнейшей генерации электроэнергии на паровой турбине. Существуют два основных способа подачи пара в турбину: либо получать перегретый пар в самом ядерном реакторе и направлять его в турбину (так устроены реакторы РБМК), либо прогонять воду через ядерный реактор под большим давлением, не доводя ее до кипения, а затем этой перегретой водой нагревать независимый водяной контур до температуры парообразования и уже этот пар (из второго контура) направлять в турбину (реакторы ВВЭР) (рис. 15.4).

Уран-235 обычно присутствует в природной урановой руде в незначительной концентрации (около 0,7%), недостаточной для начала цепной реакции. Преобладающий в руде уран-238 опасен для живого лишь после длительного контакта. Так, ни в одной стране, где добывали уран, до 1950–1960-х годов шахтеры не использовали никаких средств защиты. С годами выяснилось, что длительное пребывание в урановых шахтах увеличивает риск заболевания раком легких.

В процессе создания атомной бомбы научились ускорять реакцию распада ядер урана при бомбардировке нейтронами. При повышении концентрации урана-235 скорость распада и выделения нейтронов возрастает, что приводит к цепной реакции с выделением огромной энергии. Этот феномен использовали как для изготовления атомных бомб, так и для получения электроэнергии на АЭС с помощью нагревания воды. На специальных заводах урановую руду очищают, разделяют изотопы урана-238 и урана-235, а затем в конечном продукте создают смесь этих двух изотопов в необходимой пропорции. В атомной бомбе содержание урана-235 должно быть выше 20%¹, а в ядерном топливе для АЭС только 3%. При цепной реакции в атомной бомбе выделяется так много энергии, что происходит мощный взрыв. Цепная реакция

¹ Обычно в атомных бомбах используют не уран-235, а плутоний-239.



в “горючем” для АЭС в худшем случае может привести к его расплавлению.

Топливо для АЭС изготавливают в виде “таблеток” обогащенного урана-238, в котором содержание урана-235 доведено до 3%. Их помещают в трубки из циркония (тепловыводящие элементы — сокращенно твэлы). По мере работы реактора количество урана-235 в твэлах постепенно убывает, а количество продуктов деления увеличивается. В результате процесс деления замедляется. Примерно через три года твэлы обновляют, а отработанные со всеми мерами предосторожности специальным роботом перемещают во временное хранилище под водой, в котором их радиоактивность будет постепенно уменьшаться.

Устройство реактора РБМК

РБМК-1000 — это реактор на тепловых нейтронах, в котором замедлителем служит графит, а теплоносителем — обыкновенная вода.

РБМК — реактор большой мощности канальный (в настоящее время снят с производства). Теплоноситель в активной зоне РБМК движется по отдельным каналам, проложенным в толще замедлителя, а не в едином массивном корпусе, как в другом основном типе советских реакторов — ВВЭР. Это позволяет сделать реактор достаточно большим и мощным: активная зона РБМК-1000 имеет вид вертикального цилиндра диаметром 11,8 м и высотой 7 м. Весь этот объем заполнен кладкой из графитовых блоков размерами 25×25×60 см общей массой 1850 т. В центре каждого блока сделано цилиндрическое отверстие, сквозь которое и проходит канал с водой-теплоносителем. На периферии активной зоны расположен слой отражателя толщиной около 1 м — те же графитовые блоки, но без каналов и отверстий.

Графитовая кладка окружена цилиндрическим стальным баком с водой, играющим роль биологической защиты. Графит опирается на плиту из металлоконструкций, а сверху закрыт другой подобной плитой, на которую для защиты от излучения положен дополнительный настил.

В 1661-м канале с теплоносителем размещены кассеты с ядерным топливом — таблетками спеченной диоксида урана диаметром чуть больше 1 см, высотой 1,5 см, содержание урана-235 в которых несколько выше естественного (2%). 200 таких таблеток собираются в колонну и загружаются в тепловыделяющий элемент (твэл) — пустотелый цилиндр из циркония с примесью 1% ниобия длиной около 3,5 м, диаметром 13,6 мм. В свою очередь, 36 твэлов собираются в кассету, которая вставляется в канал. Общая масса урана в реакторе 190 т. В других 211 каналах перемещаются стержни-поглощители.

Вода в системе охлаждения циркулирует под давлением 70 атм (при столь высоком давлении ее температура кипения 284 °С). Она подается в каналы снизу главными циркуляционными насосами (ГЦН). Проходя через активную зону, вода нагревается и вскипает. Образовавшаяся смесь из 14% пара и 86% воды отводится

Рис. 15.4. Схемы атомных реакторов кипящего типа (А) и с охлаждением водой под давлением (Б) (Ревель, 1995)

через верхнюю часть канала и поступает в четыре барабана-сепаратора. Эти устройства представляют собой огромные горизонтальные цилиндры (длина 30 м, диаметр 2,6 м) из высококачественной стали фирмы "Крезолуар". Здесь под действием силы тяжести вода стекает вниз, а пар, отделяясь от нее, по паропроводам подается на две турбины. Расширяясь и остывая после прохождения через турбины, пар конденсируется в воду с температурой 165 °С. Эта вода, которую называют питательной, насосами снова подается в барабаны-сепараторы, где смешивается с горячей водой из реактора, охлаждает ее до 270 °С и поступает вместе с ней на вход ГЦН. Таков замкнутый контур, по которому циркулирует теплоноситель. Каналы со стержнями-поглотителями охлаждаются водой независимого контура.

Помимо описанных устройств, в состав каждого энергоблока входят система управления и защиты, регулирующая мощность цепной реакции, системы обеспечения безопасности, в частности система аварийного охлаждения реактора (САОР), предотвращающая плавление оболочек твэлов и попадание радиоактивных частиц в воду и т.д. (Львов Г. Чернобыль: анатомия взрыва // Наука и жизнь. 1989. № 12. С. 2–11).

В 1954 г. Россия первой построила АЭС для производства электричества. Вскоре ее примеру последовали другие развитые страны: в 1956 г. была пущена первая АЭС в Англии, в 1957 г. — в США. По доле получаемой на АЭС электроэнергии в национальном энергобалансе Россия давно уже не лидирует. Многие страны опережают ее, сделав упор на развитие атомной энергетики (рис. 15.5). В настоящее время в мире работает более 400 ядерных реакторов, число которых возрастает. В России имеется 13 АЭС, на которых установлено 36 реакторов (табл. 15.2), расположенные в основном в европейской части страны (рис. 15.6). Радикального наращивания производства электроэнергии на АЭС в ближайшие десятилетия ожидать не приходится, по крайней мере до тех пор,

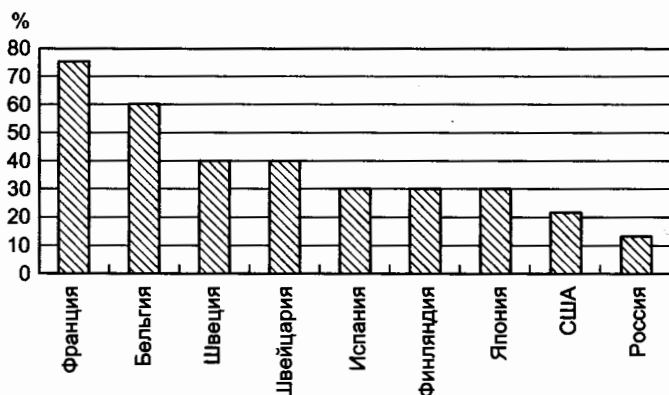


Рис. 15.5. Доля АЭС в национальных энергобалансах по странам (Меньшиков, 1998)

Таблица 15.2

Действующие энергоблоки АЭС России

(http://rosatom.ru/?razdel=225)

п/п	Включение в сеть	АЭС	Блок	Тип реактора	Мощность, мВт (эл.)
30	30.03.01	Волгодонская	1	ВВЭР-1000	1000
29	11.04.93	Балаковская	4	ВВЭР-1000	1000
28	17.01.90	Смоленская	3	РБМК-1000	1000
27	24.12.88	Балаковская	3	ВВЭР-1000	1000
26	08.10.87	Балаковская	2	ВВЭР-1000	1000
25	03.12.86	Калининская	2	ВВЭР-1000	1000
24	28.12.85	Балаковская	1	ВВЭР-1000	1000
23	02.12.85	Курская	4	РБМК-1000	1000
22	31.05.85	Смоленская	2	РБМК-1000	1000
21	11.10.84	Кольская	4	ВВЭР-440	440
20	09.05.84	Калининская	1	ВВЭР-1000	1000
19	17.10.83	Курская	3	РБМК-1000	1000
18	09.12.82	Смоленская	1	РБМК-1000	1000
17	24.03.81	Кольская	3	ВВЭР-440	440
16	09.02.81	Ленинградская	4	РБМК-1000	1000
15	31.05.80	Нововоронежская	5	ВВЭР-1000	1000
14	08.04.80	Белоярская	3	БН-600	600
13	07.12.79	Ленинградская	3	РБМК-1000	1000
12	28.01.79	Курская	2	РБМК-1000	1000
11	27.12.76	Билибинская	4	ЭГП-6	12
10	19.12.76	Курская	1	РБМК-1000	1000
9	22.12.75	Билибинская	3	ЭГП-6	12
8	11.07.75	Ленинградская	2	РБМК-1000	1000
7	30.12.74	Билибинская	2	ЭГП-6	12
6	09.12.74	Кольская	2	ВВЭР-440	440
5	12.01.74	Билибинская	1	ЭГП-6	12
4	21.12.73	Ленинградская	1	РБМК-1000	1000
3	29.06.73	Кольская	1	ВВЭР-440	440
2	28.12.72	Нововоронежская	4	ВВЭР-440	417
1	12.12.71	Нововоронежская	3	ВВЭР-440	417

пока не будут предложены принципиально более совершенные технологии использования энергии радиоактивного распада. Тем не менее курс на создание новых АЭС уже принят.

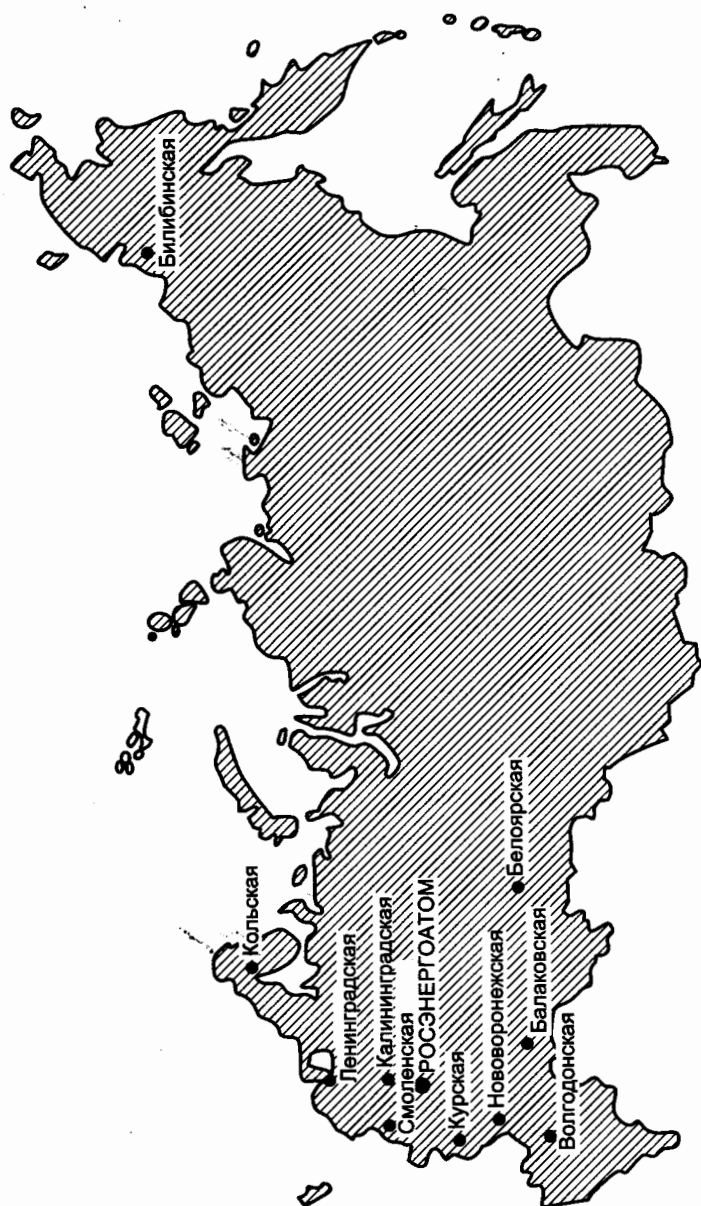


Рис. 15.6. Карта расположения АЭС в России (<http://www.rosatom.ru/>)

Положительные особенности АЭС

- продолжительная работа на ограниченном по массе источнике энергии;
- возможность обеспечения электроэнергией регионов, находящихся вдали от источников органического топлива или гидроэнергетических ресурсов;
- предполагаемая неисчерпаемость ядерного топлива;
- возможность одновременного получения материала для создания ядерного оружия;
- отсутствие химического загрязнения окружающей среды;
- отсутствие негативных экологических последствий, подобных строительству плотин и водохранилищ.

Для получения электроэнергии на АЭС требуется намного меньше по объему сырья, чем в тепловых электростанциях. 1 г урана дает в 3 млн раз больше энергии, чем 1 г угля. Поэтому на одной загрузке радиоактивного "топлива" ядерный реактор работает месяцами. Эта независимость от подвоза сырья бесценна в тех условиях, где большие количества горючего невозможно запасти, например на кораблях дальнего плавания, подводных лодках, космических аппаратах.

Даже на Крайнем Севере возникают большие трудности в бесперебойном снабжении углем и нефтепродуктами. Один из заманчивых проектов — строительство плавучих АЭС, которые можно транспортировать морским и речным путем в устья сибирских рек к местам потребления электроэнергии.

В процессе работы реакторов в твэлах накапливаются радиоактивные изотопы плутония (плутоний-239; плутоний-240; плутоний-241 и плутоний-242). После химической очистки он становится источником цепной реакции, которую используют в атомных бомбах. Поэтому развитие всего комплекса ядерной энергетики — от разработки месторождений урана, его обогащения на специальных заводах до производства твэлов, ядерных реакторов и переработки отходов — позволяет сразу решить задачу обладания атомным оружием. Это обстоятельство сыграло далеко не последнюю роль при массивной государственной поддержке в США, Великобритании, Франции и СССР национальных программ развития ядерной энергетики.

Безусловным достоинством АЭС надо признать отсутствие химического загрязнения окружающей среды. АЭС не производят в качестве побочного продукта диоксид углерода и не способствуют дестабилизации климата. Учитывая гигантские экономические потери мирового сообщества от потенциального изменения

климата, спровоцированного антропогенным воздействием в виде нарастающего парникового эффекта, нужно взвешенно подходить к оценке перспективности развития ядерной энергетики.

Строительство АЭС не связано с отчуждением значительных территорий, как в случае с ГЭС. Однако в целях обеспечения безопасности атомные электростанции не принято строить вблизи городов.

Из биографии РБМК

Почему реакторы типа РБМК получили такое распространение в нашей стране? Прежде всего, уранграфитовые системы с водяным охлаждением — самые простые и технологически доступные (поэтому на них и делалась ставка при разработке атомного оружия). Первые реакторы — и у Ферми и у Курчатова — имели именно такую структуру. Эта схема использовалась на первой (Обнинской) АЭС, она же сохранилась на Белоярской и Сибирской АЭС, а затем привела к появлению РБМК-1000.

Чем же прельстил РБМК наших разработчиков и руководителей отрасли? Конечно, он имеет свои достоинства. Для РБМК можно использовать менее обогащенное топливо, что экономически выгодно. Можно, не останавливая реактора, перегружать твэлы (это делает РЗМ — разгрузочно-загрузочная машина — особый 450-тонный робот). У РБМК, в отличие от его главного конкурента, ВВЭР, нет единого корпуса, а по словам бывшего председателя Госкомитета по использованию атомной энергии СССР А.М. Петросьянца, “возможность строительства АЭС с реакторами бескорпусного типа весьма заманчива, поскольку освобождает заводы тяжелого машиностроения от изготовления стальных изделий массой до 200–500 т”. Это же снимает ограничения на мощность отдельного блока. Как заметил И.В. Сивинцев, сотрудник Института атомной энергии, работавший вместе с Курчатовым, “большое достоинство уранграфитовых аппаратов канального типа — возможность стандартизации их секций, что позволяет, как из кубиков, набирать реактор практически любой мощности”. Такой подход наиболее ярко воплотился в нереализованном проекте реактора РБМКП-2400, по мощности в 2,4 раза превосходящего чернобыльский. По имеющимся у автора сведениям, уже шла работа над проектом РБМКП-4800.

Говорят, что недостатки — почти всегда продолжение достоинств. Отсутствие единого корпуса — это одновременно отсутствие дополнительного барьера на пути выброса радионуклидов при аварии. Вдобавок гигантские размеры РБМК исключают строительство контейнента — внешней защитной оболочки, без которой сейчас в мире не сооружается практически ни одного мощного реактора. Физические особенности конструкции РБМК позволяют использовать в нем менее обогащенное топливо (в частности полученное после регенерации отработавших твэлов ВВЭР). Зато в силу опять-таки физических особенностей конструкции эксплуатационные выбросы радиоактивных благородных газов у РБМК чуть ли не в 40 раз выше, чем у ВВЭР (*Львов. Чернобыль: анатомия взрыва // Наука и жизнь. 1989. № 12. С. 2–11*).

Отрицательные особенности АЭС:

- утечка радиоактивных элементов в штатном режиме;
- радиоактивная опасность в случае аварии;

- сложность безопасного захоронения ядерных отходов;
- непродолжительность проектного срока службы АЭС;
- сложность решения проблемы демонтажа АЭС и обезвреживания радиоактивных конструкций;
- достаточно высокая себестоимость получаемой электроэнергии;
- весьма ограниченные ресурсы урана для получения ядерного топлива.

Современные АЭС обеспечивают полную изоляцию радиоактивных веществ в пределах отведенных для этого рабочих зон. Радиационный фон на самой атомной электростанции и вокруг нее не отличается от естественного. Однако не надо забывать, что небольшие сбои всегда происходят при работе любой техники. Радиоактивные изотопы не могут выйти за пределы твэла, окруженного специальной оболочкой, при условии ее целостности. На деле в любом металле могут быть дефекты, тем более они могут возникнуть при нахождении в агрессивной среде при повышенной температуре в условиях ядерной реакции. Через микротрещины изотопы могут просачиваться в воду первичного контура, а при более сильном повреждении твэлов происходит полноценное радиоактивное загрязнение воды, которую следует заменять на чистую. Металл также становится радиоактивным при облучении нейтронами в активной зоне реактора. Так повседневно образуются незначительные по количеству отходы даже при работе в нормальном безаварийном режиме.

Уровень радиационного воздействия отечественных АЭС на население и окружающую среду в 2003 г. составил 0,003–0,06% от дозы, создаваемой природными источниками излучения, и не может быть измерен на фоне естественной радиации (*Радиационная безопасность атомных станций*: <http://rosatom.ru/?razdel=233>).

Если же по каким-то причинам нарушится циркуляция воды в охлаждающем контуре или произойдет разрыв трубопровода, то находящаяся под высоким давлением вода в активной зоне реактора будет попросту выброшена из него. Оставшись без охладителя, реактор быстро нагреется, и твэлы могут расплавиться. Газообразные радиоактивные изотопы могут выйти за пределы рабочей зоны реактора, вырваться из помещения АЭС и распространиться вокруг. Подобная авария произошла 28 марта 1979 г. на американской АЭС Три-Майл-Айленд в шт. Пенсильвания. Причиной стал отказ двух насосов во внешнем контуре охлаждения одного из реакторов (см. гл. 19). Сбои меньшего масштаба происходят регулярно на АЭС, и о них правительство обязано информировать население собственной страны и международную общественность.

Балаковская АЭС находится на берегу Волги, в 160 км от Саратова. Первоначально она планировалась как самая крупная АЭС в мире — на ней предполагалось построить 24 блока вдоль Волги. Уже после возведения первой очереди под влиянием черновильской аварии и многочисленных протестов населения региона число предполагаемых блоков сократилось до шести. Вся история станции представляет собой цепь опасных аварий.

27 июня 1985 г. при испытании первого блока без загрузки топлива (“горячая обкатка”) произошел разрыв первого контура (паропровод 900 мм). Трехсотатмосферный пар стал поступать в помещение, где работали люди. Погибло 15 человек.

В 1988 г. на первом и третьем блоках вышли из строя и были заменены парогенераторы (они складировались прямо на территории АЭС, поскольку железная дорога отказывается перевозить их из-за высокой радиоактивности).

В 1989 г. — авария на первом блоке с утечкой 5 л радиоактивной воды в пруд — охладитель станции.

В 1990 г. вышел из строя теплообменник первого контура. Из-за своих размеров он не поместился в хранилище и находится в технологическом коридоре спецкорпуса.

В 1991 г. на Балаковской АЭС произошли три пожара и три аварии с последующим возгоранием.

В ночь с 3 на 4 марта 1992 г. загорелся электрический кабель на электрогенераторе третьего блока, находившегося в рабочем состоянии. Письменный допуск (!) на тушение был выдан пожарным через 57 мин. с момента сообщения о пожаре. Инцидент был квалифицирован третьим уровнем по международной шкале, что расценивается как “серьезное происшествие”. Третий блок долго стоял на ремонте (Львов. Чернобыль: анатомия взрыва // Наука и жизнь. 1989. № 12. С. 2–11).

28 апреля 1986 г. произошла значительно более страшная авария на Чернобыльской АЭС недалеко от Киева, в результате которой погиб обслуживающий персонал, возникла опасность радиоактивного облучения тысяч людей, и многие тысячи были эвакуированы из зоны радиоактивного загрязнения. Произошел разнос радиоактивных веществ на огромной территории в Европе, а затем и в других частях мира (см. гл. 19). Эта катастрофа наглядно показала, как одна-единственная ошибка или стечение обстоятельств могут во много раз перекрыть своими ужасными социальными, экономическими и экологическими последствиями все преимущества атомной энергетики. Экономический ущерб от чернобыльской катастрофы в три раза превзошел экономический эффект от всей атомной энергетики Советского Союза с 1954 по 1990 г.

Под впечатлением от этой катастрофы многие страны законодательно отказались в течение 80–90-х годов от дальнейшего строительства АЭС на своей территории. К ним относятся: Австралия, Австрия, Испания, Голландия, Греция, Дания, Италия, Польша, Швеция, Швейцария и др.

Австралия богата месторождениями урана. Общие запасы урана на территории Австралии оцениваются в 654 тыс. т, причем себестоимость добычи составля-

ет всего 40 долл. США за 1 кг. Основные залежи сосредоточены в шести месторождениях: Олимпик-Дам (Южная Австралия), Рейнджер, Джабилука, Кунгарра по берегам реки Южный Аллигатор (Северная территория), Кинтайр и Йилири (Западная Австралия). Доля Австралии в мировой добыче урана возрасла с 1% (365 т) в 1977 г. до 22% (7579 т) в 2000 г. Теперь Австралия занимает второе место после Канады. Сама Австралия уран не потребляет (AusGEO News. 2002. N 64. P. 30).

Через четверть века с начала эксплуатации первых АЭС в полной мере выяснился масштаб еще одной слабой стороны атомной энергетики. Отработанное ядерное топливо (ОЯТ) не так-то просто утилизировать или захоронить. В начале эры атомной энергетики проблема захоронения ОЯТ казалась намного проще. Рассматривалось несколько вариантов: захоронение в глубинах океана, в отработанных соляных шахтах, в специальных туннелях внутри гор и даже вывод в космос. Но при более обстоятельном изучении каждого варианта оказалось, что все они небезопасны.

В глубинах океанов вовсе не вечный покой. Там имеются свои придонные течения, которые не остаются постоянными. Место захоронения ОЯТ может быть размыто, а сами радиоактивные вещества — разнесены по всему Мировому океану, что представило бы настоящую катастрофу для биосферы, и в первую очередь для нас самих.

Не обеспечивают необходимой изоляции и варианты захоронения на суше. Знания о динамических процессах в литосфере за последние полвека необычайно расширились, рассеяв иллюзию о вечной стабильности каких-либо удаленных от поверхности слоев. Оказалось, что даже в тех местах, где природная изоляция лежа, выбранного для захоронения радиоактивных веществ, отличается особой надежностью, все равно с грунтовыми водами радиоактивные вещества могут достичь Мирового океана значительно быстрее, чем это было рассчитано. Остается складировать радиоактивные отходы в специально оборудованных хранилищах, помещая их в изолирующие оболочки, и содержать под тщательным присмотром почти что вечно.

Продолжительность нормальной безопасной работы АЭС по проекту всего 30–40 лет. За это время возрастает риск разрушения каких-либо компонентов конструкции из-за накапливающихся дефектов материалов. И металлы и бетон стареют под воздействием ядерной реакции значительно быстрее. После истечения установленного срока полагается демонтировать здание и все агрегаты АЭС, а так как многие части сами стали радиоактивными, то их следует захоронить или законсервировать всю отработавшую свой срок АЭС после того, как из нее будет извлечено все

ядерное топливо. И тот и другой варианты весьма дорогостоящие. Пока предпочитают не разбирать выведенные из строя блоки АЭС.

Вопрос о себестоимости электроэнергии, получаемой на АЭС, также совсем не простой. Если включать в себестоимость лишь саму добычу и переработку радиоактивного сырья, а также стоимость сооружения АЭС и затраты на ее обслуживание, то в таком варианте расчета электроэнергия, вырабатываемая атомной электростанцией, вполне может конкурировать со всеми другими способами ее генерации.

Если же принимать во внимание не всегда точно определенные до сих пор затраты на безопасное захоронение отработанных ядерных отходов, демонтаж или консервацию с последующей охраной реакторов, отработавших свой срок, затраты на ликвидацию аварий, то себестоимость такой электроэнергии намного выше. За 50 лет с момента пуска первой Обнинской АЭС требования обеспечения безопасности привели к значительному удорожанию проектов, а следовательно, и к увеличению себестоимости получаемой электроэнергии. Сейчас уже нет оснований считать, что ядерная энергетика вытеснит другие виды получения электричества просто в силу своей высокой коммерческой конкурентоспособности.

Так, германский бундестаг принял закон, по которому в ближайшие 20 лет в стране будут закрыты все 19 АЭС.

Таблица 15.3

Подтвержденные ресурсы урана ведущих сырьевых стран на 1998 г., тыс. т
(Юсфин и др., 2002)

Австралия	615
Казахстан	430
Канада	325
ЮАР	215
Бразилия	180
Намибия	165
США	105
Остальные	660

В последнее время в связи с усилившимся терроризмом в мире вызывает беспокойство новая проблема, связанная с АЭС. Прежде всего это безопасность самих АЭС, которые стали привлекательной мишенью для террористов. Кроме того, отработанное ядерное топливо может быть использовано для неконтролируемого получения сырья с целью изготовления атомных бомб.

Наконец, самого ядерного сырья в виде урана, оказывается, не так уж много. В настоящее время мировые геологические ресурсы урана, который можно добыть по цене не выше 80 долл. за 1 кг, оцениваются в 2,3 млн т (Максаковский,

2003) при том, что ежегодная добыча урана составляет около 40 тыс. т. Основные обладатели этого ископаемого сырья — Австралия, Казахстан, Канада, ЮАР (табл. 15.3). Однако уран-235, не-

обходимый для ядерной реакции, составляет в этих залежах урана-238 лишь малую часть. По оценкам современных доступных мировых запасов урановых руд при сохранении нынешнего уровня потребления должно хватить примерно на 50 лет.

Альтернативные источники электроэнергии

Альтернативные способы получения электроэнергии используют возобновляемые источники энергии, например солнечный свет, ветер, геотермальную энергию и энергию приливов. Их использование до сих пор оказывается по ряду обстоятельств менее выгодным, чем традиционные способы выработки электроэнергии. Однако в отличие от ТЭС альтернативные электростанции никогда не столкнутся с проблемой истощения сырья и, в отличие от ГЭС, у них еще необозримые перспективы роста. Тем не менее, пока альтернативные способы получения электроэнергии не станут конкурентоспособными на мировом рынке электроснабжения и достаточно удобными в применении, они продолжают оставаться на заднем плане. Кроме того, у каждого способа генерации электроэнергии есть свои плюсы и минусы. Ни один из них не является идеальным. Прежде всего надо внимательно разобраться: 1) почему альтернативные методы генерации электроэнергии отстают от традиционных и 2) что надо сделать, чтобы, увеличив долю возобновимых источников энергии в мировой экономике, снизить темпы роста тепловой энергетики, уменьшив таким образом эмиссию парниковых газов и сохранив запасы горючих ископаемых.

Использование энергии Солнца

Солнечный свет — основной источник энергии, питающей многие процессы на Земле: циркуляцию воздуха в атмосфере, перемещение водных масс в Мировом океане, рост фотосинтезирующих растений и существование питающихся ими животных. Для получения электричества до сих пор потребляется ничтожно малая часть этой потенциальной энергии. Технических сложностей в решении данной задачи нет. Первая паровая машина, работающая от энергии Солнца, была продемонстрирована на Всемирной ярмарке еще в 1878 г., а затем на Всемирной выставке в Париже в 1889 г. Ее создатель француз Мушо с помощью гиперболического зеркала сконцентрировал солнечные лучи на баке с водой, в котором образовывался при нагревании пар, приводящий в

движение паровую машину. К началу 1900-х годов некоторые американские фермеры в Калифорнии и Аризоне сконструировали насосы для подачи воды в ирригационные каналы, используя тот же принцип концентрации зеркалами лучей Солнца на баке с водой.

В 1909 г. другой изобретатель, Уильям Бейли, для экономии газа, используемого в домах для подогрева воды, разработал специальный солнечный коллектор, устанавливаемый на крыше, из которого подогретая вода поступала в специальный резервуар на чердаке дома, подключенный к водопроводной системе. Такая альтернативная водонагревательная система была способна сохранять теплую воду в течение суток.

Последовавший бум промышленных электростанций на угле, а затем на нефти или газе вытеснил из употребления менее совершенные кустарные установки. Теперь человечество обеспокоено возможностью исчерпания в обозримом будущем запасов нефти и газа, а главное, поняло, что при все возрастающем сжигании органического топлива ускоряется изменение климата, которое может принести неисчислимые экономические потери. Поэтому пора вспомнить старые изобретения и всерьез заняться более полным использованием возобновляемых источников энергии, таких, как солнечный свет.

Нефтяные кризисы 1970-х годов заставили задуматься о любых способах экономии электроэнергии и снижении расхода горючих ископаемых. Вот тогда быстро было поставлено на поток изготовление систем для нагрева воды, устанавливаемых на крышах домов. Вскоре во многих странах, особенно в субтропическом и тропическом регионах, на крышах большинства домов появились такие нехитрые устройства. Так, к 1985 г. на Кипре уже 90% домов было оборудовано солнечными водонагревателями (рис. 15.7). Интересно, что и в более отдаленных от южных широт странах, таких, как Япония, это изобретение пришлось по вкусу. Даже если с помощью солнечного водонагревателя нельзя полностью обеспечить необходимый расход горячей воды или не удастся поддерживать в доме комфортную температуру, то все равно он оказывается выгодным, так как позволяет снизить затраты на отопление и горячее водоснабжение.

“Ящик Соссюра”, или Первые опыты с парниками

“Температура каждого тела определяется, в конечном счете, условиями теплоотдачи, но если эти условия оказываются постоянными во времени, то и температура принимает постоянное значение. Рассматривая этот процесс, сразу становит-



Рис. 15.7. Солнечный водонагреватель (Ревель, Ревель, 1995)

ся очевидным, что численное значение температуры зависит еще и от поглощательной способности самого тела. Это важное физическое обстоятельство дало возможность швейцарскому физику Горацию Бенедикту Соссюру в 1770 г. создать своеобразную тепловую ловушку для солнечных лучей. Но прежде чем о ней рассказать, необходимо несколько слов посвятить оптическим свойствам обычного оконного стекла. Если спросить, можно ли считать стекло прозрачным, у некоторых это вызовет недоумение: что за странный вопрос — совершенно очевидно, что стекло прозрачно. В действительности это вовсе не очевидно. Все обычные стекла, с которыми нам приходится встречаться в быту, довольно хорошо пропускают лучи видимого света и поэтому с полным правом считаются прозрачными для этой части спектра. Но ведь кроме видимого света в природе существует самое разнообразное излучение. Как ведет себя стекло по отношению к излучению других длин волн? Этот вопрос достаточно хорошо исследован. Известно, например, что стекло не пропускает ультрафиолетовых лучей и поэтому для этой части спектра оно непрозрачно. Стекло совершенно непрозрачно также и для инфракрасного излучения с длиной волны больше 5 мк. Это свойство оконного стекла крайне облегчило Соссюру осуществить его идею — построить так называемый горячий ящик, названный впоследствии соссюровским ящиком, или «ящиком Соссюра». Конструкция горячего ящика была довольно простой. Пять стеклянных ящиков разных размеров вкладывались один в другой таким образом, что между их стенками оставался зазор в несколько сантиметров. Дно последнего ящика покрывалось специальной черной краской. Выставив свой ящик на солнце и измерив температуру в пространстве между ящиками, Соссюр обнаружил, что между четвертым и пятым ящиком температура может достигать 110 °С, на 10° выше точки кипения воды. Неоднократно повторенные опыты позволили ему сделать вывод, что для получения оптимальных температур достаточно покрыть ящик двумя, самое большее тремя листами стекла.

Столь значительное повышение температуры в соссюровском ящике объясняется определенными физическими причинами. Их легче понять, если вести рассмотрение на примере элементарного горячего ящика, который можно представить себе в виде обычного, допустим, деревянного ящика с зачерненными внутренними стенками с верхней стеклянной крышкой. Солнечные лучи, за исключением их ультрафиолетовой и длинноволновой инфракрасной части, свободно проходят

сквозь стекло и, попадая внутрь ящика, почти полностью поглощаются его зачерненными стенками и дном. Стенки и дно при этом нагреваются и тем больше, чем лучше теплоизолированы они от окружающего воздуха. По мере повышения температуры стенки все интенсивнее излучают обратно полученную от Солнца энергию. Мощность этого излучения пропорциональна четвертой степени температуры. Но в отличие от солнечного света излучение ящика длинноволновое, инфракрасное, с длиной волн, превосходящей во всяком случае 5 мк. А это излучение, как мы знаем, стеклом не пропускается. Получается, таким образом, что соссоровский ящик действительно представляет собой тепловую ловушку для солнечных лучей: попадая внутрь этого несложного устройства, солнечные лучи поглощаются в нем, а обратно выйти уже не могут. Рассуждая последовательно, мы должны были бы прийти к выводу, что температуру в горячем ящике можно в принципе довести до очень высоких значений. Однако на практике этого не бывает потому, что благодаря теплообмену ящика с окружающей средой наступающее динамическое равновесие ограничивает температуру в пределах 100–200 °С. Если же идеально теплоизолировать дно и стенки ящика, так чтобы свести до минимума тепловые потоки, то при этом условии можно добиться еще большего повышения температуры, но не чрезмерного, так как при некоторой температуре T° ящик начнет посылать излучение с длинами волн меньше 5 мк, для которых стекло снова становится прозрачным, а ящик перестает быть тепловой ловушкой” (Калитин Н.Н. Лучи Солнца. Л., 1947).

Использование солнечного света для пассивного обогрева жилища было кратко рассмотрено в гл. 13 там, где обсуждались уроки нефтяных кризисов 1970-х годов. Оказалось, что если проектирование зданий подчинить задаче максимального снижения энергетических затрат на отопление, кондиционирование, освещение и водоснабжение горячей водой, то для этого можно использовать множество простых приемов. Например, пристройка соляриев к стене дома позволяет значительно нагреть стену и воздух в этом пространстве, который затем поступает через вентиляционные отверстия внутрь дома и нагревает все помещения. Сооружение козырька над окном позволяет в летнее время снизить перегрев здания, а в зимнее, когда Солнце стоит низко, не мешает его лучам нагревать дом, проникая через стеклянные окна внутрь помещений или в солярий, пристроенный к дому. Остроумная система погребов с продуманной вентиляцией (например, погреб в форме сквозной трубы через насыпь, примыкающую к дому с севера) позволяет в жаркое время года охлаждать здание, снижая затраты на кондиционирование.

Существуют отечественные примеры индивидуальных домов, которые полностью независимы от электро- и теплоснабжения (<http://www.energосber.74.ru/index.htm>).

Первая промышленная солнечная электростанция, основанная на принципе концентрации солнечных лучей на баке с водой и генерации электроэнергии на паровой турбине, была построена

в США в 1982 г. Ее мощность составляла всего 10 МВт. В бывшем СССР аналогичная экспериментальная электростанция с выработкой 5 МВт была сооружена в 1985 г. в Крыму. В дальнейшем подобные электростанции были построены в разных странах, и их суммарная мощность возросла, но незначительно. Недостатки такого способа получения электроэнергии очевидны. Количество вырабатываемой электроэнергии все время меняется в течение суток (смены дня и ночи) и к тому же зависит от погоды. Тем не менее для некоторых видов деятельности и непостоянного нагрева достаточно. Например, с помощью концентрации солнечных лучей можно добиться нагрева небольшого объема до температуры 3000 °С, чтобы провести химически чистую плавку металла. Такие экспериментальные металлоплавильные агрегаты были созданы во Франции и в других странах. Подобная солнечная печь имеется в Узбекистане недалеко от Ташкента.

Большим шагом вперед была разработка так называемых “солнечных батарей” (или “солнечных панелей” — фотоэлектрических элементов), в которых электроэнергия получается без промежуточного этапа нагрева воды и парообразования, а непосредственно путем *фотоэлектрического преобразования* солнечного света на полупроводниках в электроэнергию. Поначалу в качестве полупроводников использовали специально выращиваемые в лаборатории монокристаллические кремниевые стержни, которые затем разрезали на тонкие пластинки и монтировали на панели. Затем перешли на более дешевую технологию создания тонкой пленки поликристаллического или аморфного кремния. Его КПД (6–10%) ниже, чем у монокристаллического (12–16%), что компенсируется меньшей стоимостью.

8 сентября 2004 г. в Лейпциге была открыта самая большая солнечная электростанция, которая занимает площадь, равную 20 футбольным полям. Несмотря на свои гигантские размеры, она может обеспечить электричеством всего 2000 домов. Строительство электростанции помогло расчистить экологически неблагополучный участок земли — раньше на этом месте располагалась свалка. При создании гелиоэлектростанции было использовано 33,5 тыс. солнечных элементов, которые установлены на общей площади в 16 га (<http://www.utro.ru/2004/09/09/>).

Несколько десятилетий полупроводниковая солнечная энергетика никак не могла выйти на коммерческий уровень из-за высокой себестоимости. Солнечные батарейки применяли либо в особых ситуациях, например для энергоснабжения на космических аппаратах, либо в небольших приборах, например в калькуляторах или часах. Однако нефтяные кризисы и в этом вопросе сыграли свою положительную роль. На фоне почти десятикратного

повышения цен на нефть с 1973 по 1979 г. солнечные батареи, предназначенные для индивидуального энергообеспечения, вышли на рынок, и их производство с тех пор неизменно возрастает (рис. 15.8). Одновременно в начале 1980-х годов себестоимость солнечных батарей снизилась почти в 10 раз. В 2001 году совокупная установочная мощность произведенных солнечных батарей достигла 1840 МВт. Это еще значительно меньше мощности геотермальных электростанций и тем более ветрогенераторов (см. ниже), но примечательно, что за 2001 г. прирост производства солнечных батарей увеличился в мире на 37%.

Подсчитано, что все человечество вырабатывает в год 14 трлн кВт·ч электроэнергии (данные 1999 г.). Для того чтобы получить столько электричества, даже при 15% КПД современных солнечных батарей надо ими покрыть площадь, эквивалентную примерно 30 тыс. км². Но сначала надо решить вопрос об эффективных способах аккумуляции электроэнергии для того, чтобы ее поставки не зависели от погоды и времени суток. Имеющиеся к настоящему времени образцы аккумуляторов еще несовершенны. Они массивны и состоят из дорогих элементов (свинца, лития, кадмия), запасы которых на Земле невелики. К тому же эти вещества достаточно токсичны, а значит, при массовом произ-

водстве свинцовых или литий-кадмиевых аккумуляторов неизбежно возрастет загрязнение окружающей среды и потребуются дорогостоящие очистные устройства.

“Основные методы накопления энергии: электрохимическое накопление аккумуляторами, механическое (с помощью вращающихся маховиков) и накопление в форме водорода.

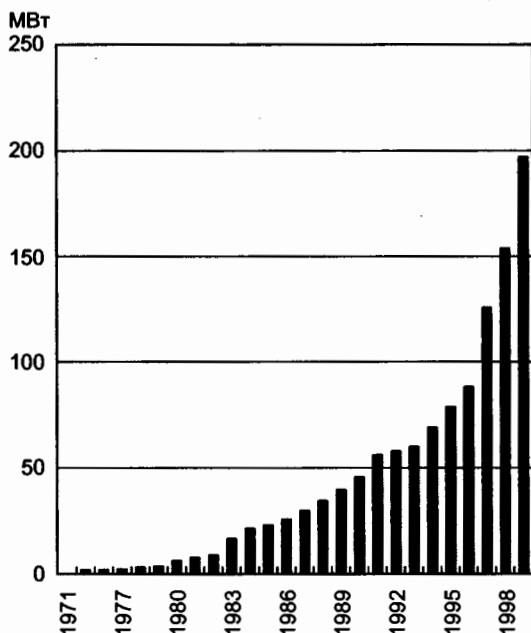


Рис. 15.8. Увеличение совокупной мощности продаваемых ежегодно солнечных батарей в мире (Worldwatch Database, 2000)

При электрохимическом методе использование кислотно-свинцовых аккумуляторов не является перспективным не столько по соображениям малой емкости и сравнительно высокой стоимости, сколько вследствие дефицита свинца, который возникает при значительных масштабах использования этого метода. Поэтому электрохимический подход нуждается в дальнейших исследованиях.

Электрическую энергию можно преобразовать в механическую и накапливать как кинетическую энергию вращающихся маховиков с последующим обратным преобразованием. При высоких скоростях вращения КПД установки и плотность накопленной энергии на единицу массы и объема могут быть достаточно высоки. Исследования здесь направлены на создание прочных долговечных конструкций, работающих на сверхвысоких скоростях.

Производство водорода путем электролиза воды является весьма эффективным и сравнительно дешевым процессом. Водород может сохраняться в виде гидридов металлов или в жидком состоянии, а затем использоваться для выработки электроэнергии в топливных элементах или в качестве горючего.

Открытие высокотемпературной сверхпроводимости в новом классе керамических материалов может позволить совершенно по-новому решать эту задачу: путем создания сверхпроводящих индуктивных накопителей электрической энергии" (Экологически чистая энергетика. 1990. С. 55).

Мощность солнечных электростанций напрямую зависит от общей площади, занимаемой фотоэлектрическими преобразователями. С 1 м^2 поверхности при перпендикулярном падении света можно получить в 1 ч до 150 Вт электроэнергии при КПД 15%. Для сравнения: у мощной равнинной ГЭС с поверхностью водохранилища 1000 км^2 и выработкой электроэнергии 480 МВт (Нижнекамская ГЭС) это соотношение вырабатываемой мощности на единицу площади составляет $0,48 \text{ Вт/м}^2$. У расположенной в горах Тертерской ГЭС (Нагорный Карабах) с площадью водохранилища $13,8 \text{ км}^2$ и выработкой 50 МВт соотношение равно $3,6 \text{ Вт/м}^2$. У ТЭС и АЭС этот индекс выработки электричества с единицы занимаемой электростанцией площади намного выше. Низкая удельная выработка солнечных электростанций, приведенная к величине занимаемой площади, накладывает существенные ограничения на характер их конструкции. Невыгодно делать СЭС мощными, чтобы не отчуждать слишком большую площадь в густонаселенных районах. В свою очередь при невысокой выработке электроэнергии потери от ее транспортировки по линиям электропередач оказываются непропорционально велики.

Видно, что, как и у других способов получения электроэнергии, у солнечных батарей есть сильные и слабые стороны.

Положительные особенности СЭС:

- неисчерпаемый источник энергии;
- отсутствие химического, теплового и радиоактивного загрязнения окружающей среды;

- полная независимость энергопотребления от производителей электричества;
- неприхотливость и долгий срок службы солнечных батарей, в которых отсутствуют движущиеся части;
- модульность конструкции, позволяющая монтировать СЭС любой мощности и формы;
- возможность расположения маломощных СЭС на существующих строениях, без использования дополнительной территории.

Недостатки СЭС:

- высокая себестоимость получаемой электроэнергии;
- неравномерность выработки электричества;
- сложности с аккумуляцией электричества для обеспечения непрерывного энергоснабжения;
- загрязнение окружающей среды при производстве самих солнечных батарей и аккумуляторов к ним;
- большая площадь, занимаемая солнечными батареями относительно мощности вырабатываемой ими электроэнергии;
- сложности передачи электроэнергии на значительные расстояния, возникающие из-за слабой мощности оптимальных СЭС;
- зависимость от географического положения.

Приливные электростанции

Энергия приливов огромна, но рационально использовать ее можно только в тех местах, где уровень приливов очень высок — не менее 4 м. Таких мест на побережье всех материков, где технически возможно построить электростанции, немного (рис. 15.9), примерно 120 при общем энергетическом потенциале 800 ГВт. Обычно диапазон между нижним уровнем (малой водой) и верхним уровнем (полной водой) составляет 1–2 м, а во многих местах меньше. Например, в Средиземном и Черном морях приливов почти нет. Но есть отдельные места, где разница между полной и малой водами достигает 10 м (на побережье Великобритании), 14 м (на юге Атлантического побережья Франции) и даже 17 м (в заливе Фанди на границе США и Канады со стороны Атлантического океана). В России самые высокие приливы в Тугурском заливе (5 м) и Пенжинской губе Охотского моря (12 м), а также на границе Баренцева и Белого морей в Мезенском заливе (7 м).

Высокая приливная волна формируется в широком конусообразном заливе с полого понижающимся дном. Для того чтобы

трансформировать энергию приливов в электрическую, строят плотину и в ней устанавливают гидроагрегаты (турбины). Во время прилива или отлива возникает разница уровней воды по двум сторонам плотины за счет того, что она мешает воде свободно перемещаться. Эту разницу используют для генерации электроэнергии турбинами, которые находятся в водоводах в теле плотины.

Во многих местах Мирового океана приливы и отливы происходят дважды в сутки, т.е. от полной до малой воды проходит чуть больше 6 ч. По мере того как прилив или отлив достигает максимума, течение ослабевает и на некоторое время прекращается, а спустя примерно полчаса начинает набирать силу в противоположном направлении. Получается, что, в отличие от ГЭС, приливная электростанция не может вырабатывать электроэнергию постоянно. Это обстоятельство долгое время мешало реализации замысла использования энергии приливов. Были разработаны специальные инженерные решения для обеспечения постоянства работы турбин. Например, предлагалось во время самой активной фазы прилива и отлива тратить часть получаемой энергии на закачку воды в вышерасположенное водохранилище для того, чтобы использовать перепад высот и подавать воду из него в турбины в те короткие периоды, когда прилив застывает на верхней или нижней отметке.

Однако на практике применить это рационализаторское предложение не пришлось, потому что уже в 1950-е годы в мире признали целесообразным объединять все электростанции большого региона в единую энергетическую сеть. В этом случае выработанная на ПЭС электроэнергия может поступать в сеть, снижая нагрузку на тепловые и гидроэлектростанции. Регулярные изменения количества генерируемой ПЭС электроэнергии можно легко компенсировать соответствующим изменением нагрузки на ТЭС. С этого времени строительству ПЭС уже не мешала проблема неравномерной генерации электроэнергии. Были созданы проекты ПЭС в Англии, Франции, СССР и США. Самые крупные ПЭС могли бы поставить рекорды мощности. Так, проект ПЭС в устье р. Северн на юге Англии был рассчитан на 8640 МВт. Отечественный проект ПЭС в Тугурском заливе Охотского моря предусматривал установку 420 гидроагрегатов суммарной мощностью 6800 МВт (рис. 15.10). Это соответствует 7 реакторам АЭС.

В 1968 г. были почти одновременно построены и пущены ПЭС во Франции в устье р. Ранс и в СССР в Кислой губе Баренцева моря недалеко от Мурманска (табл. 15.4). Обе ПЭС были неболь-

шими, но во Франции ПЭС сразу была рассчитана на генерацию промышленного тока, а в Советском Союзе ПЭС была построена исключительно для проведения на ней экспериментов и проверки конструкторских предложений. Успех реализации проектов позволил приступить к созданию по-настоящему промышленных ПЭС. Их размеры впечатляют. Так, планируемая протяженность плотины Тугурской ПЭС по проекту 17,5 км, а отсекаемая ею часть залива превышает 1100 км². Примерно такой же масштаб и у зарубежных проектов. Грандиозность инженерных замыслов помешала их реализации из-за финансовых трудностей. В США и Англии не могли годами набрать необходимые долгосрочные кредиты. Тем не менее опыт работы двух первых ПЭС позволил убедиться в том, что эксплуатационные расходы на них столь же малы, что и на ГЭС, а гидроагрегаты функционируют надежно. Поэтому себестоимость вырабатываемой энергии оказалась низкой. Невосполнимый ресурс приливной энергии и низкая себестоимость получаемого на ПЭС электричества склоняют в пользу развития приливной энергетики. Однако экологическая безопасность ПЭС оказалась не полной.

Опыт строительства и эксплуатации первых ПЭС 1970–1980-х годов показал, что и приливные электростанции способны оказать негативное влияние на природные экосистемы. Особенно губителен для водных экосистем бассейна период строительства ПЭС. Для сооружения плотины в устье р. Ранс ее русло пришлось по частям перекрывать для проведения работ по подготовке ложа и возведения плотины. В результате на большой площади выше плотины водные сообщества погибли из-за значительного снижения



Рис. 15.10. Схема перекрытия плотиной Тугурской ПЭС Тугурского залива в Охотском море (Марфенин и др., 1995)

Таблица 15.4

Осуществленные и проектируемые приливные электростанции
(Бернштейн и др., 1994)

Название	Страна	Год	Прилив, м	Мощность	Число гидроагрегатов
Ранс	Франция	1968	13,5	240 МВт	24
Кислогубская	СССР	1968	4	400 кВт	1
Фанди	США	проект	18	4864 МВт	128
Аннаполис	США	1980	8,7	20 МВт	1
Северн	Великобритания	проект	11,6	8640 МВт	216
Мерсей	Великобритания	проект	6,4	700 МВт	28
Тугурская	СССР	проект	9	6800 МВт	420
Цсянсянь	КНР	проект	9	3,5 МВт	6

водообмена и последовавшего замора. При сооружении Кислогубской ПЭС был применен новый инженерный метод — наплавного строительства, когда блоки плотины проектируют полыми, собирают на отдельной площадке, а затем буксируют к месту установки. Такой подход позволяет не перекрывать акватории на время строительства, в принципе избежать губительных для водной биоты последствий.

После возведения плотины водообмен отсеченной акватории с открытым морем не остается прежним и меняется сам характер течений. Вода поступает в акваторию ПЭС через водоводы. В этих местах сильные течения размывают дно, в то время как вдали от водоводов образуются застойные зоны. Песок и ил на дне перераспределяются, а вместе с ними совершенно меняется состав и продуктивность донных сообществ. При стабильной и продолжительной работе ПЭС новое перераспределение также оказывается постоянным и экосистемы восстанавливаются примерно за 10 лет.

Третье воздействие связано с неизбежным изменением уровня моря в районе ПЭС после возведения плотины. Поскольку плотина мешает беспрепятственно проходить воде во время прилива из моря в залив, уровень полной воды возрастает тем сильнее, чем большего размера акватория отсекается от моря и чем больше высота самого прилива в этом географическом месте. По мере отдаления от плотины этот эффект ослабляется, но все равно

ощущается на значительном расстоянии. Когда провели теоретические расчеты повышения уровня прилива, которое должно произойти после возведения плотины в заливе Фанди, то оказалось, что даже на расстоянии около 2000 км от будущей ПЭС, у побережья шт. Массачусетс, прилив станет на 20 см выше. Для Бостона это означало значительные расходы по укреплению берега и переносу некоторых сооружений в другие места.

Внутри бассейна, отсеченного плотиной от моря, уровень воды также станет иным. Полная вода будет останавливаться на более низкой отметке по сравнению с нормой, а малая вода — на более высокой. Диапазон колебания уровня воды обязательно уменьшается, так как не весь объем воды за время приливного цикла успевает пройти через водоводы (на чем, собственно, и основано получение электроэнергии за счет разницы уровней воды по обе стороны плотины). В результате осушаемая во время отлива полоса (литораль) станет уже и донные экосистемы в полной мере ощутят это на себе. Дело в том, что вблизи нижнего уреза воды формируется самая продуктивная экосистема, в которой происходит строгое распределение по вертикали разных видов, каждый из которых адаптирован к определенной продолжительности регулярного осушения. Выше нулевой отметки (на литорали) узким поясом распространены водоросли и беспозвоночные, которые только и могут жить при регулярном непродолжительном осушении, а ниже нулевой отметки (в сублиторали) также узким поясом обитают виды, не переносящие осушения, но в то же время не способные существовать на большей глубине. Если уровень малой воды становится выше, то сообщество нижней литорали оказывается постоянно под водой и в результате погибнет — будет вытеснено сублиторальным сообществом. Эта перестройка занимает примерно 10 лет.

В случае реализации некоторых проектов, например строительства гигантской ПЭС в Тугурском заливе Охотского моря, затрагиваются девственные природные сообщества как в море, так и на суше. В Тугурский залив приходят на откорм и размножение гренландские киты, кроме того, там обитает небольшая популяция охотского улиты (*Tringa guttifer*), находящегося на грани вымирания. Осложнится свободное перемещение проходных рыб (кеты, сельди, наваги, корюшки). На суше неизбежно возрастет число лесных пожаров как результат выезда людей за грибами, ягодами, на рыбалку. Прокладка автомобильных дорог и линий электропередач расщепит сплошные массивы леса и сделает более доступными для охоты и рекреации значительные площади ныне недоступных лесных территорий.

Описанные экологические последствия не катастрофичны, но должны быть приняты во внимание при определении целесообразности реализации крупных проектов.

В настоящее время после тщательного многолетнего изучения всех возможных последствий строительства ПЭС началось осуществление грандиозного проекта в Великобритании в устье р. Северн. В Китае построено несколько маленьких ПЭС. Индия и Южная Корея готовятся построить свои ПЭС. В России рассматривается возможность строительства промышленной ПЭС в Мезенском заливе Белого моря. На очереди несколько проектов на побережье Великобритании, наиболее пригодном для использования энергии приливов.

В целом при осуществлении всех проектов в подходящих для этого местах мировая экономика получит немало электроэнергии, что позволит снизить темп роста тепловой энергетики, сдерживая эмиссию диоксида углерода, вызывающего парниковый эффект.

Положительные особенности ПЭС:

- неисчерпаемый источник энергии;
- отсутствие теплового, химического, радиоактивного загрязнений;
- низкая эксплуатационная стоимость ПЭС, что со временем снижает себестоимость электроэнергии;
- в ряде случаев при сооружении ПЭС удается одновременно повысить привлекательность акватории к водным видам отдыха и привлечь туристов.

Недостатки ПЭС:

- недостаток подходящих мест для строительства рентабельных ПЭС;
- отдаленность мест размещения ПЭС от потребителей;
- большие затраты и значительная продолжительность строительства ПЭС;
- непостоянство генерируемой электроэнергии;
- изменение характера водообмена на больших акваториях, что приводит к изменению состава местных водных экосистем.

Геотермальные электростанции

Кроме Солнца природным источником энергии является и сама Земля. В ее недрах происходит за счет радиоактивных и химических процессов постоянное высвобождение огромного количе-

ства энергии, так что на глубине 1–2 км от поверхности планеты температура уже достигает 100°C и более. В среднем на поверхности планеты выделяется тепла $0,05 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{с}$. Местами пар и горячая вода вырываются через разломы в мантии Земли. Такие геотермальные источники были известны издавна. Некоторые из них получили славу целительных, потому что вода геотермальных источников минерализована и насыщена газами, в том числе и радиоактивными (радон), которые, проникая через кожу в кровь, раздражают нервные рецепторы, активизируя таким способом нарушенный обмен веществ. Целое направление в санаторно-курортном лечении, названное *бальнеологией*, веками формировалось в медицине. На территории России наибольшую известность получила Долина гейзеров на Камчатке, а за рубежом — Долина Больших Гейзеров в Калифорнии, гейзеры в Исландии и Новой Зеландии.

Природный перегретый пар можно использовать для получения электроэнергии так же, как и на обычных тепловых электростанциях, в которых для кипячения воды приходится сжигать ценное топливо. В 1904 г. вблизи итальянского города Лардерелло была построена первая геотермальная электростанция. Долгое время Италия оставалась единственной страной, преобразующей геотермальную энергию в электричество. С 1943 г. в Исландии стали использовать горячую воду гейзеров для обогрева домов в Рейкьявике, но не для выработки электроэнергии. К 1955–1960 гг. итальянский опыт повторили в Мексике, Новой Зеландии (зона Таупо), в США (Калифорния), а затем в Японии и СССР. В Советском Союзе первая геотермальная электростанция (ГТЭС) мощностью 5 МВт была пущена в 1966 г. на юге Камчатки, в долине р. Паужетки, в районе вулканов Кошелева и Камбального.

К началу 1970-х годов на ГТЭС получали всего лишь 680 МВт, но средний темп роста этого направления энергетики уже составлял около 6% в год. Из-за нефтяных кризисов к концу 1979 г. выработка электроэнергии достигла 2022 МВт. В среднем за период с 1970 по 1979 г. темпы роста составили 13,6% в год, а с 1981 по 1986 г. — 15,2%. К концу XX в. рост суммарного производства электроэнергии продолжился теми же темпами, и к 2000 г. суммарная мощность геотермальных электростанций приблизилась к 9000 МВт (рис. 15.11). В этой области абсолютно лидируют США, обладающие основными геотермальными ресурсами.

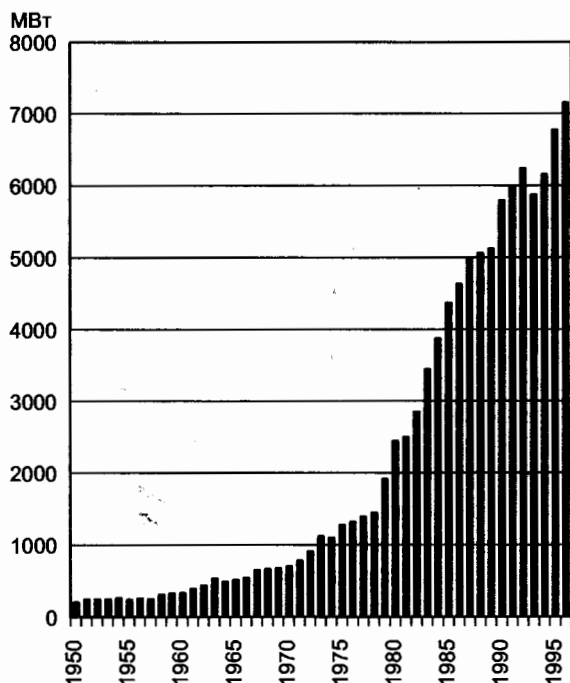


Рис. 15.11. Суммарная выработка электроэнергии в мире на геотермальных электростанциях (Worldwatch Database, 2000)

“Даровое тепло” недр Земли оказывается не столь уж доступным и оптимальным источником электроэнергии по нескольким причинам. Природных мест выхода на поверхность горячих источников не так уж и много. Можно специально бурить скважины для того, чтобы достичь слоя с перегретой водой, или накачивать в него воду с поверхности, чтобы не тратить энергию на разогрев. Однако это далеко не всегда рентабельно при нынешних ценах на ископаемое топливо или электроэнергию.

Положительные особенности геотермальной энергетики:

- неисчерпаемый источник энергии;
- возможность совмещения процессов выработки электроэнергии с обогревом домов и с добычей некоторых химических элементов, например серы;
- относительно невысокая себестоимость электроэнергии в местах с большими ресурсами перегретого пара.

Недостатки геотермальной энергетики:

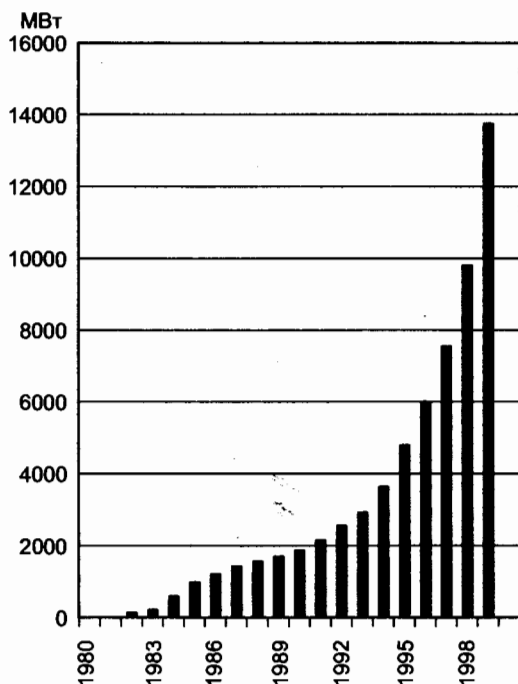
- ограниченность геотермального ресурса отдельными местами вблизи зон вулканической активности;
- отдаленность мест размещения ГТЭС от потребителей;
- наличие теплового, химического, радиоактивного загрязнений при использовании воды и пара, поступающих из гейзеров.

Ветряные электростанции

Ветер — это еще один источник “даровой энергии”. С давних пор люди строили ветряные мельницы, на которых мололи зерно, получая муку. Позже ветряки стали использовать для подъема воды из колодцев и орошения или дренирования низинных полей (Голландия). К ветрякам присоединяли и другие механические устройства, например пилорамы или генераторы электроэнергии, но нестабильность ветра существенно осложняет его использование для таких работ, которые требуют равномерности. Поэтому по мере развития более удобных двигателей, таких, как паровые турбины или двигатели внутреннего сгорания, ветряки потеряли былую привлекательность и были почти забыты.

Первые ветряные электрогенераторы были разработаны еще в 90-х годах XIX в. в Дании, а уже к 1910 г. там было построено несколько сотен мелких установок. Еще через пару лет датская промышленность получала уже четверть необходимой ей электроэнергии от ветряных генераторов, мощность которых составила 150–200 МВт (Экологически чистая энергетика, 1990).

Вспомнили о них, как только начались перебои с нефтью, а цены на бензин и электроэнергию поползли вверх. С 1973 г. в течение 10 лет было продано 10 тыс. ветродвигателей, в конструкциях которых были учтены последние достижения науки и техники. До сих пор рынок ветряков продолжает расти (рис. 15.12). Если в 1981 г. суммарная мощность ветрогенераторов составляла 35 МВт, то уже в 1985 г. стала 567 МВт, к началу XXI в. достигла 13 840 МВт. Популярность ветряков объясняется, кроме удорожания других способов получения электроэнергии, двумя обстоятельствами: во-первых, их преимуществами при обслуживании работ, не требующих стабильности, таких, как перекачка воды, а во-вторых, специальными законами, гарантирующими энергопроизводителю сбыт электричества, вырабатываемого с их помощью. Такой закон впервые был принят в США в 1978 г., и благодаря ему ветроэнергетика стала крепнуть. Беспрепятственный



прием электроэнергии от нестабильных ее производителей возможен благодаря созданию в 1970–1980-е годы колоссальных энергетических сетей, объединивших десятки и сотни электростанций, в которых слияние энергетических потоков и их централизованное распределение позволяет снизить требования к отдельным поставщикам.

Рис. 15.12. Увеличение совокупной мощности поставляемых ветрогенераторов (World-watch Database, 2000)

Долгое время лидером в разработке и производстве ветрогенераторов была Дания, где используется несколько групп ветровых машин: DANmark-11, -17, -19, -22, -25 мощностью 20, 75, 95, 150, 200–270 кВт. Все они имеют ветровое колесо типа “пропеллер” и мало различаются конструктивно. Главный вал, на ступице которого закреплены, как правило, три лопасти, имеет систему тормозов и коробку скоростей.

Большинство ветряков снабжено двумя асинхронными генераторами. Один работает при небольшом ветре, второй включается при более сильном. Переключение генераторов автоматическое.

Лопасти начинают вращаться, когда скорость ветра превышает 3,5 м/с, и энергию дает меньший из двух генераторов. Если скорость ветра превышает 5,5 м/с, автоматически включается второй генератор, рассчитанный на большее число оборотов. Когда же сила ветра превышает 24 м/с, ветряк останавливается, так как дальнейшая работа может привести к серьезным поломкам.

Первый агрегат DANmark-11 был изготовлен в 1978 г. и до сих пор считается одним из наиболее надежных в мире. Этот ветряк имеет три пятиметровые лопасти, двухскоростной генератор (на 4 и 20 кВт) и снабжен автоматической системой “наведения” на ветер, позволяющей сделать полный оборот вокруг своей оси за семь с половиной минут (Ларин. Страна трех тысяч ветряков // Энергия. 1992. № 1. С. 10–13).

В последнее время упор сделан на разработку мощных промышленных генераторов, установочная мощность которых достигает нескольких сотен киловатт. Наиболее удачные места размещения ветряков с максимальной продолжительностью и постоянством

ветров порой находятся далеко от обжитых районов. Так, в Скандинавии ветряки стали устанавливать на специальных платформах в море.

К настоящему времени получены ориентировочные оценки доступных для коммерческого использования ресурсов ветра. В целом в мире можно было бы “собрать энергетический урожай” в размере 170 трлн кВт·ч в год.

Это значительная величина, но еще очень не скоро этот потенциал будет на практике использован. Тем не менее на мировом энергетическом рынке наметилась тенденция освоения альтернативных источников получения электроэнергии (табл. 15.5).

У ветрогенераторов есть свои отрицательные особенности. Лопасти обычно вращаются со скоростью 20–40 оборотов в минуту. Птицы не могут их распознать и часто гибнут. Кроме того, металлические лопасти создают радиопомехи и шумят. Даже один ветряк работает шумно, а множество ветрогенераторов, установленных в подходе для “перехвата” ветра месте, становятся источником достаточно раздражающего шумового фона. Эти недостатки не столь существенны, и при желании с ними можно справиться. Важнее, что при рациональном увеличении доли электроэнергии, производимой за счет неисчерпаемых или возобновимых природных ресурсов, можно снизить расход органического топлива, а может быть, и отказаться от нынешнего еще весьма несовершенного способа получения электроэнергии на атомных электростанциях.

Россия не отставала в своих исследованиях альтернативных видов генерации электроэнергии, но их результаты воплотились лишь в экспериментальных образцах и небольших промышленных сериях.

В России за последние 5 лет построено и пущено в эксплуатацию несколько новых ветроэнергетических установок. В Башкирии

Таблица 15.5

Общемировые тенденции изменения соотношения использования различных источников получения электроэнергии: среднее изменение за год (%) за период с 1990 по 1999 г.

(Worldwatch Database, 2000)

Ветрогенераторы	+24,2
Солнечные батареи	+17,3
Геотермальные электростанции	+4,3
Теплоэлектростанции на природном газе	+1,9
Гидроэлектростанции	+1,8
Теплоэлектростанции на нефтепродуктах	+0,8
Атомные электростанции	+0,5
Теплоэлектростанции на угле	–0,5

установлены четыре агрегата по 550 кВт, в Калининградской области на берегу моря стоит уже шесть установок, из них пять по 225 кВт, а одна 600 кВт, на Командорских островах возведены две ветротурбины по 250 кВт каждая, в Мурманске вошла в строй одна ветроустановка мощностью 200 кВт. Общая установленная мощность ветроагрегатов в России на 2002 г. составила 7,2 МВт (<http://spare.net.ru/intrus/ensave/ensave06.html>).

Положительные особенности ветрогенераторов:

- неисчерпаемый и значительный по потенциальным ресурсам источник энергии;
- возможность независимого размещения ветряков повсеместно, где ветер достаточно постоянен и силен, в частности в отдаленных арктических, горных районах и на островах;
- отсутствие химического, теплового и радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Недостатки ветрогенераторов:

- непостоянство генерируемой мощности, в связи с чем требуется либо подсоединяться к электросетям, либо иметь дополнительную небольшую электростанцию на органическом топливе, либо запасать электроэнергию в аккумуляторах;
- слишком высокая стоимость современных ветрогенераторов, рассчитанных на автоматическую саморегуляцию и способных выдержать штормовые натиски ветра;
- опасность для птиц, неспособных заметить быстро вращающиеся лопасти ветрового колеса;
- создаваемые ветряками радиопомехи;
- высокий уровень шумового загрязнения.

Другие проекты

Существует множество идей и проектов получения электроэнергии необычными способами. Большинство из них либо технологически недоработано, либо нерентабельно. Но некоторые направления разрабатываются сейчас наиболее упорно, в частности получение электроэнергии на водородных или других элементах, в которых преобразование энергии происходит непосредственно, минуя промежуточную стадию образования тепла или механического воздействия.

Электростанция будущего

Электростанцию меньше батарейки в карманном фонаре изготовили ученые телефонной компании "Моторола" и Лос-Аламосской национальной лаборатории (США). Мини-электростанция работает на спирте и, возможно, вскоре заменит аккумуляторы для мобильных телефонов, компьютеров, радиоприемников и прочей портативной электроники.

Спирт, используемый в качестве топлива, поставляется в маленьких цистернах, как баллончики для чернил в перьевых авторучках. Это позволяет легко контролировать расход топлива и при необходимости заменять баллончик. Одной "заправки" хватает на непрерывную работу портативного компьютера в течение 20 часов, что в 10 раз больше срока службы обычных батареек.

Электростанция очень проста: в ней нет теплообменников, насосов для подачи топлива и воздуха, турбин и другой сложной аппаратуры. Речь идет о топливном элементе, где бензин или спирт дают электричество сразу в процессе горения на электродах. Он работает без дыма и копоти. В его отходах только углекислый газ и чистая вода. Эти элементы долго оставались фантастической мечтой, так как не удавалось добиться их работы с большим КПД. Однако Лос-Аламосская лаборатория овладела секретом повышения их КПД до 80%. В 1998 г. в той же лаборатории был создан мощный топливный элемент на бензине для двигателя электромотоцикла.

Топливные электростанции не загрязняют окружающую среду, компактны, дают дешевую энергию. Их можно строить прямо в городах. В США строится серия таких электростанций. Специалистов поражает их мощность (по 11 ГВт) и занимаемая площадь (30×60 м). Создание высокоэффективных топливных элементов произведет переворот в энергетике развитых стран.

Экономия энергоресурсов (политика энергосбережения)

Подводя итог обзора основных альтернативных способов получения электроэнергии, приходится констатировать, что ни один из них пока еще не способен эффективно заменить теплоэлектростанции. Абстрактные расчеты потенциальных ресурсов энергии солнечного света, ветра, приливов, течений и других естественных факторов должны быть всякий раз соотнесены с реальными возможностями воплощения всевозможных проектов. У каждого из них имеются свои экономические, конструкционные или экологические недостатки, с которыми необходимо считаться. В ряде случаев прогресс в совершенствовании инженерных решений сдерживается недостаточным финансированием научно-исследовательских разработок.

Доступность нефти и природного газа сделали невыгодным использование в качестве энергоносителя иных ресурсов. Накопленный поколениями к началу XX в. опыт неисчерпаемого потребления даров леса, энергии небольших рек, ветра, солнца был предан забвению. Рационализаторские предложения и талант

инженеров сконцентрировались на разработке устройств, помогающих на основе централизованных источников энергии — электричества и бензина — эффективно решить все задачи энергообеспечения экономики. За последние 100 лет удалось добиться на этом пути фантастических успехов: создать мощнейшие и безотказные генераторы электроэнергии; совершенные двигатели внутреннего сгорания любой мощности; всевозможные транспортные средства (автомашины, теплоходы, электровозы, самолеты); разнообразнейшие станки, подъемные краны, экскаваторы, средства радио- и телекоммуникаций, бытовые приборы, облегчающие все операции в домашнем хозяйстве. Главное направление научно-технического прогресса целиком основывалось на централизации добычи, переработки и распределения энергоносителей. Поэтому альтернативная стратегия экономического развития, основанная на использовании местных особенностей климата, ландшафта, наличия природных ресурсов, оказалась неразвита и отвергнута человечеством, получившим доступ к дешевым, удобным, но не безграничным энергетическим ресурсам. Если сосредоточить интеллектуальную мощь и научно-технический потенциал на разработке приемов и средств удобного потребления имеющихся повсюду энергетических ресурсов света, ветра, воды и при этом продолжать совершенствовать технологии, добываясь все большего энергосбережения, то дальнейшее экономическое развитие человечества вполне может быть обеспечено без увеличения энергозатрат, а возможно, и при их постепенном снижении.

Чем выше экономическое развитие страны, тем больше расход энергии на одного человека, причем не только вследствие большего развития энергопотребляющих отраслей экономики, но и в ее коммунальном секторе. По мере роста благосостояния люди живут все более расточительно. Возрастает площадь жилья на одного человека, увеличивается мощность личного автотранспорта и количество автомашин на душу населения. Возрастает потребление продуктов животноводства, энергетический эквивалент которых во много раз выше растениеводства. Население в богатых странах чаще меняет одежду, мебель, бытовые приборы, не дожидаясь их физического износа. Косвенным показателем роста потребления и расточительности оказываются бытовые отходы, объем которых на душу населения многократно увеличился во второй половине XX в.

Нефтяные кризисы 1970-х годов заставили по-новому взглянуть на приоритетность различных способов выработки электроэнергии. Оказалось, что простое повышение стоимости нефти

сделало перспективным разработку всевозможных способов экономии электричества и топлива, оказавшись намного более действенным, чем все рассуждения о пользе переориентации на возобновляемые и неисчерпаемые источники энергии. Как только энергосбережение стало выгодным, оно принесло ощутимые результаты. Впервые были получены эмпирические подтверждения возможности осуществления дальнейшего экономического развития без соответствующего роста энергопотребления (см. рис. 13.3).

Экономия энергии выразилась не в “затягивании пояса”, а в разумном снижении расточительности и совершенствовании технологий при сохранении комфортных условий труда и отдыха. Специальные исследования, представленные в середине 1970-х годов, показали, что без существенных дополнительных финансовых и ресурсных затрат можно быстро добиться экономии до 15% энергии. К таким способам относятся:

- своевременное выключение освещения и снижение обогрева помещений в отсутствие людей;
- герметизация обогреваемых жилищ;
- развитие системы общественного транспорта;
- совместное пользование индивидуальным автотранспортом;
- более частое использование велосипедов вместо автомобилей на коротких дистанциях;
- окраска стен помещений в светлые тона;
- установка экономичных ламп нового поколения;
- снижение неоправданных расходов на световую рекламу и в целом на рекламную продукцию;
- экономное потребление расходных материалов, в том числе писчей бумаги;
- своевременная ликвидация протечек в водопроводной системе; установка водонагревателей, использующих пассивный нагрев от солнечного света, и др.

Еще большую экономию энергии может дать внедрение совершенных технологических решений:

- замена обычных окон на стеклопакеты;
- строительство домов с использованием более совершенных теплоизолирующих материалов;
- использование в сельской местности ветрогенераторов для накачивания воды;
- совершенствование автомобильных двигателей внутреннего сгорания и уменьшение массы автомашин;

- использование ресурсо- и энергосберегающих технологий повсеместно в строительстве и промышленности.

Для реализации подобных проектов требуются некоторые капиталовложения. Чем они выше, тем более высокой экономии энергии можно достичь. В США институт, занимающийся изучением этого вопроса, к концу 1980-х годов представил отчет, в котором доказал, что при желании можно добиться многократной экономии, вплоть до 95% от первоначальных энергетических затрат. В условиях свободной рыночной экономики непросто добиться ресурсосбережения, если для этого производителям надо вложить дополнительные средства, а конечный продукт будет иметь более высокую себестоимость. Однако государство может облегчить решение этой задачи, если предложит таким предприятиям налоговые льготы или введет обязательные для всех нормы, касающиеся ресурсосбережения.

Так, в 1978 г. в США был принят закон, обязавший энергосети покупать по довольно высоким ценам электроэнергию от мелких производителей, использовавших для этого ветрогенераторы или другие альтернативные способы выработки электричества. Энергетические компании боролись против этого закона, но в 1983 г. он был окончательно утвержден Верховным судом США. Государственная поддержка альтернативной энергетики проявилась в США и в форме налоговых льгот и субсидий для стимулирования развития энергосберегающих технологий и использования солнечной энергии, которые в 1984 г. составили почти 1,7 млрд долл. Благодаря этому новые технологии стали конкурентоспособными и далее уже самостоятельно стали продвигаться на рынке. Возросшее использование ветрогенераторов в 1990-е годы стало возможным благодаря государственной поддержке в предыдущие двадцать лет.

Так же обстоит дело с солнечной энергетикой, на развитие которой, например, правительство Японии выделило в 2001 г. государственных грантов на сумму 271 млн долл., а США — 70 млн долл. В Германии в 2000 г. был принят аналогичный американскому закон, который гарантирует всем частным владельцам солнечных батарей покупку электроэнергии по стабильным ценам. В результате за три года наметился четырехкратный рост покупки фотоэлектрических элементов.

Именно разумное ужесточение государственных требований к автомобилестроению позволило организованно и без особых потерь на рынке перейти к созданию автомобилей нового поколе-

ния, более экономичных, чем их предшественники (см. табл. 13.4). Это же относится к задаче снижения уровня загрязнения окружающей среды. Только благодаря согласованным международным и государственным действиям, выражающимся в последовательном и поэтапном ужесточении предельно допустимых норм загрязнения окружающей среды, за короткий срок удалось достичь впечатляющих результатов, в том числе в автотранспортном секторе, роль которого в загрязнении воздуха продолжает возрастать.

В бывшем Советском Союзе изолированность от мирового рынка и ресурсная самодостаточность уберегли от испытаний нефтяными кризисами, что впоследствии негативно сказалось на состоянии экономики страны. В то время как западный мир был вынужден перестроиться технологически и, вопреки желанию производителей, все же сделать ресурсосбережение одним из своих приоритетов, в СССР энергозатраты оставались недопустимо высоки. В наиболее драматический период перестройки (1990-е годы) прекращение работы многих предприятий и спад в экономике имитировали эффект снижения потребления ресурсов. Последующая замена оборудования на ряде предприятий на более современное в связи с приобретением их иностранными владельцами на некоторое время отодвинула решение задачи выработки собственной национальной стратегии развития экономики на основе постоянного совершенствования технологий и повышения экономики ресурсов. Заниженные цены на энергоносители и другие природные ресурсы до сих пор сдерживают развитие новых технологий в России, обрекая нас на хроническое отставание в экономике от Запада. Суммарная доля малой и нетрадиционной энергетики в энергобалансе России в настоящее время составляет 13% от общего топливопотребления.

В 2003 г. правительство России приняло “Энергетическую стратегию России на период до 2020 года”, в которой основной упор сделан на дальнейшее развитие теплоэлектростанций, работающих на нефти, газе и угле, а также на строительство новых атомных электростанций. К сожалению, не предусмотрено опережающее развитие технологий использования возобновляемых источников энергии. Интерес к так называемым “местным видам топлива” (например, торфу, дровам) обусловлен стремлением снизить затраты на завоз топлива в труднодоступные регионы (Крайний Север и приравненные к нему территории).

По оценкам, технический потенциал возобновляемых источников энергии составляет порядка 4,6 млрд т условного топлива в год, т.е. в пять раз превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов России, а экономический

потенциал определен в 270 млн т условного топлива в год, что немногим больше 25% от годового внутреннего потребления энергоресурсов в стране. В настоящее время экономический потенциал возобновляемых источников энергии существенно увеличился в связи с подорожанием традиционного топлива.

Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии составила в 2002 г. около 0,5% от общего производства, или 4,2 млрд кВт·ч, а объем замещения органического топлива — около 1% от общего потребления энергии, или около 10 млн т условного топлива в год.

К местным видам топлива в первую очередь относятся торф и дрова.

Общие запасы торфа на территории Российской Федерации оцениваются в размере 162,7 млрд т. Ежегодный прирост торфа на болотах России составляет 250 млн т.

В 2000 г. на электростанциях России было использовано 1,7 млн т торфа.

К 2020 г. прогнозируется строительство новых электростанций в обеспеченных торфом энергодефицитных северных регионах с потреблением торфа до 4 млн т; расширение использования кускового торфа в качестве местного топлива за счет увеличения его добычи до 3 млн т; восстановление и развитие производства торфяных брикетов до 1 млн т (Энергетическая стратегия России на период до 2020 года).

Выводы

1. Каждый источник получения энергии имеет свои позитивные и негативные стороны.
2. Полный переход на экологически безопасные способы получения энергии пока еще экономически и технически невозможен.
3. Однако возможно уменьшение доли наиболее опасных для биосферы источников электроэнергии, таких, как тепловые и атомные электростанции, за счет более широкого использования ветрогенераторов, приливных электростанций, прямого и косвенного использования солнечной энергии и других альтернативных источников энергии.
4. Без согласованной международной политики и государственной поддержки эта программа может запоздать или быть недостаточно эффективной.



ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА. ИСТОЩЕНИЕ ОЗОНОВОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

Основные вопросы

-
1. *Что такое загрязнение окружающей среды?*
 2. *Каковы основные источники загрязнения воздуха?*
 3. *Какие вещества стали главными загрязнителями воздуха?*
 4. *Что такое ксенобиотики и в чем их опасность?*
 5. *Почему снижение концентрации озона в атмосфере Земли вызвало большое беспокойство?*
 6. *Что такое фреоны, где они применяются и как воздействуют на озоновый слой?*
 7. *Когда мировое сообщество приняло решение о прекращении производства озонразрушающих веществ?*
 8. *Что такое латентный эффект? Какие выводы надо сделать, чтобы уменьшить риск катастрофического воздействия на живое новых технологий и веществ?*
-

Загрязнение окружающей среды

Загрязнение окружающей среды — это увеличение концентрации физических, химических и биологических агентов сверх обычных значений. Другое определение акцентирует внимание на относительности понятия: *загрязнение окружающей среды — все то, что не в том месте, не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы* (Реймерс, 1990).

Ни одно вещество само по себе не бывает “опасным”, но может им стать при повышенных концентрациях. Яды в очень малых дозах используются в медицине в качестве лекарств и наоборот, почти любое лекарство в больших дозах представляет опасность для здоровья человека. Снижение концентрации биологически значимых веществ также опасно для живого. Так,

недостаток микроэлементов приводит к значительным отклонениям в развитии и функционировании организма.

Каждый биологический вид преадаптирован (исторически адаптирован) к определенным условиям существования. Теплолюбивые виды не способны жить в Арктике, так же как холодолюбивые виды — в тропиках. Это утверждение справедливо и в отношении влажности, освещенности, а также состава и концентрации минеральных элементов в почве. Даже по отношению к радиационному облучению различные виды по своей толерантности могут различаться во много раз.

Не менее важен и период экспозиции организма к опасному уровню загрязнения, например период индивидуального развития или времени года, когда организм оказывается под влиянием отклоняющихся от нормы факторов среды. На определенных стадиях индивидуального развития зародыши обладают повышенной чувствительностью к условиям обитания, когда даже небольшое отклонение от нормы в составе воздуха и воды или радиационного фона может привести к их смерти или появлению уродств. Важную роль играет также и срок адаптации растений, животных и микроорганизмов к смене условий существования. При медленном изменении параметров среды обмен веществ у многих организмов способен перестроиться, что позволяет им выжить. При быстром изменении параметров среды подобная адаптация затруднительна.

Пока в истории Земли загрязнение было ограничено обычными естественными процессами, его последствия редко были катастрофическими. Многие миллионы лет коэволюции планеты и населяющих ее организмов обусловили глубочайшее соответствие биологических процессов флуктуирующим условиям среды. Ситуация в корне меняется у нас на глазах, когда за последние 100 лет было синтезировано великое множество новых веществ, не вырабатываемых и плохо усваиваемых биотой. Эти вещества получили название ксенобиотиков.

Ксенобиотик — любое чужеродное для организма или экосистемы вещество, способное негативно повлиять на биотические процессы. Такие химические соединения оказались вне круговорота веществ в природе, т.е. их воздействие может быть ничем не сбалансировано. Массовое производство ксенобиотиков многократно увеличило риск трансформации биосферы в иное состояние, в чем можно убедиться на примере глобальной проблемы истощения озонового слоя атмосферы.

Одна из классификаций видов загрязнения окружающей среды, опасных для человека и всей живой природы, представлена на рис. 16.1, где сведено вместе несколько подходов.

1. Загрязнение можно различать по масштабу: *локальное*, *региональное* или *глобальное*. Эти варианты различаются не только размерами территории или акватории, подвергшейся загрязнению, но и системами ответных мер, направленных на предотвращение загрязнения или ликвидацию его последствий.

2. Антропогенное загрязнение на практике часто подразделяют на *промышленное* и *сельскохозяйственное*, причем в первом случае

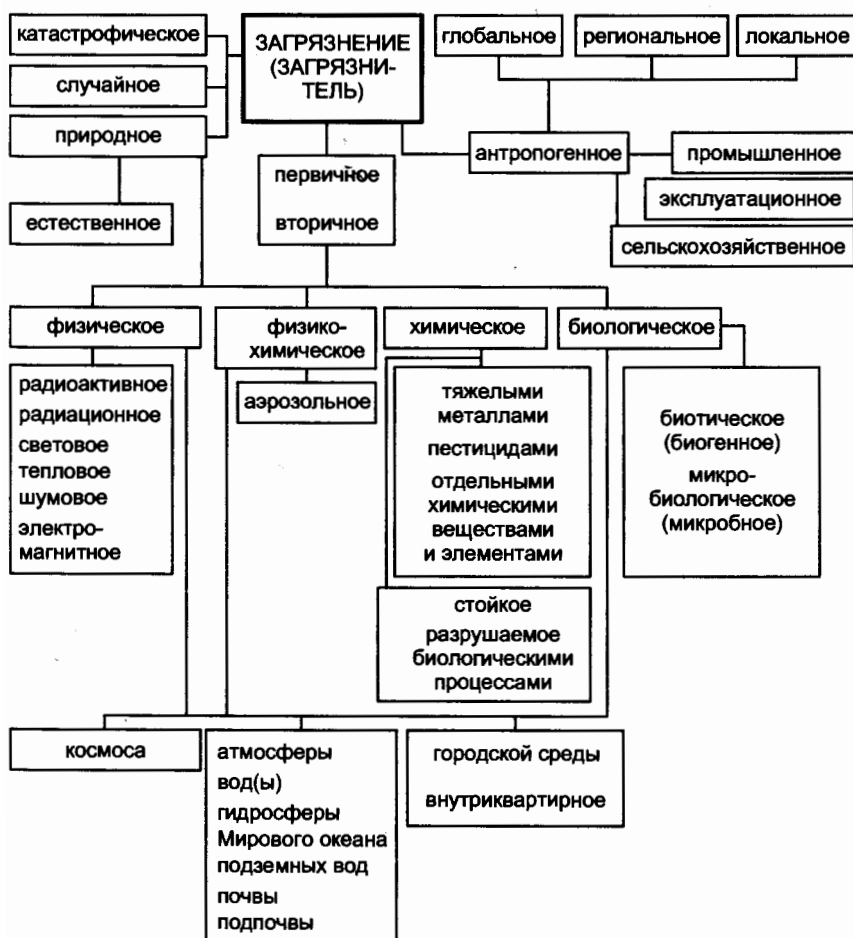


Рис. 16.1. Схема основных загрязнителей (Реймерс, 1990)

источник загрязнения, как правило, ясно локализован (можно найти “трубу”, из которой поступают загрязняющие вещества), а во втором случае загрязнение часто дисперсное, рассредоточенное, например пестициды и минеральные удобрения, равномерно распределенные на обширных полях.

3. Загрязнение бывает *первичным* или *вторичным*, т.е. возникшим в результате последующих химических и физических трансформаций загрязняющих веществ либо в результате взаимодействия между собой, либо вследствие естественного распада.

4. Загрязнение принято подразделять на *физическое*, *химическое* и *биологическое* (на схеме выделено еще физико-химическое), что соответствует различиям между способами их изучения, определения и накопленным в соответствующих науках знаниями. В этой части классификации имеется возможность детальнее охарактеризовать основные типы загрязнителей.

5. Удобно различать загрязнение по *основным средам обитания* организмов: воздуха, воды (с подразделением на пресные и соленые воды), почвы. К средам обитания можно отнести и пищевые продукты: животные дышат воздухом, пьют воду или контактируют с ней всем телом и потребляют из внешней среды пищу.

На практике основные виды антропогенного загрязнения чаще всего подразделяют на: 1) химическое загрязнение (воздуха, пресных поверхностных вод, грунтовых вод, морей и океанов, почвы, продуктов питания); 2) загрязнение твердыми отходами; 3) радиоактивное загрязнение; 4) электромагнитное загрязнение; 5) шумовое загрязнение; 6) загрязнение высокотоксичными отходами, которое в силу своей большой опасности рассматривается отдельно от обычного химического загрязнения.

Классификация внутри химического типа загрязнения среды построена в данном случае не по видам загрязняющих веществ и не по степени загрязнения, а по характеру объекта, подвергнутого загрязнению.

Имеет смысл и классификация самих загрязнителей.

Классификация загрязняющих веществ

Существуют разные подходы к классификации загрязняющих веществ. В табл. 16.1 представлены основные отходы производства, характерные для главных секторов промышленности. К ним относятся разнообразные *твердые отходы* (древесина, металли-

Таблица 16.1

**Основные загрязняющие вещества, образующиеся
в процессе промышленного производства**
(Бэклунд и др., 1996)

Отрасль	Основная продукция	Основные загрязняющие вещества
Добыча полезных ископаемых Энергетика	Бурый и каменный уголь, металлические руды, минералы, соль Электричество, пар	Твердые отходы, тяжелые металлы, соль, пыль Зола, пыль, SO ₂ , NO _x , ПАУ, тяжелые металлы, диоксины
Целлюлозно-бумажная	Целлюлоза, бумага, картон	Кислородпоглощающая органика, хлорорганика, включая диоксины
Металлургия	Чугун, сталь, алюминий, хром, никель	Тяжелые металлы, SO ₂ , NO _x , диоксины
Металлообработка	Различные изделия из металла	Твердые отходы, тяжелые металлы, растворители, масла
Производство минеральных соединений	Цемент, известь, NO ₂ , соль	Пыль, кислоты, соли, тяжелые металлы
Химическая промышленность	Основные химические соединения; удобрения; нефтепродукты; пластмассы и резина; фармацевтические препараты; пестициды	NO _x , SO ₂ ; твердые отходы, тяжелые металлы; сложные смеси химических соединений
Пищевая промышленность	Пищевые продукты, сахар	Кислородпоглощающая органика, P, N

ческий лом, строительный мусор, бумага, стекло и др.), большинство из которых не влияют непосредственно на биоту.

Тяжелые металлы — это обширная группа элементов тяжелее железа (Fe): кобальт, никель, медь, цинк, кадмий, олово, сурьма, ванадий, свинец, висмут. Они обладают большой атомной массой, или плотностью более 8 г/см³. Многие из них токсичны при определенных концентрациях. О разнообразии неорганических экотоксикантов дает представление табл. 16.2.

Зола — несгораемый остаток, образующийся при полном сгорании топлива. Часть золы уносится в трубу нагретыми газами и,

Таблица 16.2

**Основные типы неорганических экотоксикантов, их источники
и обусловленные ими стрессы**

(Петросян, 2001)

Токсиканты	Основные источники	Типы химических стрессов
Газы (CO, NO ₂ , SO ₂)	Выбросы промышленных, энергетических предприятий и автотранспорта	Моноксид углерода обуславливает кислородную недостаточность. Диоксиды азота и серы вызывают болезни легких, а SO ₂ способствует некрозу листьев
Нитраты и нитриты	Азотные удобрения	Высокие концентрации в питьевой воде вызывают метгемоглобинемию («синдром голубого ребенка»)
Алюминий	Сточные воды	При низких значениях pH приводит к гибели организмов в водных системах
Кадмий	Производство цинка и сплавов, гальваника и сигареты	Токсичность и канцерогенез
Медь	Кабельное производство, электроника	Токсична при высоких концентрациях
Мышьяк	Пестициды, сплавы, зола	Проявляет токсичность и канцерогенез
Никель	Сплавы, покрытия, аккумуляторы	Вызывает образование раковых опухолей и проявляет общую токсичность
Ртуть	Производство щелочи и хлора, добыча золота, электроника, катализ	Высокотоксична и легко накапливается в организмах, проявляя разрушающее воздействие на внутренние органы и центральную нервную систему
Свинец	Бензин, краски, аккумуляторы, керамика	Токсичен, вызывает анемию и психические расстройства
Селен	Электроника, сплавы, стекло	Весьма токсичен
Хром	Катализаторы, краски, сплавы	Cr(VI) — канцероген более токсичный, чем Cr(III)
Цинк	Гальваническое производство, сплавы	Токсичен, но меньше, чем вышеприведенные металлы

Примечание. При перечислении тяжелых металлов имеются в виду их химические соединения.

попадая в атмосферу, загрязняет ее. Зола легко адсорбирует другие вещества, в том числе и загрязнители, в частности тяжелые металлы, и поэтому представляет опасность.

Оксид углерода (CO), диоксид серы (SO₂) и оксиды азота (N₂O, NO, NO₂) — самые распространенные загрязнители воздуха — летучие продукты сгорания разных веществ. Все они ядовиты в той или иной степени. Увеличение содержания оксидов серы и азота приводит к образованию *кислотных дождей*.

ПАУ — полициклические ароматические углеводороды, основу которых составляют бензольные кольца. Они содержатся в каменноугольных смолах, битумах, минеральных и сланцевых маслах, в бытовой саже. Обладают канцерогенным эффектом, т.е. способны провоцировать развитие рака. Поступают в воздух при производстве кокса, чугуна, алюминия, стали, газификации угля. К ПАУ относится и *бенз(а)пирен*, обладающий ярко выраженной канцерогенной активностью. О разнообразии органических токсикантов можно судить по табл. 16.3.

Диоксины — это группа полихлорированных дибензодиоксинов, в которую входит более 200 веществ. Все они относятся к сильным токсикантам, медленно разлагаются. Диоксины хорошо растворяются в жирах и накапливаются в организме. Образуются при сжигании любых хлорированных углеводородов, изделий содержащих полиэтилен или его производные, а также при лесных пожарах в тех местах, где применяли хлорсодержащие пестициды.

Металлорганические соединения (табл. 16.4) были специально разработаны для борьбы с биологическим обрастанием днищ судов, трубопроводов тепло- и гидроэлектростанций. Они применяются в качестве стабилизаторов поливинилхлорида (ПВХ), используемого для производства ряда пластмасс, в том числе для изоляции электропроводов. Производные метилртути обладают сильными биоцидными (уничтожающими живое) свойствами и поэтому применялись в середине XX в. для протравливания посевных семян. Алкидные производные свинца получили широкое распространение в качестве присадки (добавки) к автомобильному топливу. Тетраэтилсвинец, добавленный в бензин, повышает эффективность работы двигателя и снижает его детонацию. Такой бензин называется *этилированным*.

Кислородпоглощающая органика — это множество органических отходов лесоперерабатывающей и пищевой промышленности, которые при гниении активно поглощают кислород из окружающей среды. В воде это приводит к заморам.

Таблица 16.3

**Основные типы органических экотоксикантов,
их источники и обусловленные ими стрессы**

(Петросян, 2001)

Токсиканты	Основные источники	Типы химических стрессов
Полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ)	Образуются при неполном сгорании древесины, угля и нефтепродуктов	Возникновение раковых опухолей
Хлорзамещенные алкены (три- и тетрахлорэтилены)	Химчистки, использующие эти вещества в качестве растворителей	Канцерогенез, мутагенез и воздействие на центральную нервную систему
Хлорированные фенолы (три- и пентахлорфенолы)	Коммерческие средства сохранения древесины	Повреждения печени и почек, хлоракне, паралич конечностей, влияние на сердце и слизистые оболочки
Хлороформ и другие продукты хлорирования питьевой воды	Использующие хлорирование станции водоподготовки	Обуславливают канцерогенез, негативно влияют на печень и сердце
Полихлорированные бифенилы (ПХБ)	Трансформаторные и смазочные масла, пластификаторы	Накапливаются в жировых тканях биоты и вызывают токсическое действие
Полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ)	Микропримеси в ПХБ, хлорфенолах, 2,4,5-Т, продуктах сгорания ПВХ и отбеленной целлюлозе	Самые токсичные антропогенные вещества
Альдрин, гептахлор, ДДТ, диэльдрин и хлордан	Хлорорганические пестицидные препараты	Растворяются в жировых тканях организмов и биоаккумулируют в трофических цепях, оказывая токсическое воздействие на биоту и человека

Сельское хозяйство стало источником загрязнения воды и воздуха, почвы и продуктов питания *пестицидами, нитратами и нитритами* (см. гл. 17).

Большинство опасных веществ создано самими людьми. В природе они редко встречаются в угрожающих концентрациях. Мно-

Таблица 16.4

**Основные типы металлоорганических экотоксикантов,
их источники и обусловленные ими стрессы**
(Петросян, 2001)

Токсиканты	Основные источники	Типы химических стрессов
Производные трибутил- и трифенилолова	Краски для судов, стабилизаторы ПВХ, каталитические процессы	Вызывают половые превращения моллюсков. Триметильные и триэтильные производные олова являются нейротоксикантами
Производные метилртути	Используются как биоциды и образуются при метилировании в окружающей среде	Соединения метилртути и некоторые другие органические производные ртути вызывают существенные повреждения печени и центральной нервной системы у биоты и человека

гие из токсичных веществ были специально синтезированы для уничтожения патогенных микроорганизмов, насекомых — переносчиков инфекций, насекомых и грызунов, питающихся собранным урожаем, для предотвращения обрастания днищ судов живыми организмами, которые ухудшают мореходные качества кораблей. Другие хлорсодержащие соединения оказались прекрасными очистителями. Их широко используют в быту для очистки посуды, ванн, туалетов. Третьи токсиканты возникают в результате разложения биологически нейтральных соединений. Создавая новые соединения, ученые XIX и XX вв., естественно, не предполагали, что их массовое производство может обернуться опасным загрязнением окружающей среды. В настоящее время необходимо оценивать место новых химических соединений и продуктов их разложения в биосферных процессах и заранее предлагать средства безопасной и экономически необременительной утилизации отходов.

Несмотря на огромное разнообразие природных и искусственно синтезированных человеком химических соединений, наибольшую опасность представляют только те, что производятся промышленно в больших количествах. Поэтому число типов потенциально токсичных веществ, способных негативно повлиять на биологические процессы в природе, относительно невелико. Из них лишь малая часть представляет угрозу в региональном и глобальном масштабе: 1) вещества, меняющие состояние атмосферы, приводящие к

потеплению климата и истощению озонового слоя атмосферы Земли; 2) опасные вещества, легко переносимые на большие расстояния воздушными и водными потоками (кислотные дожди, стойкие ядохимикаты, радиоактивные элементы).

Загрязнение окружающей среды — это закономерный результат хозяйственной деятельности. Чем интенсивнее и разнообразнее работа, тем больше и разнообразнее отходы. В примитивном хозяйстве люди потребляли природные материалы — камень, дерево, воду, растительные и животные продукты. Отходы от их использования легко включались в природный круговорот веществ. Дерево или солому могли использовать в качестве топлива. Навоз перегнивал сам, превращаясь в почву. Камни и черепки глиняной посуды постепенно уходили в землю. Пока люди жили небольшими поселениями, не было проблемы масштабного загрязнения окружающей среды. Под загрязнением понимали в буквальном смысле “грязь” (глину, пыль, сгнившие органические отходы), однако по мере роста городов, появления фабрик и заводов, возникновения новых отраслей промышленности и совершенствования методов сельского хозяйства понятие “загрязнение окружающей среды” становилось все более общим и всеобъемлющим.

Чем крупнее становились поселения, тем больше концентрировались отходы. В средневековых европейских городах бытовые отходы и нечистоты стали настоящим бедствием. Жидкие отходы выливали прямо во двор или на улицу. Твердых отходов было еще немного, и их сваливали в кучу на заднем дворе. Нечистоты из выгребных ям стали вывозить за город. По свидетельству воина из войска Фридриха Барбароссы, Рим в XII в. являл собой неприглядное место: “Из прудов, пещер и окрестных свалок испаряются яды, и густой воздух наполнен моровой заразой и смертью”. С давних времен неприятный запах связывали с заразой, т.е. с опасностью распространения болезней и угрозой для человека.

Другой бич городов — дым из печных труб. Чем шире использовали уголь для отопления домов, тем больше сажу попадало в воздух городов, так что становилось трудно дышать, особенно в пасмурную погоду, когда дым стелился по земле. В 1273 г. король Англии Эдуард I запретил сжигание угля в Лондоне, но через несколько столетий из-за нехватки дров и доступности угля он снова стал основным видом топлива. В XVII в. Джон Эвелин написал научный памфлет “Фумигум, или Неприятности от лондонского воздуха и дыма”, в котором советовал выносить предприятия за черту города, а в самих городах шире осуществлять посадку кустов и деревьев. В XIX в. английский врач Де Вё употребил слово *смог* для обозначения комбинации тумана и дыма.

По мере развития производства (сначала кустарного, а затем промышленного) увеличивалось разнообразие изделий, потребляемых материалов, технологий их переработки и соответственно разновидностей отходов. С появлением в XVIII–XIX вв. мануфактур, фабрик и заводов возрастала интенсивность производства и объемы твердых, жидких и газообразных отходов. Долгое время по инерции никто не заболелся о специальной утилизации твердых отходов. Если они не мешали, то оставались в виде свалки в непосредственной близости от производства, если мешали, то их вывозили прочь. Жидкие отходы с появлением красил, ткацких и кожевенных производств стали более токсичными. Из загрязненных рек на значительном расстоянии нельзя было брать воду для питья. Металлургические заводы, особенно медеплавильные, отравляли газообразными выбросами вокруг себя почву, на которой мало что могло расти.

С развитием химической промышленности в XIX–XX вв. возникли новые виды загрязнения окружающей среды, часто неразличимые без специальных приборов,

но достаточно вредные. Еще большую опасность стали представлять радиоактивные материалы, появившиеся только в XX в. Перечень веществ, используемых человечеством, быстро увеличивается. К 2000 г. уже было синтезировано 18 млн наименований химических веществ. Микробиологическая промышленность, развернувшаяся после открытия антибиотиков, сама по себе стала мощным загрязнителем воздуха микроорганизмами. По мере развития молекулярной биологии и успехов генной инженерии появился еще один новый класс загрязняющих веществ — это организмы со специально измененным генотипом.

Таким образом, важно ясно представлять, что отходы — это закономерный результат переработки любых веществ, и по мере прогресса цивилизации проблема своевременной утилизации отходов становится все более трудной.

Истощение озонового слоя атмосферы Земли

В 1928 г. сотрудник фирмы “Дженерал Моторс” (США) Томас Миджлей запатентовал новый хладагент. До этого в холодильниках в качестве хладагентов использовали опасные вещества: аммиак (NH_3), метилхлорид (CH_3Cl), диоксид серы (SO_2). Новый хладагент представлял собой синтетический газ из класса галогенированных углеводородов семейства *хлорфторуглеродов* (ХФУ) и был назван *фреоном*. В состав фреонов входили атомы углерода, фтора, хлора и иногда водорода. Фреоны были совершенно безопасны — они не горели, не взрывались и не обладали никакими токсическими свойствами, кроме того, идеально подходили по физико-химическим свойствам для использования в качестве хладагента в холодильниках, так как переходили из газообразной в жидкую фазу с поглощением тепла при наиболее подходящей температуре. Фреоны не имели запаха, не разъедали металлы, прекрасно сохранялись. Демонстрируя безопасность нового вещества, Т. Миджлей даже вдыхал фреон. Изобретение в первой половине XX в. стало одним из символов всемогущества научно-технического прогресса. Семейство хлорфторуглеродов представлено ХФУ-11 (CCl_3F); ХФУ-12 (CF_2Cl_2); ХФУ-13 (CCl_3CF_3) и др.

С 1930 г. в США был налажен массовый выпуск фреонов и холодильников с их использованием. С тех пор холодильники стали доступными не только для специализированных фирм, но и для каждого человека. В 1932 г. были созданы и первые кондиционеры, которые долгое время использовались только для охлаждения воздуха на предприятиях, крупных фирмах, а затем в крупных магазинах. После окончания Второй мировой войны производство домашних холодильников, а за ними и кондиционеров стало расти особенно быстро.

Одновременно было установлено, что фреоны идеальны и в качестве распылителя в аэрозольных баллончиках для красок, химикатов, дезодорантов, лака для волос и других средств, которые вошли в моду в 50–60-е годы. В 1970-е годы фреоны стали широко использовать в качестве пузырькового наполнителя при производстве теплоизолирующих материалов (таких, как пенопласт), которые оказались особенно востребованными в период нефтяного кризиса 1973 и 1979 гг. Фреоны как растворители нашли широкое применение в химчистках. Поскольку себестоимость фреонов невелика, то с их помощью стали очищать двигатели внутреннего сгорания, а позже и детали, используемые в электронике, особенно в компьютерах. Производство фреонов быстро наращивалось (рис. 16.2), достигнув к 1974 г. огромной величины (970 тыс. т). Параллельно были синтезированы близкие по составу фторхлорбромуглероды, иначе называемые *галлонами*, которые широко применялись в огнетушителях.

Ничто не предвещало, что именно безобидные фреоны и галлоны могут стать главной угрозой биосфере, — ничто, кроме далеких от промышленности и повседневных людских забот исследований атмосферы Земли, и в частности озонового слоя в стратосфере на высоте 25–40 км (см. рис. 3.2).

Озон — трехатомная молекула кислорода (O_3) — постоянно образуется и распадается в атмосфере под влиянием ультрафио-

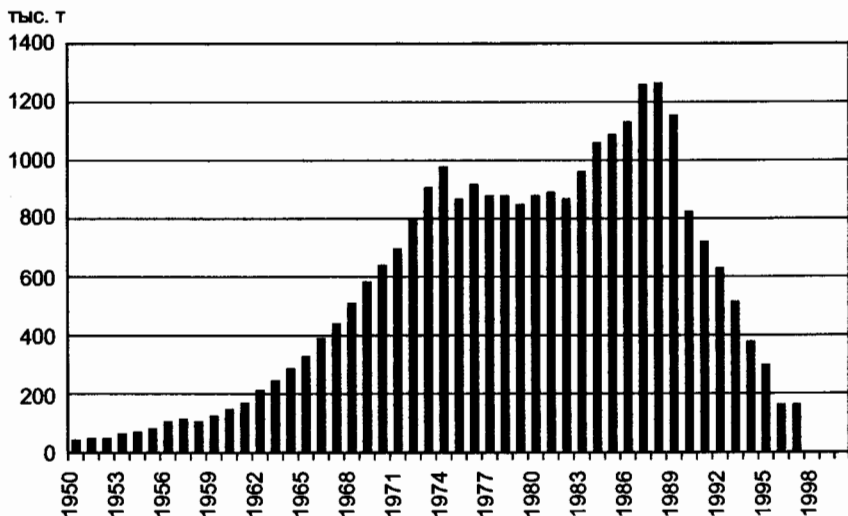


Рис. 16.2. Динамика производства фреонов в мире (Worldwatch Database, 2000)

летового излучения, в том числе с длиной волны 289–313 нм, наиболее опасного для всего живого. На большой высоте солнечный свет проходит почти беспрепятственно, а по мере увеличения плотности атмосферы возрастает число реакций 1) распада молекул кислорода O_2 на атомы с последующим образованием озона ($O_2 + O \rightarrow O_3$) и одновременно 2) распада озона ($O_3 \rightarrow O_2 + O$) под действием энергии того же ультрафиолетового излучения.

На высоте около 25 км интенсивность образования и распада озона наивысшая, в связи с чем именно в этом слое стратосферы концентрация озона самая большая. При этом поглощается почти вся энергия жесткого ультрафиолетового излучения, поэтому ниже в атмосфере озона образуется естественным путем значительно меньше. Область наивысшей концентрации озона в атмосфере Земли получила название *озонового слоя*.

В начале XX в. было установлено, что именно озон в стратосфере не пропускает наиболее опасную для всего живого часть спектра солнечного света (рис. 16.3) — жесткое ультрафиолетовое излучение УФ-Б с длиной волны 289–313 нм. Более мягкое ультрафиолетовое излучение УФ-А с длиной волны 313–400 нм доходит до поверхности Земли, не представляя большой опасности для здоровья.

Защитные свойства атмосферы Земли давно уже привлекали внимание ученых. Ионосфера, расположенная выше стратосферы, предохраняет Землю от сильных магнитных флуктуаций и жесткого ионизирующего излучения. Стратосфера оказывается следующей защитной оболочкой. Однако человечество во второй половине XX в. все активнее внедрялось в стратосферу. Появились сверхзвуковые

Солнечная энергия, Вт/м²

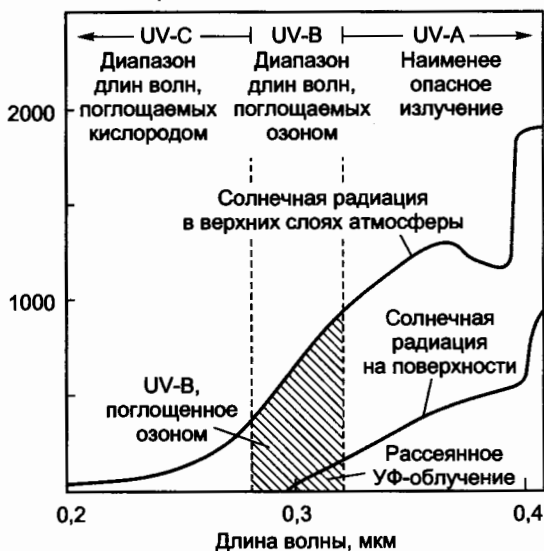


Рис. 16.3. Схема снижения интенсивности ультрафиолетового излучения озоновым слоем стратосферы (Медоуз и др., 1994)

самолеты, которые стали летать на высоте озонового слоя. Запуски ракет стали все более многочисленными. Было высказано опасение, что в результате подобных действий атмосфера станет хуже защищать живое от космических воздействий.

Систематические измерения содержания озона в атмосфере начались в 1926 г. в Англии и Швейцарии. Позднее сформировалась мировая озонметрическая сеть, а в 1960-е годы такая сеть появилась и в Советском Союзе. К концу XX в. в мире работало около 120 озонметрических станций, из них около 40 — на территории России. Измерения осуществляли преимущественно с помощью спектрофотометра Добсона. Вертикальное распределение концентрации озона исследуют с помощью озонзондов, поднимаемых на аэростатах до высоты 20–35 км. Глобальное распределение озона изучают также с помощью приборов, установленных на спутниках, например на американских серии “Нимбус” или российских серии “Метеор” (Кароль, Киселев, 1996; Соловьянов, 1998).

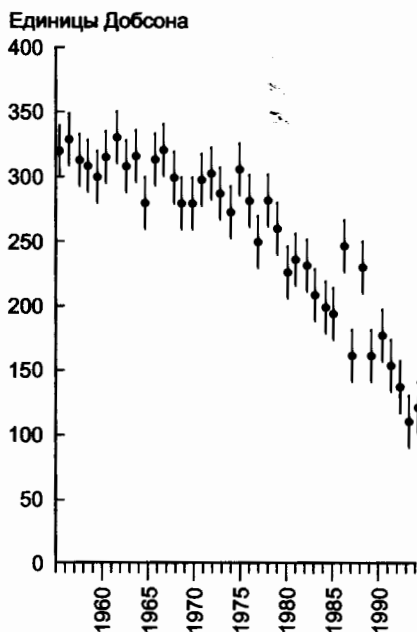
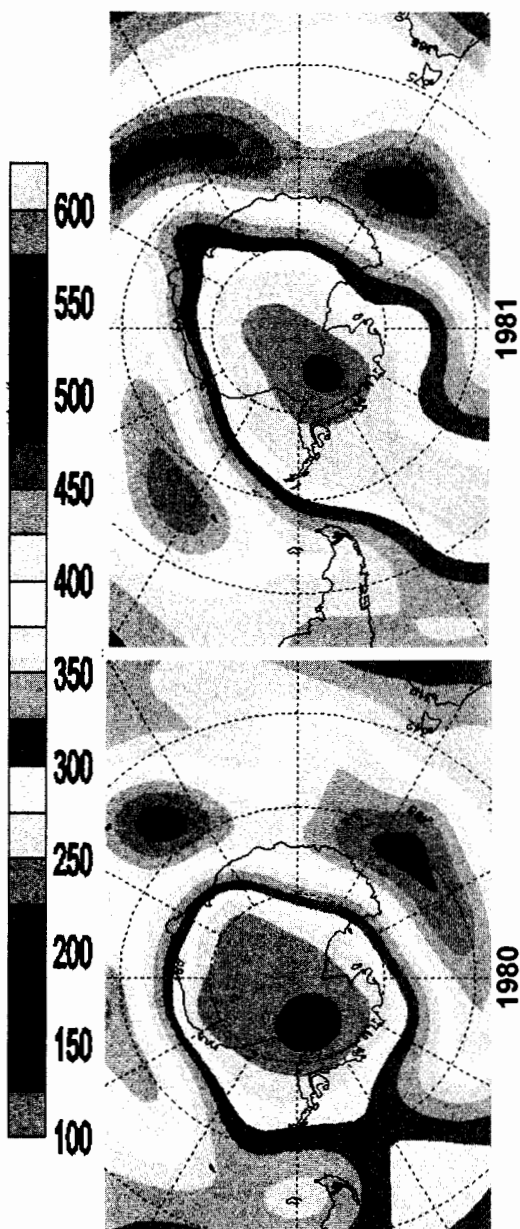


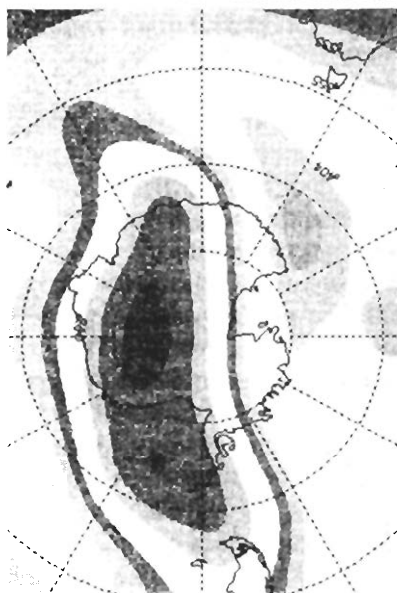
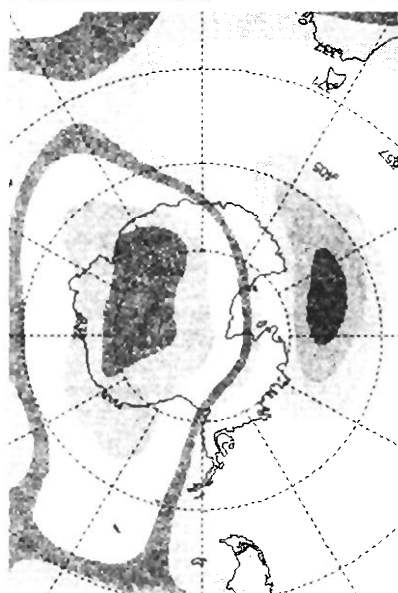
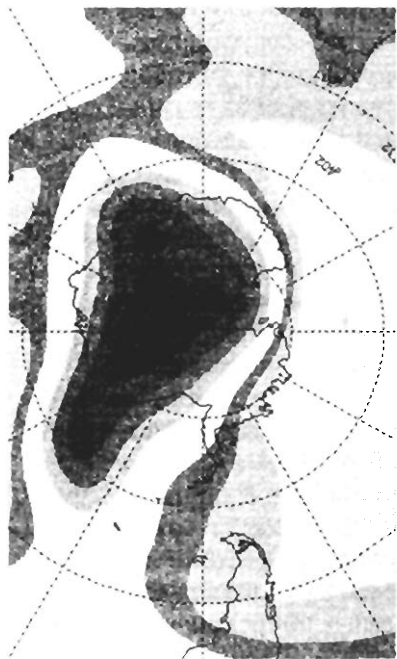
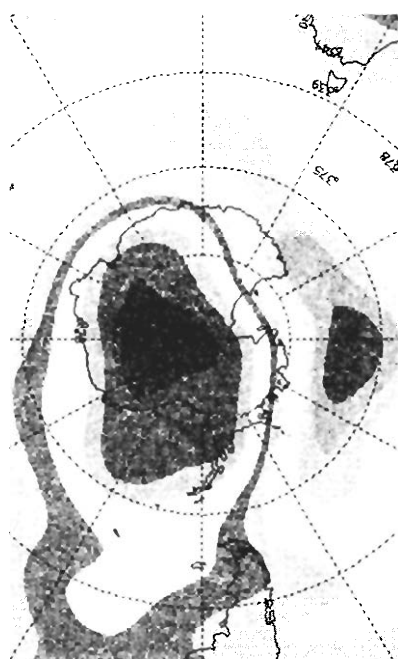
Рис. 16.4. Снижение концентрации озона в стратосфере над Антарктидой, по усредненным данным за октябрь (<http://www.atm.ch.cam.ac.uk/tour/part2.html>)

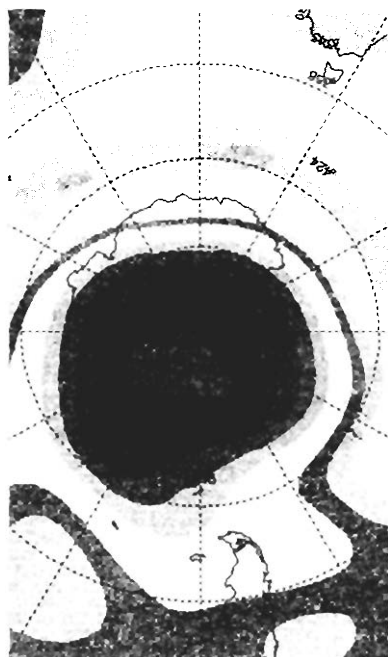
Спектрофотометр Добсона вошел в практику измерения концентрации озона с середины 1970-х годов. С его помощью были получены уточненные сведения о концентрации озона в стратосфере. Сравнение данных за несколько лет выявило тенденцию ежегодного уменьшения содержания озона в стратосфере (рис. 16.4). В 1980 г. был создан Международный комитет по озону для координации исследований по выяснению возможных причин этого явления.

Благодаря международным программам изучения Антарктиды и круглогодичной интенсивной работе нескольких антарктических станций в этом регионе был собран с начала 1950-х годов большой материал по составу и динамике атмосферы.

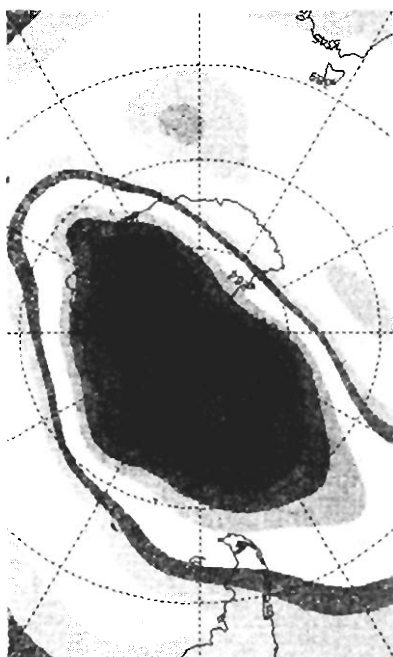
К 1985 г. содержание озона в стратосфере было уже исследовано достаточно подробно, и английский ученый Джо Фарман представил доказательства того, что над Антарктидой в октябре (антарктической весной) возникает обширная зона с пониженной концентрацией озона (рис. 16.5). Этот феномен был назван «озоновой дырой». Почти каждый год размер озоновой дыры над Антарктидой возрастал (рис. 16.6), позже озоновые дыры были обнаружены и над другими материками. Например, в январе 1995 г. произошло снижение содержания озона над Западно-Сибирской равниной и Среднесибирским плоскогорьем на 15–20%, а над Северо-Западом России оно было ниже нормы на 10–15%. В феврале 1995 г. над Северной Европой было зарегистрировано рекордное уменьшение концентрации озона на 40%, которое в отдельных регионах к середине марта достигло 50%. В 1997 г. над Арктикой и значительной частью Восточной Сибири с конца марта до середины мая отмечалось аномально низкое (на 30%







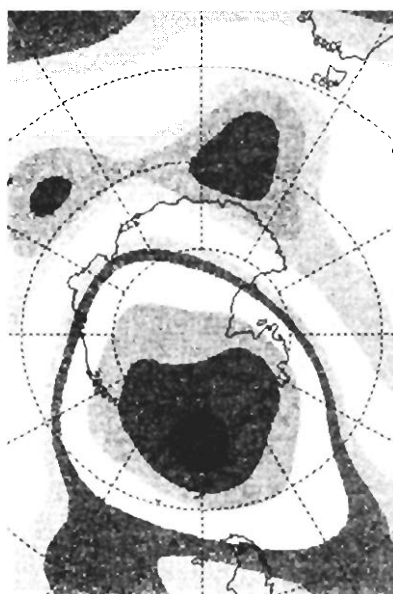
1987



1989



1986



1988

Фото отсутствует
1993





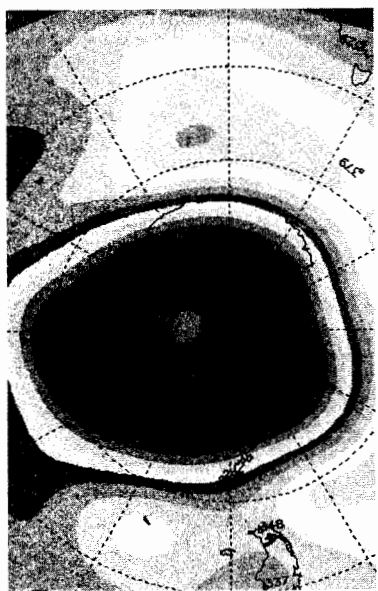
1995



1997

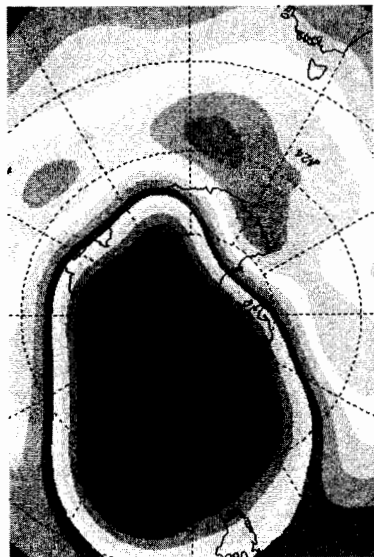
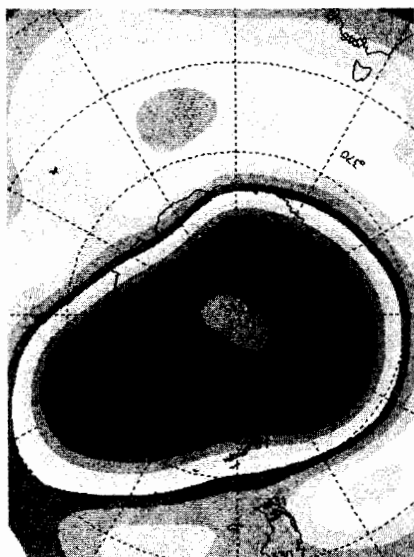
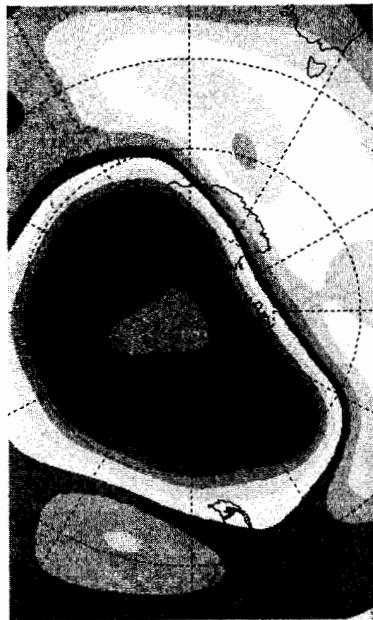


1994



1996

меньше обычного) содержание озона. Озоновая дыра имела диаметр около 3000 км. И в последующие годы озоновые дыры неоднократно возникали над той или другой территорией нашей страны.



Жесткое ультрафиолетовое излучение губительно для всех организмов, не имеющих от него специальной защиты. Недаром



2003



2002

Рис. 16.5. Изменение диаметра озоновой дыры над Антарктидой (<http://exp-studies.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selectMap?lang=e>)

для достижения стерильности в операционной ее предварительно кварцуют, т.е. с помощью кварцевой лампы облучают ультрафиолетовыми лучами. При этом погибает большинство микроорганизмов. У человека избыток ультрафиолетового облучения ослабляет иммунитет, вызывает рак кожи, провоцирует развитие катаракты (помутнение хрусталика глаза). Многие растения реагируют на ультрафиолет снижением урожайности пропорционально степени истощения защитного озонового слоя атмосферы. Особенно страдает фитопланктон — одноклеточные водоросли — на долю которого приходится примерно 1/3 всей глобальной первичной продукции живого вещества. Ультрафиолетовые лучи проходят сквозь верхние метры воды, в наибольшей степени заселенные фитопланктоном. Поэтому прирост и биомасса одноклеточных водорослей могут многократно сократиться, что в свою очередь по трофическим цепям скажется на большинстве морских



Рис. 16.6. Изменение размеров озоновой дыры над Антарктидой (усреднено за 30 дней; границы зоны с концентрацией озона менее 220 ед. Добсона) (http://cs.clark.edu/~mac/Geol390/StratosphericOzone/Ozone/images/avg_size_o3hole79-01_bw.jpg)

экосистем и приведет к катастрофическому снижению биоразнообразия.

25 лет назад был составлен прогноз возможных негативных последствий истощения озонового слоя Земли, который вызвал большую тревогу у общественности (рис. 16.7), стали активно изучать причины уменьшения концентрации озона по всему озоновому слою и особенно в области озоновой дыры над Антарктидой. Тогда появились и первые предположения о причинах возникновения озоновых дыр и глобальном снижении содержания озона в стратосфере.

К этому времени уже была создана военная сверхзвуковая авиация, самолеты которой стали летать ближе всего к озоновому слою. Было выдвинуто предположение, что продукты сгорания топлива, в частности оксиды азота, образующиеся при полетах сверхзвуковых самолетов на большой высоте, отрицательно влияют на озоновый слой. Специально проведенные исследования не подтвердили этого предположения, однако благодаря ужесточению международных норм эффективность сжигания топлива в реактивных двигателях самолетов была значительно увеличена.

Считается, что при идеальном сжигании топлива в атмосферу должны попадать только CO_2 , H_2O , молекулярный азот N_2 и кислород O_2 , а также SO_2 , но в реальности помимо перечисленных газов в состав выбросов входят еще оксиды азота, оксид углерода CO , углеводородные соединения и сажевые частицы. При этом наибольшая доля авиационного загрязнения в общем приходится на CO_2 и

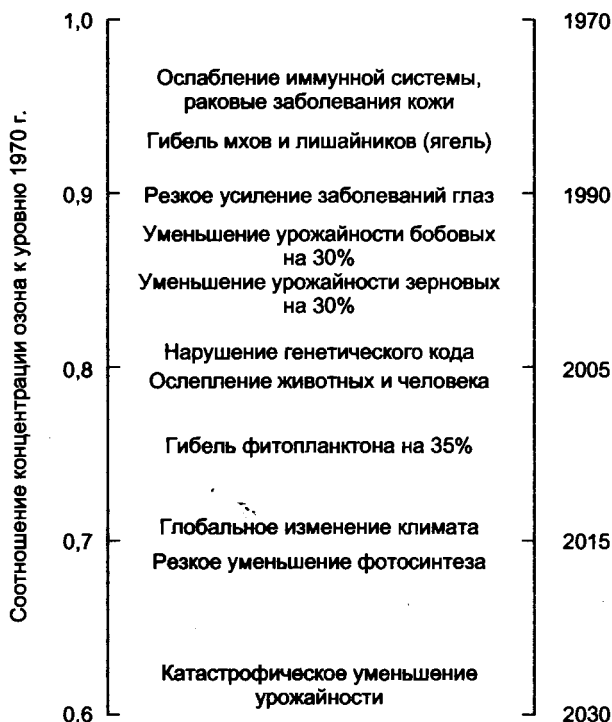


Рис. 16.7. Прогноз влияния снижения концентрации озона в стратосфере на биоту

H_2O , а также на азотные оксиды NO и NO_2 ; в последней паре более 80% выброса составляет оксид азота NO . Говоря о соотношении между NO и NO_2 , мы имеем в виду их концентрации непосредственно в момент выхода выхлопных газов из сопла реактивного двигателя. Однако NO и NO_2 фотохимически тесно связаны, быстро переходят друг в друга, поэтому в исследованиях, посвященных их выбросам, часто используют сумму этих оксидов, обозначая ее NO_x . Она отличается большей стабильностью: время жизни NO_x в атмосфере достигает нескольких суток. ... Наибольшим изменениям подвержена концентрация оксидов азота в слое массовых полетов — на высотах 10–12 км... Содержание NO_x в зоне полетов превышает в два раза и более уровень, отвечающий ситуации без полетов. Максимальные значения концентрации NO_x достигаются над Северной Америкой, где загрязнение наиболее интенсивно” (Кароль, Киселев // Природа. 2001. № 5).

Возникла новая версия — о вреде фреонов, используемых в холодильниках, кондиционерах, аэрозольных баллончиках. В 1974 г. ученые Ш. Роуланд и М. Молина из Калифорнийского университета США первыми показали, что фреоны могут разлагаться с высвобождением хлора, а одна молекула хлора способна уничтожить до 100 тыс. молекул озона. Модельные эксперименты

подтвердили их расчеты. Фреоновая гипотеза истощения озонового слоя и появления озоновой дыры стала основной. Однако были и другие объяснения, в частности, обратили внимание на то, что после извержений вулканов, сопровождающихся выбросом большого количества газов на значительную высоту, происходит снижение концентрации озона в стратосфере. Одним из примеров такого рода стало сильное извержение вулкана Эль-Чичон в 1982 г. со значительным выбросом аэрозолей, содержащих соединения хлора. На следующий год концентрация озона в тропосфере снизилась в среднем на 4%, но еще через год восстановилась. В 1991 г. произошло еще более мощное извержение вулкана Пинатубо на Филиппинских островах с аналогичными последствиями. С озоном реагирует множество соединений, но лишь единицы из них попадают в стратосферу либо во время мощных извержений вулканов, либо с выхлопными газами самолетов, либо самопроизвольно, как в случае с фреонами.

В 1977 г. в Вашингтоне представители 32 стран выработали первый план действий по защите озонового слоя. В результате в США, а затем в Швеции, Норвегии и Канаде было запрещено использование фреонов в аэрозольных упаковках.

В октябре 1984 г. британские ученые обнаружили, что содержание озона над их антарктической станцией Халли-Бей снизилось на 40%. Проверив данные спутников, американские ученые обнаружили, что снижение концентрации происходило в течение последних 10 лет (см. рис. 16.4). Одновременное измерение концентрации озона и хлора на борту самолета, пересекавшего озоновую дыру, показало точное совпадение снижения содержания озона с зеркально-симметричным повышением содержания хлора (рис. 16.8), что подтвердило гипотезу о причине истощения озона в стратосфере.

В марте 1985 г. в Вене была провозглашена концепция сохранения озонового слоя, а обязательства стран, одоббивших эту концепцию, были сформулированы в международном соглашении — Венской конвенции по защите озонового слоя. Эти обязательства означали для каждой страны, подписавшей конвенцию, формирование национальной политики и реализацию мер, направленных на снижение негативного воздействия на озоновый слой. Венская конвенция не предусматривала конкретных сроков реализации мероприятий по защите озонового слоя и каких-либо санкций для государств, недостаточно эффективно их реализующих.

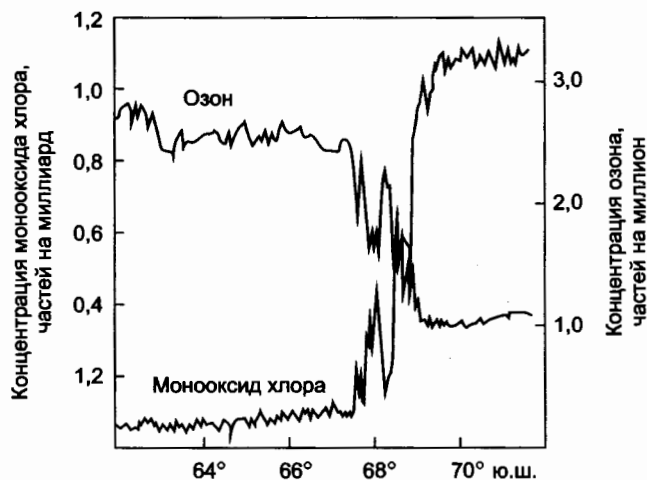


Рис. 16.8. Влияние увеличения (в меридиональном направлении) концентрации хлора в стратосфере на концентрацию озона над Антарктидой (Медоуз и др., 1994)

В 1987 г. на конференции в Монреале 24 страны подписали протокол о добровольном сворачивании производства опорочивших себя хладонотителей и разработке новых. Казалось, что одержана первая масштабная историческая победа общественного разума над эгоистическими интересами производителей. Позднее стало ясно, что именно крупнейшие производители в наибольшей степени заинтересованы в подобном решении. Перевод на другой хладагент был для них вынужденной мерой, вызванной дефицитом сырья¹, а международное решение заставило государства частично взять расходы по реконструкции производства на себя. Кроме того, лидеры холодильной промышленности на некоторое время избавились от конкурентов, специализирующихся на имитации их продукции и вкладывающих в научно-исследовательские и конструкторские разработки несопоставимо меньшие средства.

Благодаря принятым мерам и ответственному отношению всех стран к выполнению Монреальского протокола, а также благодаря финансовой поддержке Глобального экологического фонда

¹ Еще А.Е. Ферсман в 1938 г. обратил внимание на ограниченные резервы фтора. Международная конференция в 1986 г., посвященная 100-летию открытия фтора, пришла к выводу, что фтора в виде сырья осталось на Земле чуть более 100 Мт и хватит его только на 25–30 лет интенсивного потребления (Banks R.E. Isolation of fluorine by Moissan // J. Fluorine Chemistry. 1986. Vol. 33).

(ГЭФ) к 1996 г. производство озонразрушающих веществ в мире было сокращено почти на порядок: с 1280 тыс. т в 1988 г. до 160 тыс. т в 1996 г. (см. рис. 16.2), а к 2003 г. было прекращено полностью. Россия получила от ГЭФ 60 млн долл., которые были использованы на реконструкцию предприятий, выпускающих хладоны и га-лоны (Соловьянов, 1998).

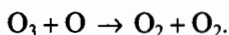
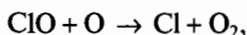
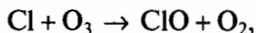
Три типа хлорфторуглеродных хладагентов

ХФУ — хлорфторуглероды обладают высоким потенциалом истощения озона. К ним относятся: ХФУ-11, ХФУ-12, ХФУ-13, ХФУ-113, ХФУ-500, ХФУ-502 и ХФУ-503.

ГХФУ — гидрохлорфторуглероды содержат атомы водорода, что приводит к более короткому времени существования ГХФУ в атмосфере по сравнению с ХФУ. Как результат ГХФУ оказывают гораздо меньшее влияние на истощение озонового слоя. Многие продукты, предлагаемые сейчас в качестве альтернативных для замены ХФУ, в своем составе содержат ГХФУ. К ним относится ГХФУ-22.

ГФУ — гидрофторуглероды не содержат хлора, а только водород и фтор. Они не разрушают озонового слоя и имеют короткий период жизни в атмосфере. ГФУ считаются долгосрочными альтернативными заменителями ХФУ и ГХФУ для большинства холодильных систем. К ним относятся ГФУ-134а и ГФУ-404а (<http://www.morena.com.ru/NEWS/document/html>).

Тем не менее истощение озонового слоя атмосферы Земли еще не прекратилось. Величина озоновой дыры над Антарктидой в 2000 и 2003 гг. достигла рекордной величины — 28 млн км². Дело в том, что молекулы хлорфторуглеродов достигают высоты 25–40 км в атмосфере Земли примерно за 10–20 лет. Там под влиянием ультрафиолетовой радиации они распадаются с выделением атомов хлора, который вступает в реакцию с озоном с образованием оксида хлора (ClO) и молекулы кислорода (O₂). Оксид хлора нестабилен, вступает в реакцию со свободным атомом кислорода, в результате чего образуются молекула кислорода и свободный атом хлора, который снова реагирует с молекулой озона, и т.д. (Кароль, Киселев, 2003):



Поэтому единственный атом хлора, однажды образовавшийся при распаде хлорфторуглерода, может разрушить тысячи молекул озона до тех пор, пока он не вступит в реакцию с другими веществами, например с метаном (Cl+CH₄→HCl+CH₃), на что могут уйти десятки и даже сотни лет (по некоторым оценкам, до

600 лет). Получается, что после пикового производства фреонов в 1988 г. должно пройти достаточно много лет, прежде чем озоноразрушающие вещества окажутся вне холодильных агрегатов, выброшенных на свалку, и затем постепенно воспарят до уровня озонового слоя, после чего активный хлор будет разрушать молекулы озона еще несколько десятков лет (табл. 16.5). Возможно, период самого сильного негативного воздействия на озоновый слой Земли еще не наступил, несмотря на полное прекращение производства озоноразрушающих веществ.

Однако по данным Всемирной метеорологической организации, концентрации применяемых в быту фреонов в верхних слоях атмосферы к середине 1990-х годов уже стабилизировались (рис. 16.9): ХФУ-11 стабилизировался и стал снижаться, а для ХФУ-12 наметилась тенденция к замедлению прироста концентрации.

Фреоны оказались “миной замедленного действия”. В 1930 г. изобретение фреонов выглядело как чудо, и еще много лет трудно было даже догадаться о коварных последствиях широкого использования “безобидного” хладагента. Когда стали очевидны последствия, представляющие глобальную опасность для всего человечества, то предотвращение катастрофы казалось уже невозможным.

На примере изобретения и массового выпуска фреонов человечество впервые осознало, что чрезвычайно опасные последствия могут быть отсроченными — наступить уже после того, как проведены исследования, испытания, не выявившие ничего подозрительного в новых веществах и технологиях. Такой отсроченный эффект в медицине называется *латентным периодом*, т.е. инфекция не сразу проявляется в организме, а спустя несколько дней, неделю или две. За это время можно было бы предотвратить беду, но еще нет никаких признаков болезни, хотя она уже развивается в организме жертвы.

Латентный эффект научно-технической революции — неизбежное следствие производства ранее не существовавших веществ

Рис. 16.9. Изменение концентрации фреонов в атмосфере с 1977 по 1999 г. по данным нескольких наземных станций мониторинга в различных частях планеты (по оси ординат “ppt”-частиц хлорфторуглерода на триллион частиц атмосферы) (<http://spacescience.com/default.htm>)

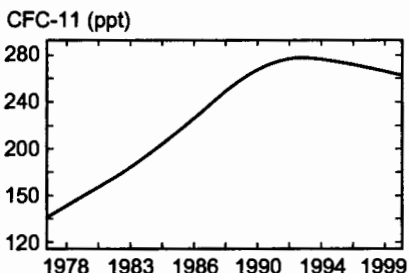


Таблица 16.5

Важнейшие химические соединения, разрушающие озоновый слой, их область применения, объемы производства и время пребывания в атмосфере
(Медоуз и др., 1994)

Название соединения	Химическая формула	Потенциал разрушения озона	Область применения	Объем мирового производства в 1985 г., т	Время пребывания в атмосфере, лет
ХФУ-011	CFCl_3	1,0	Искусственное охлаждение, аэрозоли, пены	298 000	65–75
ХФУ-012	CF_2Cl_2	0,9–1,0	Искусственное охлаждение, аэрозоли, пены, стерилизация, замораживание пищевых продуктов, термодатчики, косметические препараты, пенообразующие вещества	438 000	100–140
ХФУ-013	CCl_3CF_3	0,8–0,9	Растворители, косметические препараты	138 500	100–134
ГХФУ-22	CHClF_2	0,05	Искусственное охлаждение, аэрозоли, пены, огнетушители	81 200	16–20
Метилхлороформ	CH_3CCl_3	0,15	Растворители	499 500	5,5–10
Четыреххлористый углерод	CCl_4	1,2	Растворители	71 200	50–69

и оказания на окружающую среду необычных воздействий. В менее драматичной форме латентный эффект проявлялся и до истории с фреонами. С конца 1930-х годов стали повсеместно применять пестицид ДДТ, а спустя 20 лет выяснилось, что он опасен не только для насекомых-вредителей, но и для всей биосферы. Изобретение антибиотиков было встречено с восторгом, с их помощью были спасены от гибели миллионы жизней, но лишь со временем выяснилось, что увлечение антибиотиками может иметь нежелательные последствия. Широкое использование асбеста в строительных материалах вначале не предвещало ничего плохого, и лишь со временем выяснилось, что волокна асбеста — сильный канцероген, вызывающий рак легких. Таких примеров можно привести множество.

Мы должны извлечь урок из своих ошибок и предельно осторожно относиться к новинкам, требуя самого тщательного и всестороннего их экспериментального и теоретического исследования. Необходимо разработать законодательную базу, предохраняющую от возможности повторения роковых ошибок.

К счастью, история с фреонами и истощением озонового слоя Земли оказалась не столь фатальной, как могла бы быть. По-видимому, изменение концентрации озона в стратосфере определяется не только фреонами. Имеются и естественные причины флуктуации содержания озона.

Тропосферный озон

В то время как в стратосфере озона становится все меньше, в тропосфере, т.е. в приземном слое воздуха, его местами становится слишком много. Озон вырабатывается в результате множества химических реакций, в том числе с участием оксидов углерода и азота, метана и летучих органических соединений. Автотранспорт и тепловые электростанции вносят ощутимый вклад в увеличение концентрации приземного озона, создавая предпосылки для появления фотохимического смога. В начале XX в. концентрация приземного озона во Франции составляла 20 мкг/м³, а в 1980-х годах уже достигла в наименее загрязненных районах Европы 40–90 мкг/м³. Казалось бы, тропосферный озон может защитить людей от неблагоприятного ультрафиолетового излучения. Однако в тропосфере озона примерно в 4–7 раз меньше, чем в стратосфере. Кроме того, при повышенных концентрациях озон сам по себе ядовит для животных и растений. Установлено, что повышение содержания озона в приземном слое воздуха привело к снижению урожайности зерновых в Европе с 9 до 15% (Семенов и др., 1999).

Региональное загрязнение воздуха

Помимо глобального загрязнения большую угрозу для всего живого представляет и менее масштабное региональное загрязнение. Оно возникает при попадании в воздух продуктов сгорания,

при распылении мелких частиц или аэрозолей, что часто применяется при борьбе с вредителями сельскохозяйственной продукции.

В табл. 16.6 приводится перечень таких веществ, загрязняющих атмосферу в региональном масштабе.

Таблица 16.6

Природа и происхождение основных веществ, загрязняющих атмосферу
(Риклефс, с дополнениями, 1981)

Природа загрязнения	Источник загрязнения:
Газы	
Углекислый газ (диоксид углерода)	Вулканическая деятельность Дыхание живых организмов Сжигание ископаемого топлива
Оксид углерода	Вулканическая деятельность Двигатели внутреннего сгорания
Углеводороды	Растения, бактерии Двигатели внутреннего сгорания
Органические соединения	Химическая промышленность Сжигание отходов Разнообразное топливо
Сернистый газ (SO_2) и другие производные серы	Вулканическая деятельность Морские брызги Бактерии Сжигание ископаемого топлива
Производные азота (оксиды азота)	Бактерии Горение
Радиоактивные вещества	Атомные электростанции Ядерные взрывы Медицинские и научные приборы
Частицы	
Тяжелые металлы	Вулканическая деятельность Метеориты
Минеральные соединения	Ветровая эрозия — водяная пыль Промышленность Двигатели внутреннего сгорания
Органические вещества, естественные и синтетические	Лесные пожары Химическая промышленность Разнообразное топливо Сжигание отходов Сельское хозяйство (пестициды)
Радиоактивные вещества	Ядерные взрывы

Углекислый газ (диоксид углерода — CO_2) — обычный компонент биосферы. Он образуется при дыхании животных и растений. Кроме того, он поступает в атмосферу из недр Земли во время извержений вулканов. Обычно он не представляет опасности, кроме редких случаев, когда в результате дегазации мантии Земли углекислый газ концентрируется во впадинах.

Угарный газ (оксид углерода — CO) — обычный продукт сгорания органического топлива при недостатке кислорода, обладающий токсичными свойствами. Во всех домах, где сохранилось печное отопление, хорошо знают, что нельзя закрывать задвижку печи до полного сгорания дров или угля, чтобы не отравиться угарным газом. Также запрещается заводить двигатели внутреннего сгорания в закрытых гаражах.

Углеводороды — основная составляющая нефти и природного газа. Это обширная группа веществ, среди которых есть и летучие, испаряющиеся непосредственно из нефти, бензина или поступающие в атмосферу вместе с природным газом. Углеводороды в больших количествах концентрированно поступают в воздух из выхлопных газов, а в природе образуются в малых количествах некоторыми растениями и бактериями.

Диоксид серы и оксиды азота были уже перечислены выше.

Радиоактивные вещества природного и антропогенного происхождения. К природным процессам относится дегазация мантии Земли с поступлением радиоактивного газа радона. Антропогенное радиоактивное загрязнение атмосферы происходит в результате испытания ядерного оружия и аварий на атомных реакторах.

Пыль, включающая как неорганические (минеральные), так и органические частицы, также является обычным загрязнителем атмосферы. После сильных извержений вулканов значительное поступление твердых частиц приводит к уменьшению прозрачности атмосферы. При наземных испытаниях ядерного оружия высоко в тропосферу поступали огромные количества пыли. Подсчитано, что в случае начала атомной войны и массированных встречных бомбардировках атомными бомбами в воздух поднимется такое количество пыли, что прозрачность атмосферы упадет до недопустимого уровня, растения не смогут фотосинтезировать, температура на поверхности планеты снизится и наступит так называемая “ядерная зима” с непредсказуемыми последствиями для всей биосферы. Концепция “ядерной зимы” была разработана советским академиком Н.Н. Моисеевым (1917–2000) и американским ученым К. Саганом (1934–1996). Благодаря их расчетам

правительства противостоящих атомных держав осознали бесперспективность продолжения гонки ядерного вооружения и необходимость своевременного разоружения.

Кислотные дожди

Электроэнергия стала широкодоступной в XX в. в основном благодаря строительству тепловых электростанций, в топках которых с каждым годом сгорало все больше угля и нефти. Вместе с продуктами сгорания в атмосферу поступало все больше сажи, диоксида серы и оксида азота. Сера — один из распространенных в земной коре химических элементов. Поэтому в угле и нефти ее содержание может достигать нескольких процентов. Попадая в атмосферу, диоксид серы взаимодействует с парами воды, превращаясь в серную кислоту. Так же образуются и пары азотной кислоты. В результате осадки становятся кислотными. Чистая дождевая вода слегка кислая, так как в ней растворяется углекислый газ, образуя слабую угольную кислоту. Добавление диоксида серы и оксида азота увеличивает кислотность в 10–1000 раз. Выше всего кислотность в облаках и тумане. При выпадении дождя кислотность несколько снижается.

Вблизи промышленных районов, где сконцентрировано много заводов и электростанций, загрязнение воздуха было всегда значительно больше, чем в сельской местности и лесах. Для того чтобы как-то уменьшить загрязнение воздуха в поселках и городах на заводах и ТЭС строили все более высокие трубы, чтобы выбросы рассеивались на значительные расстояния, постепенно становясь менее концентрированными и опасными. В результате от загрязнения воздуха стали страдать даже отдаленные территории и акватории. Поскольку заводов и ТЭС становилось все больше, то и общее количество кислотных выбросов возрастало. К концу 1960-х годов огромные шлейфы загрязненного кислотами воздуха накрыли значительные территории в Северной Америке и Европе. Если раньше замечали лишь отдельные признаки угнетения растительности или гибели рыб в озерах от выпадения кислотных осадков, то к началу 1970-х годов обширные хвойные леса в Западной Европе (на юге Германии, в Австрии и Чехословакии) стали засыхать. Во многих канадских озерах погибла рыба и прочая водная фауна. Ранее такое же явление было отмечено в Норвегии. После проведения подробных исследований удалось установить, что, попадая на растения, кислотные осадки могут вызывать ожог; оказавшись в почве, они способствуют вымыва-

нию многих необходимых для жизнедеятельности растений веществ. По мере усиления кислотных осадков снижается способность почвы их нейтрализовать. Поэтому кислоты с грунтовыми водами попадают в озера как конечные резервуары, накапливаются в них и приводят к гибели многих видов фитопланктона, а также водных беспозвоночных и рыб. Действие кислотных осадков на экосистемы оказалось разносторонним.

В самих городах кислотные дожди разъедали многие памятники архитектуры и монументы, которые были сделаны из известняка и мрамора, ускоряли коррозию металлов. Суммарный вред от кислотных осадков стал столь значительным, что это породило конфликты между различными районами и группами населения. В США владельцы лесов и сельскохозяйственных угодий стали требовать возмещения своих потерь от владельцев заводов и теплоэлектростанций. Впервые в юриспруденции появились иски одного штата к другому в связи с ущербом, наносимым загрязненными воздушными массами. Появилось специальное понятие *трансграничный перенос*. В 1979 г. в Женеве была представлена для подписания Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Советский Союз подписал ее в 1980 г. Заинтересованные государства создали специальные службы мониторинга трансграничных переносов. Фактически к имеющимся пограничным службам миграционного, таможенного, карантинного контроля добавилась еще одна — контроля за переносом загрязняющих веществ.

В последующие два десятилетия во многих странах была разработана нормативная база и приняты законы, которые обязывали виновников загрязнения расплачиваться за нанесенный ими ущерб. Были созданы эффективные методы теоретического расчета количеств загрязняющих веществ, переносимых воздушными массами, благодаря которым удалось значительно снизить затраты на дорогостоящий мониторинг вдоль границ государств. В мировой практике утвердились правила взаимных компенсаций между государствами в случае доказанного ущерба.

Все вместе взятое заставило разработать и быстро внедрить технологии снижения содержания серы в газообразных выбросах. Для этого использовали как специальные фильтрующие устройства, так и очистку топлива от загрязняющих веществ до подачи его в топку. В России уровень выбросов серы был сокращен за 20 лет, начиная с 1980 г., на 40%, в Европейском сообществе — на 62, а в странах, ставших главными источниками загрязнения серой, — на 80%. В результате ущерб от кислотных осадков в

развитых странах значительно снизился, и эта проблема уже потеряла свою былую остроту. Этот урок позволил наглядно доказать, как важно своевременно принять консолидированное международное решение, выработать механизмы проверки его осуществления и исполнения.

Основные единицы оценки степени загрязнения окружающей среды

Единица ИЗА — рассчитывается как сумма деленных на ПДК средних за год концентраций веществ с помощью несложных расчетов, приводящих величину ИЗА к величине концентрации диоксида серы в долях ПДК

Уровень загрязнения воздуха

низкий	$\text{ИЗА} < 5$
повышенный	$5 < \text{ИЗА} < 6$
высокий	$7 < \text{ИЗА} < 13$
очень высокий	$14 < \text{ИЗА}$

Единица СИ — наибольшая измеренная за короткий период (20 мин) концентрация вещества, деленная на ПДК. При СИ > 10 загрязнение воздуха считается очень высоким.

Загазованность в городах

По мере развития автомобильного транспорта выхлопные газы стали еще одним источником массового загрязнения воздуха в городах. В первой половине XX в. от загрязнения воздуха в основном страдали жители индустриальных центров, где из высоких труб фабрик и заводов поднимался густой дым. Но после Второй мировой войны на фоне экономического взлета автомобили стали более доступными для населения, и их вклад в загрязнение окружающей среды теперь можно считать основным.

В отличие от фабрик загрязнение от каждого отдельного автомобиля было не столь сильным и к тому же не было локализованным. Выхлопные газы содержат продукты сгорания бензина (оксиды углерода, серы и азота). Если же город стоит на хорошо продуваемом месте, то загрязнение воздуха, как правило, не достигает критических значений. Однако в городах с плохой естественной вентиляцией, обычно расположенных в окруженных холмами котловинах, более тяжелый загрязненный воздух скап-

ливается вниз, так что жители начинают от него задыхаться. Плотная высотная застройка также способствует плохой вентиляции. Если дым и выхлопные газы соединяются с туманом, что раньше часто случалось в таких городах, как Лондон, то образуется смог. В 1952 г. в течение четырех декабрьских дней от смога в Лондоне погибли 4000 человек. Трагедии повторялись в 1956, 1957 и 1962 гг. В меньшем масштабе нечто подобное случилось и в США в 1948 г. в г. Донора, а затем в 1963 г. в Нью-Йорке (300 смертельных случаев).

При обилии солнечного света оксиды углерода, азота и серы подвергаются фотохимическим превращениям с образованием озона и других соединений, усугубляющих вредное воздействие на носоглотку и легкие, вызывая сильное раздражение и аллергическую реакцию¹. Такое загрязнение стало типичным для Лос-Анджелеса. Оно получило название “фотохимический смог”. Все эти случаи всколыхнули общественное мнение и заставили правительства ответственнее заняться проблемой автомобильного загрязнения воздуха.

Ситуация осложнилась еще тем, что в выхлопных газах содержались соединения свинца, которые специально добавляли в бензин в качестве присадки, улучшающей работу двигателя внутреннего сгорания. Когда автомобилей было мало, то и загрязнение воздуха и почвы соединениями свинца было незначительным, но по мере роста автомобильного парка оно стало стремительно возрастать (рис. 16.10). Соединения свинца накапливаются в организме человека в жировых тканях. У кормящих матерей они медленно выводятся вместе грудным молоком. Получается, что в городах матери кормили грудных детей отравленным молоком. Свинец тормозит развитие ребенка и может негативно сказаться на его здоровье и психике. Известие об этом вызвало бурю возмущения в США, и в 1970 г. был принят Закон о чистоте воздуха, в котором, в частности, предписывалось автомобильной промышленности за пять лет перейти к новому поколению легковых машин, работающих на неэтилированном бензине (без тетраэтилсвинца).

¹ Нередко вещества, возникающие в результате разложения или химических реакций загрязнителей, могут быть значительно токсичнее исходных соединений. Подобные “вторичные” загрязнители возникают повсюду: в воздухе, воде, внутри свалок. Иногда совместное действие нескольких токсикантов во много раз сильнее, чем их простая сумма. Этот эффект получил название “сочетанного действия” токсикантов.

Одновременно стали разрабатывать специальные устройства, с помощью которых можно было бы снизить концентрацию наиболее опасных оксидов азота, серы и оксида углерода. Была запатентована специальная

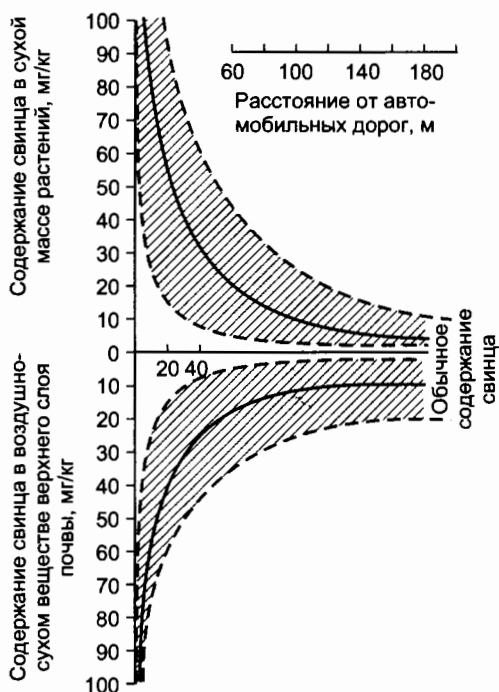


Рис. 16.10. Загрязнение свинцом придорожных пространств (Эйхлер, 1993)

насадка на выхлопную трубу автомобиля, в которой газы подвергались каталитическому доокислению или восстановлению (два варианта). Например, вредный газ CO таким способом превращается в безвредный для здоровья людей CO_2 . В качестве катализатора использовали дорогостоящую платину. Поэтому устройство в быту получило название “платиновый фильтр”. Вначале только богатый шт. Калифорния принял собственный закон, обязывающий владельцев легковых автомашин установить платиновые фильтры. Затем и остальные штаты последовали этому примеру.

В результате за одно десятилетие (1978–1987) в США снизилось содержание токсичных загрязнителей в приземном слое воздуха: Pb на 88%, SO_2 — на 35, CO — на 32% (рис. 16.11).

Фактически проблема свинцового загрязнения воздуха городов была в США полностью решена, и это положительно сказалось на здоровье населения, особенно молодежи. За период с 1972 по 1987 г. в США было израсходовано 384 млрд долл. на мероприятия по улучшению состояния воздушной среды. Страны Западной Европы, Японии и Австралии быстро приняли соответствующие законы, также отказались от использования этилированного бензина и внедрили каталитические очистители выхлопных газов. В Германии для этого был принят специальный закон, согласно которому государство из бюджетных средств компенси-

ровало существенную разницу в цене за приобретение нового автомобиля с платиновым фильтром (правда, это относилось только к первой покупке).

В Советском Союзе и затем в России продолжали пользоваться этилированным бензином. Лишь в 2002 г. был принят закон о запрете его производства и использования.

Кроме очистки выхлопных газов уменьшить автомобильное загрязнение воздуха можно еще несколькими способами. Это прежде всего совершенствование самих двигателей внутреннего сгорания и их регулировки. За последние 20 лет в этих направлениях удалось достичь больших успехов. Широкое использование систем электронной регуляции работы двигателей позволило на современных автомобилях снизить уровень содержания вредных продуктов сгорания. Также удается снизить количество загрязняющих веществ за счет уменьшения массы самого автомобиля, так как нагрузка на двигатель при этом несколько снижается. На смену многим тяжелым металлическим деталям пришли аналогичные, но из более легкого металлопластика или прочных пластмасс.

Немаловажны и градостроительные решения, направленные на уменьшение числа перекрестков, где происходит наибольшее загрязнение воздуха при форсировании двигателей во время возобновления движения автомобилей. Избавление от пробок при расширении магистралей, увеличение их числа и развязок также позволяет значительно снизить загрязнение воздуха.

Наконец, стратегически важным оказалось развитие общественного транспорта, в том числе метро, трамваев и троллейбусов, не загрязняющих воздуха. Общественный автотранспорт проще перевести на газ, чем небольшие автомашины. Продукты сгорания природного газа менее токсичны. В Бразилии планомерно переводят автотранспорт на спирт с различными примесями, пытаясь таким способом решить проблему загазованности городов.

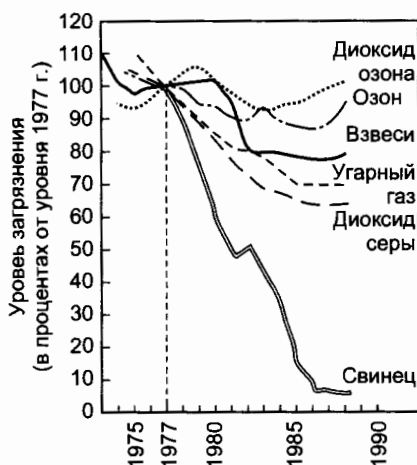


Рис. 16.11. Уменьшение содержания свинца в воздухе в США с 1977 г. после введения законодательного ограничения на использование этилированного бензина (Небел, 1993)

В России загазованность городов стала быстро увеличиваться в 1990-х годах, когда страна переняла у Запада рыночную экономическую систему и число частных автомашин быстро возросло, а общественный транспорт стал работать хуже. И хотя в нашей стране был принят один из первых законов в мире по охране атмосферного воздуха (1949), а затем в 1982 и 1999 гг. он был обновлен, тем не менее по состоянию на 1995 г. превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) в пять раз отмечались в 126 городах, в 10 раз — в 80 городах, а превышение в 10 раз ПДК тремя и более веществами зафиксировано в 12 городах (Государственный доклад..., 1995). В Москве ПДК по загазованности была превышена в среднем в 4–8 раз, а на магистралях до 20 раз.

К 2002 г. ситуация в целом не улучшилась. Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) в 1999 г. был больше 7 в 81 городе, а в 2002 г. — в 130 городах России. Число городов с очень высоким загрязнением воздуха, т.е. с ИЗА, равным или превышающим 14, выросло за тот же период с 22 до 35. В этих городах проживает более 20 млн человек. Вместе с тем в 57 небольших городах с населением по 100–250 тыс. человек и общей численностью почти 10 млн человек отмечено улучшение в состоянии атмосферного воздуха, что связано со снижением индустриального производства (Государственный доклад..., 2002).

В Москве в 2002 г. средние уровни загрязнения воздуха были выше ПДК по фенолу (1,3 раза), формальдегиду (1,7), бенз(а)пирену (2 раза), а превышение ПДК по максимальным зарегистрированным значениям соответственно в 2,7; 3,3; 7,0 раза.

Выводы

1. Загрязнение окружающей среды возникает в результате нежелания людей тратить деньги и время на переработку отходов или же на совершенствование технологий с целью снижения выхода побочных продуктов производства.

2. По мере роста численности населения, суммарного материального потребления и научно-технических возможностей возросло с еще большей скоростью загрязнение воздуха, воды, почвы и продуктов питания всевозможными химическими веществами.

3. Многие из синтезированных в последние 100 лет химических веществ не входят в естественный круговорот веществ.

4. Загрязнение окружающей среды не только опасно для людей, которые оказываются в зоне его воздействия, но и в целом может вызвать нежелательные глобальные изменения в биосфе-

ре, примерами которых стали тенденция к потеплению климата и истощение озонового слоя атмосферы.

5. По мере того как сами люди стали осознавать степень грозящей им опасности от безответственного обращения с отходами, отдельные государства, а затем и все мировое сообщество стали разрабатывать нормативы, направленные на снижение объема загрязняющих веществ, оценки риска, совершенствование технологий.

6. Конечная цель — обеспечение экологической безопасности с помощью полного учета и регуляции обращения с отходами (включения их в производственный цикл); обезвреживание и возвращение веществ в биосферу в такой форме и концентрации, которые не могут нарушить баланс природных процессов и не являются опасными для всего живого.



ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДЫ. СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Основные вопросы

-
1. В чем заключаются особенности для живого загрязнения воды по сравнению с другими видами загрязнения окружающей среды?
 2. Каковы основные источники антропогенного загрязнения водной среды?
 3. Каковы особенности загрязнения пресных вод промышленностью, сельским хозяйством, городами?
 4. Что такое эвтрофикация, каковы ее причины и последствия для водных экосистем?
 5. Что такое предельно допустимые концентрации?
 6. Как определяются предельно допустимые концентрации для веществ, загрязняющих водоемы?
 7. Что такое самоочищение воды и в результате чего оно может происходить?
 8. Каков принцип действия и как устроены сооружения для очистки загрязненных вод?
 9. Как устроены индивидуальные септические системы?
 10. Каковы основные загрязнители Мирового океана?
 11. Каким образом мировое сообщество стремится снизить загрязнение Мирового океана?
 12. Какие меры предпринимаются в России для снижения загрязнения пресных и морских вод?
-

Особенности загрязнения воды и его последствия для живого

В водной среде обитает подавляющее большинство биологических видов. Жизнь зародилась в океане и большую часть геологической истории оставалась только в воде. Здесь находятся представители всех систематических типов животных, большинства микроорганизмов и растений. Подавляющее число классов, отражающих биологическое разнообразие организации живого на

высоком уровне своеобразия, ограничено в своем распространении только водной средой. Поэтому когда обсуждаются возможные последствия загрязнения водоемов, надо прежде всего учитывать реакцию *гидробионтов* — организмов, живущих в воде.

Гидробионты соприкасаются с водой всей поверхностью тела так же, как наземные виды окружены воздухом. Однако у всех сухопутных видов растений и животных покровы тела надежно защищают организм от избыточного обмена веществ с окружающей средой, а у гидробионтов такая защита развита в значительно меньшей степени. Это связано с тем, что для живого водная среда не является чем-то чуждым. Возникнув в морской воде и имея тело, цитоплазма клеток которого по ионному составу близка к составу воды, живое использовало это для эффективного поглощения из воды необходимых для жизнедеятельности газов и растворенных веществ и одновременно для удаления продуктов жизнедеятельности — жидких отходов наружу непосредственно через покровы тела. И хотя у большинства многоклеточных животных имеются специальные органы выделения и дыхания, тем не менее изолирующие свойства покровов тела у всех гидробионтов выражены значительно слабее, чем у «аэробиионтов», обитающих на суше.

Особенно сильно выражена взаимосвязь организма с окружающей водной средой на ранних стадиях индивидуального развития, когда происходят размножение, откладка яиц и их дробление. На этих стадиях жизненного цикла чувствительность молодого организма к любым отклонениям от нормальных условий особенно велика, в том числе это относится к загрязнению воды в полной мере.

Гидробиологам это хорошо известно, поэтому как только были разработаны нормативы предельно допустимого загрязнения окружающей среды, их сразу стали различать в зависимости от характера водоема. Для рыбоводных водоемов они существенно строже, чем для водоемов хозяйственного назначения.

Обитатели суши обычно мало контактируют с водоемами, лишь когда потребляют из них воду или купаются. Все остальное время загрязняющие водоем вещества не воздействуют на организм сухопутных животных. Наземные растения оказываются вне сферы загрязнения водоемов, получая влагу из почвы. В отличие от них водные организмы вынуждены постоянно оставаться под непосредственным прямым воздействием загрязняющих веществ на их организм. В этом важная особенность загрязнения водной среды.

Другая особенность связана со способностью водных экосистем к самоочищению. В водной среде легче проходят химические реакции. Поэтому растворенные в воде вещества неизбежно взаимодействуют с другими. Большую роль играет адсорбция молекул твердыми частичками на дне водоема или в толще воды, которые через некоторое время осядут и будут захоронены под слоем минерального и органического осадка. Этот эффект назван "самоочищением водоемов". Даже в зоне сверхсильных загрязнений, например ниже по течению от сброса ядовитых веществ, происходит достаточно эффективное самоочищение на протяжении нескольких километров, а иногда сотен метров благодаря перемешиванию струй воды в реке с твердыми частицами, вымываемыми из берегов или сносимыми поверхностным стоком с суши. Эта особенность учитывается при проектировании очистных сооружений и их размещении на местности.

Особенности загрязнения водной среды на разных этапах развития человечества

За последние 150 лет загрязнение воды многократно возросло как по объему, так и по разнообразию форм загрязнения. С древних времен основное загрязнение пресных вод было связано с массовым разведением скота и попаданием в реки и озера фекалий, а также паразитических организмов. В отдельных районах кожевенное производство и красильни были самыми сильными загрязнителями рек.

В процессе индустриальной революции, когда появились механизированные фабрики, масштаб загрязнения многократно возрос. В XIX в. стали появляться химические производства, и спектр жидких отходов значительно расширился. В XX в. нарастало использование в сельском хозяйстве минеральных удобрений, а затем пестицидов. Во второй половине XX в. возникла мода на создание механизированных гигантских животноводческих комплексов, на которых скапливалось огромное количество органических отходов. Если при попадании небольшого количества навоза природные экосистемы с успехом его утилизировали, включая в цикл круговорота веществ, то навоз больших свиноферм и птицефабрик некуда было девать: экосистемы всех окрестностей не могли справиться с переработкой такого количества органических отходов. Смыв их в реки стал единственным выходом из создавшегося положения, который породил серьезную проблему сильного загрязнения пресных вод органическими веществами.

Минеральные удобрения и пестициды, вносимые на поля вместе с дождевой водой, просачивались до водоносного горизонта и спустя некоторое время оказывались в водах рек и озер. Целлюлозно-бумажная промышленность также нанесла вред рекам и озерам. Так, уникальное оз. Байкал оказалось загрязненным, несмотря на специальные меры, предпринятые Правительством СССР, для сохранения чистоты его вод.

Развитие атомной промышленности породило радиоактивное загрязнение, которое в некоторых местах достигло сверхопасного уровня. Например, на Урале вблизи комбината по переработке радиоактивных отходов ("Маяк") в 1951 г. производился сброс жидких высокоактивных отходов радиохимического производства в оз. Карачай и р. Течу (Ларин, 2001).

В 1970-е годы сильным источником загрязнения вод стали тепловые электростанции, на которых сжигалось так много угля и нефти, что содержащиеся в них примеси серы стали главной причиной кислотных дождей с последующим закислением вод озер в Скандинавии, Канаде и др. (см. гл. 16).

В 1980-е годы широкое использование эндокринных препаратов в сельском хозяйстве для стимулирования ускоренного роста животных привело в конце концов к попаданию этих веществ в водоемы и повышению их концентраций, способных оказать негативный эффект на людей. В последние десятилетия неиспользованные лекарства, выбрасываемые населением, стали новым опасным источником загрязнения вод. Разнообразные биологически активные вещества поступают теперь в водоемы еще потому, что просроченные лекарства тоннами выбрасываются на свалки, откуда, размываемые дождем, попадают сначала в грунтовые воды, а затем в реки, озера и пруды.

В настоящее время загрязнение пресных и морских вод стало столь масштабным, что начало угрожать существованию жизни. В некоторых местах, таких, как Великие озера на границе США и Канады, жизнь была почти истреблена, и потребовались исключительные усилия в сочетании с огромными капиталовложениями, чтобы не превратить некогда прекрасный уголок природы в мертвый резервуар токсичных отходов.

Основные типы загрязнения водной среды

Главные разновидности загрязнения водной среды могут быть сведены к следующим: 1) болезнетворные агенты; 2) кислород-поглощающие отходы; 3) неорганические вещества, хорошо

растворяющиеся в воде; 4) биогены, потребляемые растениями в качестве питательных веществ; 5) органические химические вещества; 6) осадки или взвеси; 7) радиоактивные вещества; 8) лекарственные препараты; 9) теплая вода.

Болезнетворные агенты. К ним относятся микроорганизмы, вирусы, простейшие, гельминты и их яйца, которые в организме человека и животных вызывают различные заболевания. Болезнетворные микроорганизмы при попадании их с зараженной водой являются причиной холеры, брюшного тифа, инфекционного гепатита, дизентерии и др. В воду они попадают с испражнениями больных, смытыми поверхностным стоком, или из плохо очищенных канализационных стоков. Простейшие и гельминты нередко попадают в воду от животных, в которых развивается промежуточная стадия их жизненного цикла, а оказавших в других животных или в человеке, яйца глистов или амёбидные формы других паразитических беспозвоночных вызывают заболевания. В ряде случаев домашний скот, выпасаемый на берегу водоема или пьющий из него воду, бывает причиной распространения болезнетворных агентов.

Холера — опасное инфекционное кишечное заболевание, вызываемое холерным вибрионом (*Vibrio cholerae*) — бактерией, размножающейся в просвете тонкого кишечника, вызывая интоксикацию, в результате которой происходит обезвоживание организма из-за непрекращающихся поноса и рвоты. Заражение холерным вибрионом происходит через загрязненную воду, куда он попадает от других людей с испражнениями. В воде вибрионы растут при температуре выше +8 °С. Споры они не образуют, но могут долго выживать в воде. Основным источником инфекции сам человек. Холерный вибрион сохраняется не только в воде, но и на продуктах питания (рыбе, раках, креветках, устрицах). Загрязненная холерным вибрионом вода может быть совершенно прозрачной и не иметь запаха. В течение тысячелетий люди считали, что источником заразы бывает только грязная и плохо пахнущая вода. Эпидемии холеры в разное время уносили множество жизней. Исторический очаг холеры — Ближний Восток, откуда инфекция была распространена колонизаторами в начале XIX в. в другие страны. В России холера впервые появилась в 1829 г. С начала XIX в. в мире прошло семь пандемий. Опасность заболевания холерой сохраняется в России до настоящего времени.

Дизентерия — инфекционное заболевание, вызываемое дизентерийной амёбой (*Entamoeba histolytica*), которая, попадая в толстый кишечник, может там долго жить, не вызывая заболевания, а может внедриться в слизистую оболочку кишечника и начать там усиленно питаться и размножаться. В результате происходит изъязвление кишечника, сопровождающееся кровавым поносом. Яйца дизентерийных амёб выводятся наружу сотнями миллионов в виде покрытых оболочкой цист, которые очень стойки во внешней среде. При попадании с загрязненной водой или пищей в организм цисты вскрываются и амёбы заселяют подходящую для них среду. Часто заражение дизентерийными амёбами происходит при употреблении некипяченого молока от тех коров, хозяева которых содержат их в недостаточной чистоте.

Инфекционный гепатит (гепатит А) — “желтуха” — вызывается вирусом, который попадает в организм человека с загрязненной водой и продуктами питания. После достаточно продолжительного латентного периода (скрытого течения болезни) вирус поражает печень, размножаясь в ее клетках, затем выделяется с желчью в желудочно-кишечный тракт и оттуда с фекалиями в окружающую среду. Вирус устойчив во внешней среде, а при низких температурах сохраняется годами. Погибает при кипячении в течение 10 минут. Нередко источником заражения бывают люди, не проявляющие признаков болезни, так называемые носители инфекции. Обладает высокой инфекционностью и распространен повсеместно. Особенно велик риск заражения гепатитом А в странах с жарким климатом, плохой системой канализации и водоснабжения, низким уровнем гигиены населения.

Шистосоматоз — инфекционное заболевание, распространенное в странах с теплым климатом. Вызывается паразитическим плоским червем кровяной двуусткой (*Schistosoma haematobium*), который заселяет вены вблизи мочевого пузыря человека. Его яйца с мочой больного попадают во внешнюю среду, и в воде из них вылупляются личинки, которые активно внедряются через кожу в пресноводных улиток, служащих для них промежуточным “организмом-хозяином”. Там личинки растут, размножаются и затем уже в ином виде выходят снова в воду, откуда проникают в организм человека, активно пробуравливая кожные покровы. В человеке — окончательном “организме-хозяине” — происходит завершение развития этих паразитических червей. Шистосоматоз особенно распространен в странах, где разводят рис, так как рисовые плантации (чеки) заливают водой и крестьяне пропалывают их, стоя в воде. В меньшей степени шистосоматоз был распространен и в среднеазиатских странах — Узбекистане, Казахстане, Киргизии. Шистосоматоз — очень древняя болезнь: обызвестленные яйца *Schistosoma* найдены в египетских мумиях, похороненных 1300 лет до н.э.

Аскаридоз — паразитическое заболевание, вызываемое аскаридами — круглыми червями, обитающими в организме животных и растений. В организме человека может обитать человеческая аскарида (*Ascaris lumbricoides*). Попадает внутрь в виде яиц или очень мелких личинок с загрязненной водой или пищей. Далее развивается в кишечнике, вызывая боли в желудке, катар, снижение аппетита. Яйца аскарид выводятся наружу с испражнениями. Яйца покрыты мощной оболочкой, поэтому во внешней среде они сохраняются годами. В тех странах, где принято использовать человеческие фекалии в качестве органического удобрения на огородах (например, в Японии), зараженность аскаридами в первой половине XX в. стала почти поголовной. В нашей стране весной после снеготаяния яйца аскарид и их личинки могут попадать даже в водопроводную воду, минуя все фильтры на станциях водоподготовки.

Почти всю историю человечества инфекционные заболевания были основной причиной преждевременной смерти людей, особенно младенцев. Лишь с развитием медицины, санитарии и гигиены в XIX–XX вв. удалось побороть многие инфекции. Нельзя забывать, что профилактика инфекционных заболеваний определяется прежде всего соблюдением правил личной гигиены.

Кислородпоглощающие отходы. При попадании в воду органических отходов (навоз, испорченные сельскохозяйственные продукты, канализационные стоки) происходит их разложение бактериями с большим поглощением кислорода. В результате

дефицита кислорода может наступить замор. При недостатке кислорода в воде не только погибают беспозвоночные, рыбы, водоросли, но и начинают работать анаэробные бактерии, которые разлагают органические вещества до метана, аммиака и сероводорода. Все они токсичны для обычной фауны и флоры, кроме анаэробных микроорганизмов.

Для определения загрязненности воды биологически разложимыми органическими отходами используют показатель *биохимической потребности в кислороде* (БПК). Для его определения берут пробу воды, разбавляют насыщенным кислородом дистиллированной водой, добываясь избытка кислорода, затем измеряют концентрацию кислорода в полученном растворе, раствор выдерживают при температуре 20° в течение пяти дней. Затем снова измеряют концентрацию растворенного кислорода и по разнице значений проведенных до и после пятидневной экспозиции измерений определяют биохимическую потребность в кислороде за пять дней. БПК₅ питьевой воды не превышает 0,0015 г кислорода на 1 л воды. Для канализационных вод БПК₅ обычно варьирует от 0,1 до 0,5 г/л.

Неорганические вещества, хорошо растворяющиеся в воде. Кислоты, соли и некоторые соединения токсичных металлов прекрасно растворяются в воде. Негативный эффект от попадания кислот в воду или растворения в ней солей может проявиться лишь при больших объемах сбросов или же в маленьком водоеме. А растворимые соединения токсичных металлов могут сделать воду непригодной для обитания гидробионтов и употребления ее населением даже при небольших изменениях концентрации ионов *ртути, свинца, кадмия, хрома, мышьяка* и др. Поскольку эти металлы используются промышленно, то и загрязнение водоемов вблизи промышленных центров и крупных городов токсичными водорастворимыми соединениями тяжелых металлов стало обычным явлением. Бывает так, что небольшой чистый ручей, текущий вблизи города, токсичен, так как в нем повышена концентрация кадмия, что может быть проверено только после проведения специальных химических анализов. Тяжелые металлы могут накапливаться в пищевых цепях, что сильнее всего проявляется в морских экосистемах. Поэтому морепродукты и особенно те виды, которые венчают пищевые цепи, такие, как крупные рыбы, например тунцы, могут содержать тяжелые металлы в очень высоких концентрациях.

Среди всех тяжелых металлов наибольшую опасность и распространенность представляет загрязнение вод соединениями *ртути, свинца и кадмия* (табл. 17.1).

Таблица 17.1

Воздействие на здоровье людей обычных химических загрязнителей питьевой воды
(Миллер, 1996)

Загрязнитель	Последствия
Неорганические вещества	
Мышьяк	Рак, болезни печени, почек, крови и нервной системы
Кадмий	Болезни почек, анемия, болезни легких, высокое кровяное давление, возможное внутриутробное повреждение, рак
Хром	Подозревается, что некоторые формы, такие, как хромат, вызывают рак
Свинец	Головные боли, анемия, нервные расстройства, врожденные дефекты, рак, умственная отсталость, неспособность к занятиям, частичная потеря слуха у детей
Ртуть	Повреждение нервной системы и почек; биологически усиливается в пищевых цепях
Нитраты	Респираторные осложнения и возможная смерть детей в младенчестве или еще не родившихся детей; возможно формирование канцерогенных нитрозаминов
Синтетические органические вещества	
Альдикарб (темик)	Высокотоксичен для нервной системы
Бензол	Повреждение хромосом, анемия, болезни крови, лейкемия
Четыреххлористый углерод	Рак, болезни печени, почек, легких и центральной нервной системы
Хлороформ	Болезни печени и почек; предположительно вызывает рак
Диоксины (особенно ТСОО)	Кожные болезни, рак и генетические мутации
Дибромид этилена	Рак и бесплодие у мужчин
Полихлорированные бифенилы	Болезни печени, почек и легких
Трихлорэтилен	В высоких концентрациях — повреждение печени и почек, депрессия центральной нервной системы, кожные заболевания, а также предположительно вызывает рак и мутации
Винилхлорид	Болезни печени, почек и легких; легочные, сердечно-сосудистые и желудочно-кишечные заболевания; рак и предположительно мутации

Примечание. Данные основываются на исследованиях, которые проводились на лабораторных животных.

Химические соединения, содержащие *ртуть*, стали активно использоваться человечеством лишь совсем недавно, по мере того, как получили распространение новые антисептики, пестициды, люминесцентные лампы, батарейки и др. Например, ртутьсодержащие фунгициды специально производили для протравки зерна перед посевом, чтобы снизить его потери. Ртутные соединения попадают в окружающую среду сначала на этапе их производства, а затем при использовании (скажем, в виде пестицидов) или после использования в виде отходов (люминесцентные лампы и батарейки). Всего в мире ежегодно добывают 2016 т ртути.

В водоемах малотоксичные одновалентные формы ртути могут превращаться микроорганизмами в высокотоксичные двухвалентные формы органических соединений метилртути и диметилртути. Они токсичны, вызывая нарушения в работе нервной системы, а также разнообразные врожденные уродства. Пока ученые не разобрались с опасными последствиями сбрасывания в воду ртутных отходов, произошло несколько массовых отравлений диметилртутью. Одно из них было в Японии среди жителей залива Минамата в середине 1960-х годов, у которых стала распространяться странная болезнь нервной системы с тяжелыми психическими последствиями. Это заболевание получило название “болезнь Минамата”. Оказалось, что местный завод по переработке руды сбрасывал богатые ртутью отходы в реку, откуда они попадали в залив. Здесь они подвергались бактериальному метилированию и накапливались в виде ртутьорганических соединений в жировых тканях рыб. Так рыбные продукты стали причиной массового неизвестного ранее заболевания. Обычная концентрация ртути в природных водах составляла 0,07–0,15 мкг/л (Добровольский, 1998).

Свинец издавна используется людьми. Этот мягкий металл стал одним из первых, нашедших широкое применение в быту. В странах Средиземноморья в античные времена из свинца делали посуду, поэтому в скелетах людей той эпохи нередко содержание свинца было выше нормы. О токсичных свойствах свинца, вероятно, люди догадывались и в те времена, так как тонкими свинцовыми листами обивали иногда корпуса судов для того, чтобы их не разрушили древоточцы — морские беспозвоночные. Свинцовая обшивка предохраняла также и от обрастания разнообразными морскими организмами, которое значительно снижает проходимость кораблей. Свинцовые трубы не покрываются внутри толстым бактериальным слоем (из-за антисептических свойств) и поэтому широко использовались при устройстве водопроводов

вплоть до XX в. Затем свинец стали применять при изготовлении красок, например сурика (Pb_2PbO_4) и свинцовых белил ($\text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{PbCO}_3$), затем свинцовых аккумуляторов. В течение XX в. больше всего свинца производили в форме тетраэтилсвинца (C_2H_5)₄Pb для добавления в бензин в качестве присадок, улучшающих работу двигателей внутреннего сгорания. К концу XX в. ежегодное производство свинца в мире составляло 3,1 млн т.

Соединения свинца бывают летучими и растворимыми. Неорганические соединения свинца дезактивируют некоторые ферменты. Они нарушают обмен веществ, а у детей вызывают умственную отсталость, ухудшают способность сосредоточиться, вызывают агрессивность. Свинец накапливается в костях, заменяя кальций. Органические соединения свинца еще более токсичны. В настоящее время во всех экономически развитых странах запрещено использовать в легковых автомобилях этилированный бензин, так что в скором будущем проблема свинцового загрязнения должна потерять актуальность.

В воду соединения свинца попадают из природных его скоплений в земной коре; при сбросе отходов его производства; из воздуха через растворение в воде; из выхлопных газов, после их осаждения на дорожное покрытие и затем смываются водой в ливневую канализацию; из свинцовых труб, если они используются в водопроводе. Обычная концентрация свинца в пресной воде 0,03 мкг/л, а в морской воде 1 мкг/л (Добровольский, 1998).

Кадмий по химическим свойствам близок к цинку, и в природных соединениях они часто встречаются вместе. Кадмий широко применяется в ядерной энергетике для изготовления поглощающих стержней в атомных реакторах, в гальванотехнике в качестве антикоррозионных и декоративных покрытий, используется как стабилизатор поливинилхлорида, пигмент в стекле и пластмассах, а также при производстве серебряно-кадмиевых аккумуляторов, некоторых полимеров и пигментов. Ежегодное производство кадмия в мире составляет около 20 тыс. т.

Кадмий токсичнее свинца. Он может замещать цинк в некоторых биохимических процессах. Накапливается в почках человека и животных, поражает нервную систему. Разовая доза более 30 мг смертельна для человека. Обычная концентрация кадмия в природных водах 0,11–0,2 мкг/л (Добровольский, 1998).

Биогены, потребляемые растениями в качестве питательных веществ. Минеральные удобрения содержат соединения азота, фосфора и калия. Широкое распространение, которое получили в XX в. минеральные удобрения (см. рис. 9.4) в сельском хозяйстве,

привело к тому, что добыча азотного и фосфорного сырья многократно возросла. Искусственным путем был покрыт естественный дефицит этих элементов в почве. Благодаря высокой растворимости азотных удобрений значительная их часть оказывается смытой дождями и в итоге поступает в водоемы, где становится источником питательных веществ для фитопланктона. Этот эффект называется эвтрофикацией.

Органические химические вещества. К этой группе загрязняющих веществ относят нефть и нефтепродукты, пестициды, моющие средства и растворители, пластмассы. Все они стали опасными загрязнителями окружающей среды в течение последних 100 лет.

В состав *нефти* входит более 150 различных углеводородов. Добыча нефти и производство нефтепродуктов начались с XIX в., но если в 1950 г. в мире было добыто только 436 млн т нефти, то к концу XX в. — уже 3200 млн т. Загрязнение нефтепродуктами водоемов связано прежде всего с их массовой транспортировкой водными путями на специально сконструированных для этого судах — танкерах. В воду нефтепродукты попадают, во-первых, при авариях танкеров, а во-вторых, после перехода порожних танкеров обратно. Для сохранения устойчивости порожнего судна емкости для перевозки нефти частично заполняют водой, которую перед загрузкой танкера нефтью долгое время сливали в море. В результате за несколько десятилетий интенсивной перевозки нефти, в основном с середины XX в., Мировой океан стал настолько загрязнен ею, что пришлось принимать срочные меры. В 1954 г. в Лондоне была подписана международная Конвенция по предотвращению загрязнения моря нефтью, согласно которой балластные воды из танкеров было запрещено выливать в открытом море.

Нефть растекается по воде тонкой пленкой, нарушая нормальный газообмен между океаном и атмосферой, что при значительных масштабах загрязнения может сказываться даже на климатической системе Земли. В местах разливов нефти погибает множество морских птиц, оперение которых теряет водоотталкивающие свойства после соприкосновения с нефтяной пленкой. От нефти страдают и водные млекопитающие, которым необходимо регулярно выныривать для дыхания. Растворимые фракции нефти токсично воздействуют на гидробионтов, а плохо растворимые постепенно погружаются на дно, где до их захоронения они еще долго оказывают неблагоприятное воздействие на донную фауну.

Пестициды — типичное порождение научно-технического прогресса. Массовое производство синтетических пестицидов нача-

лось во второй половине XX в. Пестициды применяют в основном в сельском хозяйстве (см. гл. 9) и в быту. С полей пестициды выносятся поверхностным стоком и разносит ветром вместе с мелкими частичками почвы. Попадая в водоемы, многие пестициды сохраняют подолгу токсичные свойства, воздействуя на гидробионтов. Так же как и тяжелые металлы, они задерживаются в жировых тканях. По пищевым цепям пестициды накапливаются на каждом более высоком трофическом уровне, достигая огромных концентраций в организме комменсалов III–V порядков, к которым относятся крупные рыбы и некоторые водные млекопитающие. С речными и грунтовыми водами пестициды попадают в водопроводы. Осадить их в воде трудно, поэтому они представляют реальную угрозу для здоровья людей.

Детергенты — синтетические поверхностно-активные вещества стали незаменимыми помощниками в быту, так как позволяют эффективно и с наименьшими усилиями отстирать загрязненные вещи. Экологическую опасность детергенты представляют потому, что меняют свойства поверхностной пленки на границе сред, а значит, и на границе между телом гидробионта и водой. Кроме того, детергенты долго были существенным источником эвтрофикации водоемов, пока в них использовали полифосфаты.

Осадки или взвеси. Не растворяющиеся в воде частицы почвы и грунта всегда в значительных количествах попадали в воду. С ними в водоемы поступали минеральные соединения, биогены, необходимые для питания растений. В то же время взвесь частиц в воде уменьшает ее прозрачность, в результате чего фотический слой, в котором возможен фотосинтез, становится тоньше, что негативно сказывается на первичной продуктивности. В особенно мутной воде не могут существовать многие гидробионты, так как взвесь забивает жабры, мешает фильтрации воды, из которой они вылавливают пищевые частицы.

Интенсивное развитие горной промышленности, строительства и сельского хозяйства привели к многократному увеличению смыва твердых частиц в воду, местами очень сильно влияя на водные экосистемы. Увеличился и глобальный вынос твердых веществ с речным стоком в Мировой океан, что неизбежно сказывается на круговороте веществ в масштабе биосферы.

Радиоактивные вещества. Многие радиоизотопные соединения способны растворяться в воде, другие оказываются в ней вместе со сносом твердых частиц и выпадением осадков. В любом случае после радиоактивного выброса радиоизотопы со временем оказываются в основном сконцентрированы в гидросфере.

Лекарственные препараты. В последнее время появился новый и опасный источник загрязнения пресных вод, связанный с производством лекарств и избавлением от просроченных лекарственных препаратов. По составу лекарства трудно отнести к одной категории химических веществ: среди них есть и достаточно простые неорганические соединения, и синтетические соединения, и природные органические соединения, в том числе с очень высокой биологической активностью. В 1980-е годы широкое использование эндокринных препаратов в сельском хозяйстве для стимулирования ускоренного роста животных привело к попаданию этих веществ в водоемы и достижению в них значимых концентраций, способных оказать негативный эффект на людей. Попадая в природные водоемы с ферм, свалок и из канализации, эти вещества могут оказать сильное воздействие на гидробионтов. Они могут оказаться и в системе водозабора, где на практике их невозможно различить — слишком они разнообразны и поэтому стоимость подобного анализа воды непомерно велика. Поэтому с каждым десятилетием все более возрастает риск потребления смеси растворенных лекарственных веществ с питьевой водой.

Термическое загрязнение. Повышение температуры воды также рассматривается в качестве разновидности ее загрязнения, в данном случае физического. Температура — важнейший экологический фактор, определяющий специфику экосистем и их состава. Даже незначительные на первый взгляд изменения температурного режима в водной среде оказывают сильное влияние на все живое, так как гидробионты приспособлены к очень узкому температурному диапазону, обычно около 10°, редко 20°. Изменение температуры на 10° приводит к соответствующему изменению скорости метаболизма в среднем в два раза.

Повышение температуры водоема обычно имеет локальный характер и связано со сбросом вод, использовавшихся для охлаждения на атомных электростанциях или на разнообразных производствах.

Источники загрязнения вод

Рассмотрев основные типы загрязнения вод, можно сделать выводы относительно соотношения по степени воздействия на водные экосистемы различных источников загрязненных стоков. В общем виде можно считать, что загрязняющие вещества попадают в воду из следующих источников:

- сельскохозяйственные стоки с полей и животноводческих ферм;

- промышленные стоки;
- при добыче полезных ископаемых;
- бытовые (канализационные) стоки;
- поступления дождевой воды из ливневых канализаций;
- осаждение загрязнителей из атмосферы;
- утечки с кораблей и аварий на водном транспорте;
- загрязнение почвы разнообразными жидкими отходами и постепенное просачивание их в водоносный горизонт, а затем в водоемы.

Если сравнить между собой по объемам поступления основные источники загрязнения пресных вод, то на первом месте оказывается *сельское хозяйство* (рис. 17.1). С огромных площадей сельскохозяйственных угодий в реки и озера поступают минеральные и органические удобрения, пестициды и продукты их распада.

Удобрения способствуют эвтрофикации водоемов с последующим обескислороживанием воды и заморами. Пестициды могут накапливаться в конечных звеньях пищевых цепей, вызывая интоксикацию гидробионтов. Для того чтобы по возможности снизить

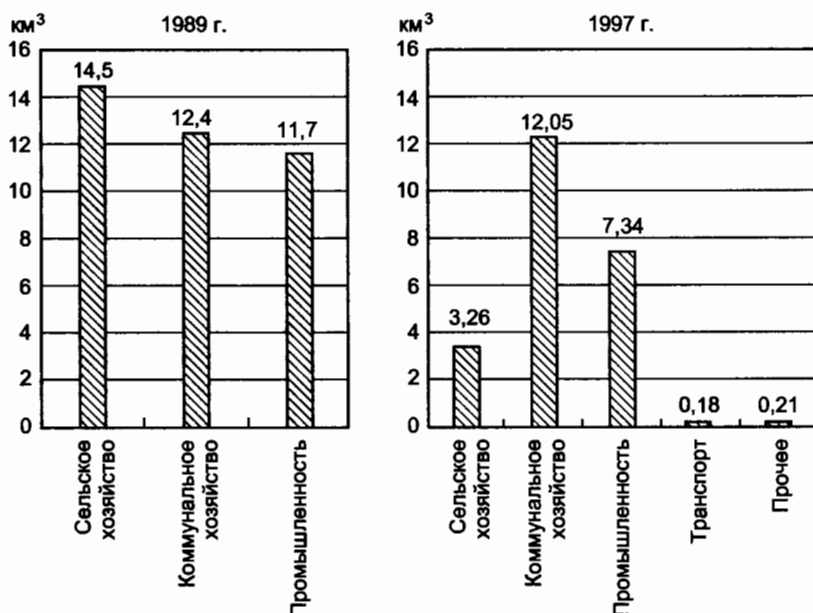


Рис. 17.1. Основные источники антропогенного загрязнения пресных вод в России в 1989 и 1997 гг. (Экологическая обстановка в РСФСР в 1989 г.; Охрана окружающей среды в России, 1998)

отрицательное воздействие сельскохозяйственного загрязнения, надо умеренно применять удобрения и пестициды весьма, точно рассчитывая сроки внесения и дозы.

В **промышленности** вода используется повсеместно в качестве разбавителя, растворителя или теплонакопителя. Практически в каждом производстве предусмотрено потребление воды в тех-

Таблица 17.2

Средние нормы расхода воды (м^3)
в различных производствах
на 1 т готовой продукции

(Акимов, Хаскин, 1998; Алексеевский,
Гладкевич, 2003)

Производство 1 т	Расход воды, м^3
Угля	0,6
Нефти	3
Стали	40
Синтетических волокон	300
Бумаги	900
Резины	2300
Пшеницы	1500
Хлопка	10 000
Кураятины	3500–5700
Говядины	$(15-70) \cdot 10^3$
На охлаждение энергоблоков электростанции мощностью 1 ГВт	м^3 в год
ТЭС	$(1200-1600) \cdot 10^6$
АЭС	$3000 \cdot 10^6$

нологической цепи. Воду используют как удобный и дешевый растворитель на заводах химической промышленности. Она нужна при производстве бумаги, пластмасс, текстиля, а также в пищевой промышленности, на фармакологических производствах и т.д. (табл. 17.2).

В мире извлекается примерно 150 млрд т сырья, на обработку которого затрачивается от 3500 до 4500 км^3 воды, т.е. 20–30 ед. воды на 1 ед. сырья, а на конечный продукт в 10 раз больше. В России из 55 км^3 в год общего объема сточных вод на долю промышленных предприятий приходится 31% (Государственный доклад..., 2002).

При первичной переработке и обогащении руды используют воду, которая практически без очистки

возвращается в реки, в результате чего происходит их сильное загрязнение. Например, на Кольском полуострове, в зоне добычи и переработки никель- и фосфорсодержащих пород, регулярно происходит экстремально высокое загрязнение местных рек и озер. Воду также используют при добыче нефти, загоняя ее под давлением в нефтеносные горизонты, что позволяет увеличить производительность месторождений.

Дополнительное загрязнение рек долгое время давал сплав древесины, т.е. транспортировка плотами по рекам и даже морям.

Образующийся при этом отход в виде утонувших бревен сплошь устилал днища некоторых рек. В воду выделялись фенольные соединения. Значительно больше происходит загрязнение воды фенолами при производстве целлюлозы и бумаги.

Что касается Мирового океана, то его главными загрязнителями до сих пор остаются нефтепродукты, попадающие в воду в результате аварий танкеров, утечек из нефтепроводов, добычи нефти на шельфе.

Бытовые (или муниципальные) стоки в России превышают по объему промышленные; на их долю приходится 62% (Государственный доклад..., 2002). Разнообразен состав бытовых стоков: помимо органических веществ и моющих средств (детергентов) в канализационных водах оказываются и все жидкие химикаты, используемые в домашнем хозяйстве. Кроме того, есть множество предприятий, не оборудованных собственными очистными сооружениями; они также сбрасывают жидкие загрязнители в городскую канализацию. Например, из школьных и университетских лабораторий отработанные химикаты поступают в ту же систему сбора бытовых стоков, что и грязная вода из жилого сектора. Тем не менее главную опасность в бытовых стоках представляет биологическое загрязнение: микробы, простейшие, яйца гельминтов, которые могут вызывать смертельно опасные инфекционные болезни и быть причиной настоящих эпидемий, например холеры.

Многие города имеют отдельную **ливневую канализацию**, в которую вода поступает с улиц через специальные люки с решетками. Раньше считалось, что эту воду незачем так тщательно очищать, как бытовые стоки. Однако дождевая вода смывает с мостовой нефтепродукты и пыль, содержащую свинец, оседающий из выхлопных газов автомобилей.

Атмосфера также оказывается немаловажным источником загрязнения вод. Поступающие в воздух газообразные выбросы с теплоэлектростанций, заводов и фабрик оседают на суше или в море. Долгое время на этот путь загрязнения вод не обращали внимания, пока история с кислотными осадками не показала, сколь значительным может быть загрязнение даже в отдаленных от промышленных городов районах. Тем более существен "воздушный мост" загрязнения вблизи гигантских заводов по выплавке алюминия, меди или переработке никеля.

Водный транспорт по мере развития в течение XX в. становился все более сильным загрязнителем водной среды. Сбрасываемые с кораблей жидкие и твердые отходы со временем вносили

все больший вклад в общее ухудшение состояния рек. После того как паровые суда были вытеснены дизельными, появилась новая опасность — рост поверхностного загрязнения нефтепродуктами. Ситуация принципиально ухудшилась с появлением танкеров и возросшими объемами транспортировки нефтепродуктов по морю. В течение 50–70-х годов XX в. нефтяное загрязнение стало столь заметным, что в 1954, 1962 и 1973 гг. были приняты Конвенции по предотвращению загрязнения моря нефтью.

Загрязнение почвы и грунта может повлечь за собой непоправимое загрязнение грунтовых вод. Благодаря своим абсорбционным свойствам пористый грунт способен в течение длительного срока быть эффективным фильтром, задерживая поступающие с поверхности жидкие загрязнители вроде нефтепродуктов и бактериальных агентов. Однако со временем любой фильтр засоряется и сам превращается в стойкий источник загрязнения. Загрязнение грунта трудно бывает распознать, кажется, что вылитые на землю жидкости сами собой исчезают. Тем сложнее предотвратить опасное загрязнение почвы и поверхностного слоя грунта. Когда это загрязнение проявляется в ухудшении качества грунтовых вод, сделать уже практически ничего не возможно.

"Эвтрофикация", причины ее возникновения и последствия для водных экосистем

Эвтрофикация водоемов — это увеличение концентрации в них биогенных веществ, необходимых для питания растений. В природе различают олиготрофные и эвтрофные озера и реки, которые соответственно содержат мало или много биогенов. И то и другое состояние достаточно сбалансированы, так как состав населения водоемов соответствует надолго установившимся условиям существования. Однако при быстром обогащении питательными веществами население олиготрофного водоема не может быстро перестроиться. Начинается интенсивное размножение фитопланктона. Благодаря одноклеточной организации эти микроводоросли размножаются с поразительной быстротой, так что биомасса фитопланктона увеличивается многократно, и обычно прозрачная вода становится мутно-зеленой. За "взрывом" численности фитопланктона не поспевает питающийся им зоопланктон. Избыток водорослей в результате приводит к истощению биогенов, и наступает следующий этап: фитопланктон начинает отмирать. В процессе гниения потребляется весь растворенный кислород, и начинается замор. Самые различные аэробные бес-

позвоночные и рыбы погибают из-за недостатка кислорода. На поверхность водоема всплывает мертвая рыба, но во много раз больше донных обитателей погибает, оставаясь на дне. Все это обилие мертвой органики начинают перерабатывать анаэробные бактерии, выделяя токсичный метан и сероводород. На этой стадии эвтрофикации о случившемся можно легко догадаться по запаху даже на расстоянии от воды.

Эвтрофикации способствует высокая температура воды (при которой кислород меньше растворим) и слабое течение. Наиболее предрасположены к эвтрофикации искусственные равнинные, как правило, мелководные водохранилища. Летом они быстро прогреваются. Течение в них почти отсутствует из-за несопоставимо больших размеров водохранилища по сравнению с шириной втекающей и вытекающей реки. Такие водохранилища получают избыток биогенов из затопленной почвы или с берега.

Широкое применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве усилило антропогенную эвтрофикацию водоемов. Легкорастворимые нитраты попадают с дождевой водой в ближайшие водоемы. Фосфаты хуже растворимы, и поэтому фосфорные удобрения в основном остаются на полях, да и вносят их значительно меньше, чем азотных. Однако фосфаты стали поступать в реки и водохранилища с городскими стоками, как результат широкого применения детергентов. По времени использование минеральных удобрений и детергентов почти совпало (1950–1980 гг.), поэтому именно в этот период эвтрофикация проявилась наиболее сильно.

В дальнейшем фосфаты в стиральных порошках стали заменять на натриевую соль нитрилтриуксусной кислоты, а минеральные удобрения применять более аккуратно, внося их не заранее, а в точно установленные вегетационные периоды, что позволяет снижать количество внесенного в почву удобрения.

Предельно допустимые концентрации

Для предотвращения загрязнения окружающей среды прежде всего надо знать, какие концентрации химических веществ представляют реальную опасность для человека и экосистем. Когда этой проблемой занялись в научных лабораториях, то для начала попытались установить летальные дозы различных химических веществ. Для этого особенно подходят мелкие и активные водные организмы, например дафнии или циклопы. В опытах ставили несколько серий с различной концентрацией растворенного в воде

испытуемого вещества, помещали в них стандартное число дафний и через определенное время сравнивали, сколько из них осталось живых в опыте и в контрольной серии с чистой водой. Показатель смертности подопытных животных называли LD_{50} — летальная доза, соответствующая 50% смертности. Таким образом удалось установить для многих химических веществ летальный уровень загрязнения воды. Ясно, что предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества должна быть существенно ниже установленного в опытах уровня летального воздействия на организм.

Надо выяснить по каждому химическому веществу, до какой концентрации в воздухе, воде или почве жизнь животных и растений находится в безопасности. Для этого используют ясно регистрируемые физиологические реакции на присутствие в среде обитания загрязнителя, такие, как изменение интенсивности дыхания (определяемого по концентрации кислорода в замкнутом подопытном сосуде) или изменение частоты сокращения сердца. Опыты можно проделывать с теми же водными беспозвоночными или выбрать более удобные объекты. Полученные результаты позволяют определить концентрации, при которых организм уже испытывает физиологический стресс.

Опытным путем пришли к выводу, что концентрация в 10 раз меньше установленной по физиологическим критериям может считаться безопасной. Если исследования, проведенные с данным веществом на разных биологических объектах, дали сходный результат, то специальная государственная комиссия по представленным данным принимает решение об уровне *предельно допустимой концентрации* (ПДК).

Теперь можно проверить концентрацию загрязняющего вещества в воде, почве, воздухе и сравнить ее с представленными в официальных таблицах ПДК, которые различаются для разных сред (воды, воздуха, почвы, продуктов питания). Рекомендуются на основе такого метода ПДК могут оказаться слишком заниженными, что следует из сопоставления с реальными концентрациями в чистой воде или воздухе. Тогда принимают промежуточное значение концентрации, отличающееся от того, на который организм реагирует, не в 10 раз, а меньше.

При самых полных исследованиях надо проверять также действие вещества на размножение организмов, жизнеспособность потомства, наличие в нем врожденных уродств. В некоторых случаях стоит проверять действие веществ не в одном, а в нескольких поколениях. Сделать это на мелких лабораторных беспозво-

ночных достаточно просто, однако все подобные исследования трудоемки и требуют значительного финансирования, из-за чего до настоящего времени значения ПДК установлены только для веществ, производимых в массовых количествах, или же для высокотоксичных соединений.

Кроме того, надо иметь в виду, что одновременное действие нескольких загрязнителей может вызывать значительно более сильный эффект в организме, чем простая сумма воздействующих факторов. Это явление получило название “сочетанного эффекта” и, кроме редких случаев, пока еще мало учитывается на практике потому, что не хватает сил и средств для изучения воздействия на живое великого множества сочетаний потенциально опасных факторов.

Самоочищение воды

Жидкие отходы (стоки), попадая в море, реку или озеро, перемешиваются с более чистой водой, в результате чего концентрация загрязняющих веществ снижается. Твердые взвешенные в воде частицы со временем оседают на дно. Многие растворенные химические вещества адсорбируются другими взвесями, находящимися в воде, и вместе с ними также оказываются на дне. Многочисленные мелкие и крупные водные организмы (планктонные рачки, донные двусторчатые моллюски) пропускают через специальные фильтрующие органы воду, отсеживая содержащиеся в ней частички, которые оказываются скомпонованными в более крупные комочки. В результате растворенные в воде загрязняющие вещества оказываются на поверхности или внутри твердых частиц, оседающих на дно. Так происходит их естественное захоронение в донном осадке — в иле. Этот процесс и называется самоочищением воды. Часто эффективность самоочищения столь велика, что уже на протяжении 1 км по течению реки концентрация загрязняющих веществ падает на порядок или больше.

Самоочищение воды долго было единственным способом избавления от грязных стоков. Однако возможности самоочищения не безграничны. При слишком большой концентрации загрязняющих веществ экосистема не может справиться с их переработкой, “шлейф” грязной воды растягивается на многие километры. От присутствия ядовитых веществ в сточных водах планктонные и донные организмы погибают, а скорость самоочищения, прямо зависящая от активности биоты, значительно снижается. В результате даже на больших акваториях, таких, как Великие озера в

США, р. Рейн в Европе, экосистемы деградировали, а сама вода постоянно оставалась настолько загрязненной, что пришлось предупредить население об опасности купания в ней.

Со временем пришлось строить специальные очистные сооружения для очистки загрязненных промышленных и бытовых стоков.

Городские сооружения для очистки вод

Водоподготовка

Процесс очистки воды для подачи ее в городской водопровод называется водоподготовкой. Если водозабор осуществляется из рек или озер, то перед подачей в городской водопровод воду обычно очищают. Прежде всего, водозабор размещают в малонаселенных местах, где на берегах реки, озера или водохранилища нет поселков, рекреационных зон и выпаса скота. Отсюда воду подают на так называемые станции водоподготовки, где в отстойниках из воды осаждают минеральную взвесь, добавляя коагулянты и флокулянты. Коагулянты — обычно это сернокислый алюминий и/или гидроксохлорид алюминия — ускоряют слипание частиц между собой, а флокулянты — прайстол и феннопол — образование хлопьев, оседающих на дно. Очищенную таким образом от посторонних частиц воду затем дезинфицируют, обычно простым хлорированием или озонированием. Станции водоподготовки контролируют чистоту воды, регулярно анализируя пробы в лабораториях.

Хлорирование и озонирование при водоподготовке

В настоящее время для подавления патогенных микроорганизмов в централизованных и локальных системах подготовки питьевой воды используют исключительно реагенты-окислители: хлор и его соединения (хлорамины, гипохлориты, диоксид хлора), озон, перманганат калия, перекись водорода. На водопроводных станциях России воду обеззараживают в основном хлором. Широкому распространению хлора в технологиях водоподготовки способствовала его эффективность при обеззараживании природных вод и способность консервировать уже очищенную воду длительное время. Кроме того, предварительное хлорирование воды позволяет снизить цветность воды, устранить запах и привкус, уменьшить расход коагулянтов, а также поддерживать удовлетворительное санитарное состояние очистных сооружений станций водоподготовки. Эффективность, доступность и умеренная стоимость, а также большой опыт работы с этим реагентом обеспечили хлору исключительную роль: более 90% водопроводных станций в мире обеззараживают и обесцвечивают воду хлором, расходуя до 2 млн т в год этого жидкого реагента.

Однако хлор как реагент водоподготовки имеет существенные недостатки. Например, хлор и хлорсодержащие соединения обладают высокой токсичностью, что требует строгого соблюдения повышенных требований техники безопасности. Хлор действует в основном на вегетативные формы микроорганизмов, при этом грамположительные штаммы бактерий более устойчивы к воздействию хлора, чем грамотрицательные штаммы микроорганизмов. Высокой резистентностью к действию хлора обладают также вирусы, споры и цисты простейших и яйца гельминтов. Необходимость транспортировки, хранения и применения на водопроводных станциях значительного количества жидкого хлора, а также сбросы этого вещества и его соединений в окружающую среду обусловили высокую экологическую опасность. К тому же хлор обладает высокой коррозионной активностью. Наиболее существенный недостаток хлора был обнаружен в 1974 г. Он заключается в способности хлора взаимодействовать с органическими веществами природных вод, что приводит к образованию значительного количества высокотоксичных хлорорганических соединений с канцерогенной, мутагенной и тератогенной активностью. Среди них хлороформ, четыреххлористый углерод, бромдихлорметан, дибромхлорметан и другие хлорсодержащие соединения. При хлорировании природных вод образуется 235 только идентифицированных хлорсодержащих органических соединений. Анализ литературных данных показывает, что характер и количество хлорорганических соединений, образующихся при хлорировании природных вод, зависят от многих факторов, к наиболее существенным можно отнести уровень загрязнения воды органическими веществами, количественный и качественный состав органических примесей воды, величину дозы хлора, температуру воды. Основное количество хлорорганических токсикантов образуется на стадии первичного хлорирования и определяется главным образом дозами хлора и содержанием органических веществ в природной воде. Источником образования хлорорганических соединений в воде на этой стадии являются гуминовые и фульвиновые кислоты, таниновые соединения, производные фенола, анилина, продукты метаболизма водорослей и др. Попытки видоизменить технологии хлорирования не привели к существенному исправлению ситуации. В свое время прямой хлорирующий агент был заменен такими соединениями хлора, как диоксид хлора, хлорамин и др. Но за 80 лет отношение к методу хлораминизации менялось от сильного всплеска популярности (в 1930-е годы) до запрещения (в некоторых штатах США). Причина в том, что обеззараживающий потенциал хлорамина на порядок ниже, чем у активного хлора. Хотя хлораминизация проходит при небольших концентрациях активного хлора (только в таких условиях можно избежать образования хлороформа и вместе с тем достичь обеззараживания), при снижении температуры воды хлорамин примерно в пять раз теряет свой биоцидный потенциал (абсолютно неактивен против вирусов, не работает против простейших). Нельзя сказать, что такая вода надежно обеззаражена и эпидемиологически безопасна. Указанные выше недостатки стали главной причиной интенсивного поиска новых эффективных дезинфектантов, способных обеспечить надежное обеззараживание в технологиях водоподготовки.

В последнее время широко обсуждается возможность замены хлора в процессе подготовки питьевой воды с озоном. Основанием для рассмотрения озона как альтернативы хлору послужили некоторые преимущества этого реагента по сравнению с другими окислителями, применяемыми в технологии водоподготовки. Так, высокая биоцидная активность озона, особенно к хлоррезистентным бактериям, спорам, вирусам и цистам простейших, гарантирует высокий уровень обеззараживания воды. А высокий окислительный потенциал озона позволяет одновременно с обеззараживанием воды снизить ее цветность, содержание железа,

марганца, а также устранить запахи и привкусы. К числу преимуществ можно отнести компактность озонаторных установок и возможность автоматизировать процесс обработки воды. Однако анализ опыта и результатов применения озона в процессе водоподготовки выявил и существенные недостатки этой технологии. Озонирование природных вод с высоким содержанием органических примесей приводит к образованию продуктов их окисления — более токсичных, чем исходные загрязнители природных вод. Продукты взаимодействия озона с органическими примесями природной воды, их мутагенность и токсичность изучены недостаточно. При озонировании на станциях водоподготовки получают биологически нестабильную воду. Это интенсифицирует рост микроорганизмов в сетях распределения, что значительно ухудшает качество воды, которая поступает к потребителю: увеличивается цветность, мутность, появляются гнилостные запахи, обусловленные продуктами жизнедеятельности микроорганизмов. Из-за того что озон быстро разлагается в воде и не имеет эффекта длительного действия, при озонировании необходимо предусмотреть введение хлора или его соединений перед очистными сооружениями и резервуарами с чистой водой. Хлорирование же предварительно озонированной воды сопровождается образованием большого количества высокотоксичных хлорорганических соединений. Высокие энергоёмкость и стоимость озонаторного оборудования обуславливают высокую стоимость озонированной воды. Среди реагентных методов озонирование относится к наиболее дорогостоящим. Сам по себе озон более токсичен, чем хлор, кроме того, он вызывает активную коррозию оборудования, трубопроводов и требует применения более стойких материалов.

Приведенные аргументы, по-видимому, и повлияли на то, что даже в экономически развитых странах озонирование до сих пор не нашло широкого применения в технологиях водоподготовки в системах централизованного водообеспечения (<http://www.gicpv.ru/press6.htm>).

Очистка канализационных стоков

Принципы очистки канализационных стоков были разработаны в конце XIX в. и с тех пор получили широкое применение сначала в крупных городах, а затем в более мелких, где были средства для строительства очистных сооружений.

Очистка канализационных стоков проходит в три-четыре этапа (рис. 17.2). Она начинается с *предочистки* — простого задержания на решетках всевозможного крупного мусора: бумаги, пластика и др. Далее сточные воды поступают в первый бассейн — пескоотстойник, в котором песок и гравий оседают на дно, а стоки поступают на *первичную очистку* в большие резервуары — первичные отстойники, где они остаются почти неподвижными несколько часов, за это время тяжелые частицы органического вещества оседают на дно, а жирные и маслянистые вещества всплывают наверх, откуда их собирают для последующей обработки. Осевшие органические вещества, так называемый *ил-сырец*, в дальнейшем удаляются из резервуаров. Частично очищенные стоки, лишенные самой легкой и тяжелой фракций, но содержащие ра-

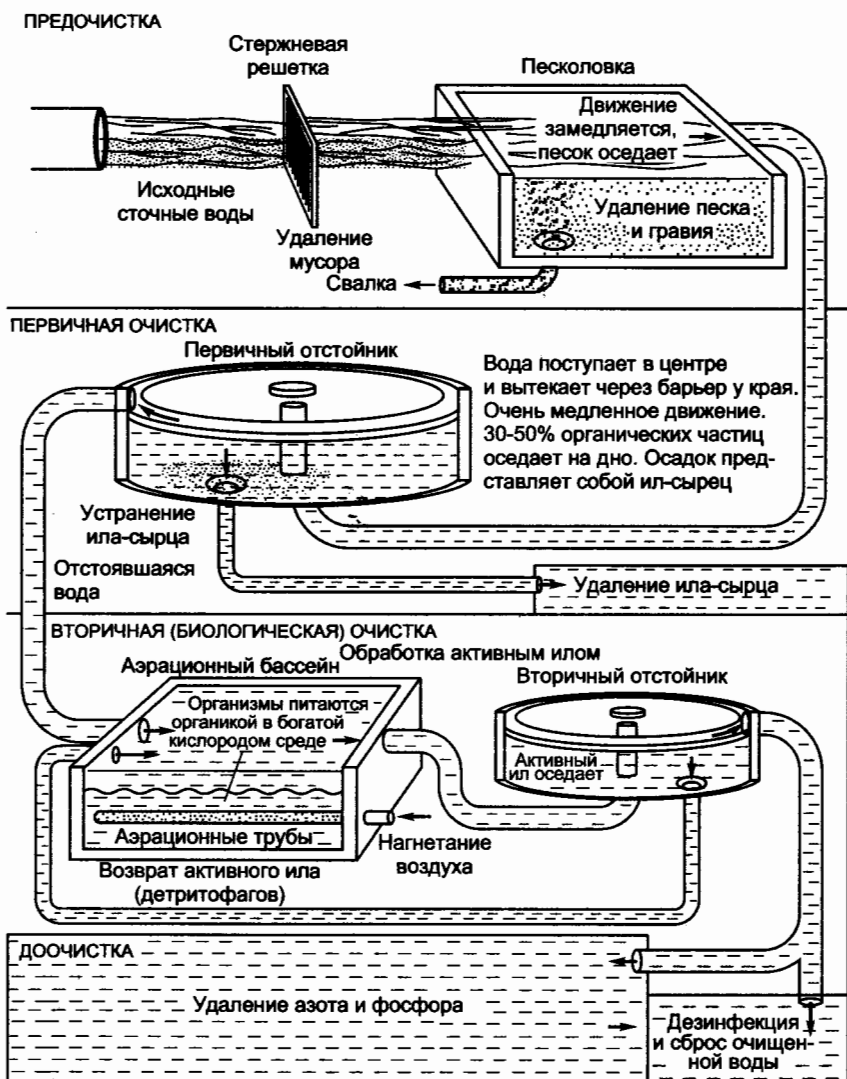


Рис. 17.2. Общая схема обработки сточных вод (Небел, 1993)

створенные органические вещества, поступают на *вторичную очистку* в следующие резервуары. В них предусмотрена специальная процедура биологической очистки воды микроорганизмами, содержащимися в так называемом активном иле. Его специально добавляют в сточные воды и обеспечивают интенсивную

продувку воздухом для перемешивания воды и ускорения размножения микроорганизмов. В результате растворенные органические вещества оказываются усвоенными микроорганизмами и превращаются в хлопья органики — в детрит с высоким содержанием активного ила. Его откачивают со дна бассейна и используют повторно.

Очищенные таким способом сточные воды могут еще содержать много биогенов — минерализованной органики. В последнее время на некоторых очистных сооружениях вводят еще один этап — доочистки стоков, в процессе которого растворенный фосфор осаждают из воды химическим путем с помощью гашеной извести — гидроксида кальция или $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ионы кальция вступают в химическую реакцию с фосфатом, образуя при этом нерастворимый фосфат кальция.

Последний этап обработки очищенных сточных вод перед сбросом в природный водоем — это дезинфекция. Обычно ее проводят путем хлорирования воды, которое весьма эффективно для борьбы с болезнетворными микроорганизмами, однако имеет свои недостатки. Во-первых, хлор сам по себе весьма ядовит для многих гидробионтов. Во-вторых, вступая в реакцию с органическими веществами, хлор образует хлорированные углеводы, многие из которых являются канцерогенами. Лучше проводить доочистку озонированием или облучением ультрафиолетовым светом. Очищенные по всем правилам канализационные стоки могут быть вторично использованы в водопроводе, но по традиции их спускают в реку, а воду для городского водопровода берут выше самого города или используют подземные источники.

Индивидуальные септические системы

После того как в 1950–1970 гг. во многих развитых странах загрязнение пресных вод достигло критического уровня: в реках стало опасно купаться и в результате сильнейшей эвтрофикации пресноводные экосистемы деградировали, произошло ужесточение санитарных требований. Если раньше очистные сооружения строили только крупные города, затем средние и мелкие, то теперь получили широкое распространение так называемые индивидуальные септические системы — очистные сооружения, рассчитанные на обслуживание индивидуальной канализации отдельных домов или групп домов.

Эти септические системы устроены по тому же принципу, что и очистные сооружения городов, но с некоторыми особенностями



Рис. 17.3. Схема устройства индивидуальной канализационной системы (<http://www.co.lake.il.us/health/ehs/isd.asp>)

ми (рис. 17.3). Загрязненные сточные бытовые воды подаются сначала в отстойник, врытый в землю. В него рекомендуется добавлять активный ил. Затем стоки поступают в следующий отстойник-распределитель, из которого направляются в перфорированные трубы, проложенные в дренажных канавах на некоторой глубине под поверхностью земли. Перфорированные трубы окружены гравием, а сверху засыпаны почвой. Между почвенным слоем и гравием фильтрующий слой, не позволяющий частицам почвы заполнить промежутки между гравием. Благодаря фильтрации стока через грунт вода эффективно очищается. Органические вещества минерализуются до биогенов, которые поступают в грунт и могут быть утилизированы растениями вокруг дома.

Примеры недопустимого загрязнения рек и озер и восстановления водных экосистем

Великие озера находятся на границе США и Канады и представляют собой систему взаимосвязанных озер: Верхнего, Гурон, Мичиган, Эри и Онтарио. В них содержится примерно 20% мировых запасов поверхностных пресных вод. Вокруг Великих озер проживает свыше 60 млн человек. Многочисленные города и поселки, промышленные комплексы и сельское хозяйство стали

причиной сильного загрязнения вод к началу 1960-х годов. Особенно велика была эвтрофикация в оз. Эри, в котором к 1970 г. почти не осталось рыбы. Некоторые реки водосбора были настолько загрязнены нефтью, что в 1969 г. нефтяная пленка на поверхности одной из рек, впадающих в оз. Эри, горела в течение нескольких часов. На следующий год местные органы власти из-за сильного загрязнения вод оз. Эри ртутью вынуждены были ввести запрет на лов рыбы. В том же 1970 г. власти шт. Мичиган объявили предупреждение об опасности потребления рыбы из озера. В форели и лососе были обнаружены высокие уровни остатков токсичного полихлорированного бифенила (ПХБ). В итоге под нажимом общественности в 1972 г. конгресс США принял Закон о чистой воде. С того же года правительства США и Канады стали осуществлять совместную программу реабилитации озер стоимостью 15 млрд долл. Были построены очистные сооружения, ужесточены требования к водопользователям, в результате чего удалось значительно снизить в сточных водах концентрации болезнетворных бактерий, количество фосфатов, токсичных соединений. К 1988 г. качество воды в Великих озерах стало заметно улучшаться: возрос уровень растворенного кислорода, увеличился рыбный промысел.

Рейн, самая крупная западноевропейская река, берет начало в Швейцарских Альпах и течет с юга на север по территориям восьми стран. Ее длина 1320 км, площадь водосбора 185 тыс. км². По берегам Рейна проживает более 50 млн человек. Когда в Германии на рубеже XVII–XVIII вв. начался подъем экономики, то сельскому хозяйству потребовались новые площади. Одновременно развивалось речное судоходство. И тому и другому мешали частые и опустошительные наводнения. Для уменьшения ущерба от наводнений, улучшения условий судоходства и снижения заболеваемости малярией с 1824 по 1848 г. верхний Рейн на участке от Базеля до Бингена спрямили, и река стала каналом (трапециевидным в сечении) шириной 220 м и глубиной 2,5–2,8 м. С 1880 г. на Рейне возвели каскад гидроузлов из 21 ГЭС.

Зарегулирование стока Рейна в сочетании со все возрастающим загрязнением сточными водами постепенно превратило некогда красивую реку в мертвый канал. Особенно быстро ухудшение качества воды стало проявляться после 1930 г., что во многом усугубилось авариями на многочисленных химических предприятиях, расположенных в прибрежных зонах. Поэтому в 1950 г. по инициативе Германии и Голландии была создана Международная комиссия по защите Рейна, в которую вошли представители

всех приграничных государств. Комиссия разработала план действий, который был одобрен правительствами всех стран, расположенных вдоль реки. В 1960–1970 гг. предприятия начали создавать устройства для очистки промышленных стоков и системы замкнутого водопользования. Для ведения непрерывного экологического мониторинга в бассейне создана сеть тщательного контроля качества воды.

В результате к 1985 г. соли тяжелых металлов практически перестали поступать в реку, а с 1990 г. не попадают в воду и такие опасные для всего живого вещества, как хром, никель, медь, диоксины, дихлофос и др. В 1987 г. комиссия приняла программу дальнейшего улучшения состояния реки. Основная ее цель — постепенное восстановление пойменных земель, а также флоры и фауны в том многообразии, которое было здесь до сооружения противопаводковых дамб. Особое значение придается восстановлению стада рейнского лосося. В результате лосось вернулся в реку не к 2000 г., как предполагали ихтиологи, а уже в 1995 г. В реку вернулись также сельдь, форель и другие благородные виды рыб. В поймах прижились почти исчезнувшие здесь тростниковый кабан, пятнистая цапля и многие другие редкие виды как животных, так и растений (Кромер, 2001).

Байкал представляет всемирную ценность. В озере сосредоточено 20% мировых запасов пресной воды, причем высочайшего качества и чистоты. Протянувшись вдоль геологического разлома между горными хребтами на 640 км, оно достигает 1,6 км в глубину. Особой чистотой вод озеро обязано огромным нетронутым территориям водосбора, охватывающим 570 тыс. км², на которых в основном растут леса. Вода собирается в Байкал по 336 небольшим речкам, чему в основном и обязана своей исключительной чистотой. В Байкале обитает 1200 эндемичных видов (которых более нет нигде на свете), включая единственную в мире разновидность пресноводного тюленя.

Прокладка вокруг южной оконечности озера Транссибирской железной дороги в 1896 г. знаменовало начало эры экономического освоения этого региона. В 1966 г. на берегу озера был построен Байкальский целлюлозно-бумажный завод. Началось не только загрязнение кристально чистой воды озера стоками предприятия, но и вырубка леса в пределах водосбора Байкала. Тогда многие биологи предостерегали относительно возможности перерождения уникальных экосистем под влиянием двойного загрязнения: прямого — от стоков ЦБК и других промышленных объектов и косвенного — из-за вырубки лесов вокруг Байкала.

Однако негативный эффект был оценен как незначительный. Строительство Байкало-Амурской магистрали (БАМ) и последующее введение второго целлюлозно-бумажного комбината в устье р. Селенга на восточном берегу, а также возникновение других предприятий и добавившиеся к ним коммунальные стоки привели к увеличению сброса сточных вод в несколько раз.

В последнее десятилетие Правительством РФ была утверждена очередная Комплексная федеральная программа по обеспечению охраны Байкала и рационального использования природных ресурсов его бассейна, в результате реализации которой в Байкальском регионе к 2000 г. на 16,7% снижены выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников и на 26,2% уменьшены сбросы загрязненных сточных вод в водные объекты бассейна оз. Байкал.

В последнее время Министерство природных ресурсов России утвердило комплексную программу перепрофилирования Байкальского целлюлозно-бумажного комбината. Создана подпрограмма "Охрана озера Байкал и Байкальской природной территории", которая разработана и реализуется во исполнение Федерального закона "Об охране озера Байкал", принятого в 1999 г., предусматривающего комплексную систему мер по его защите и сбережению как уникального объекта, включенного в Список всемирного природного наследия ЮНЕСКО (Алексеевский, Гладкевич, 2003).

Волга — крупнейшая река Европы и гордость России. Ее протяженность 3531 км, площадь водосбора 1360 тыс. км², что составляет 8% всей площади России, или почти 13% территории Европы. Территория Волжского бассейна включает 39 административных единиц, 2 из которых находятся в Казахстане. В Волгу и ее водохранилища непосредственно впадает 2600 рек. В Каспийское море Волга ежегодно приносит примерно 240 км³ воды. В Волжском бассейне проживает около 60 млн человек (40% населения страны). Здесь производится 45% промышленной и 40% сельскохозяйственной продукции. На Волгу и ее притоки приходится свыше 70% грузооборота речного транспорта. Более половины рыбы во внутренних водоемах и свыше 90% осетровых вылавливается в бассейне Волги. Площадь сельскохозяйственных угодий в бассейне 65,3 млн га (29%), из них пашни 45,2 млн га (34%).

В 1930-е годы на Волге развернулись грандиозные работы по строительству каскада водохранилищ, которые достигли апогея в 1950–1960 гг. Зарегулирование стока реки позволяло создать предпосылки для быстрого экономического роста всего региона: получить электроэнергию на гидроэлектростанциях, обеспечить су-

доходство в любое время года, защитить регион от разрушительных наводнений, развивать далее орошение земель в Заволжье и Прикаспийской низменности, обеспечить водоснабжение Московского и других промышленных районов центрально-европейской части России.

В результате выполнения этого проекта выработка электроэнергии достигла 35–40 млрд кВт · ч в год (более 20% гидроэнергии в России). Судоходная глубина реки от Твери до Каспия увеличилась до 4 м. Это позволило использовать суда грузоподъемностью до 5000 т (прежде до 1000 т). Велика роль водохранилищ в водоснабжении городов, поселков и тепловых электростанций (Конаковская, Костромская, Пермская и др.). На 60% потребность в воде Москва удовлетворяет за счет Иваньковского водохранилища. Площадь земель, орошаемых водой из водохранилищ, достигла 2,1 млн га (Авакян, 2000).

Экономический подъем Волжского региона выразился в строительстве сотен крупных предприятий машиностроения, лесной, деревообрабатывающей, химической, нефтехимической промышленности и цветной металлургии, что стало причиной мощного загрязнения реки промышленными и бытовыми стоками. Сброс сточных вод составляет около $17,5 \text{ км}^3$ в год, в том числе без очистки или недостаточно очищенных — $8,5 \text{ км}^3$ в год (Государственный доклад..., 2002). В расчете на 1 тыс. км^2 это в 3,5 раза больше, чем в среднем по России. Водоохранилища заметно повлияли на состояние как водных, так и наземных экосистем. Это влияние тем больше, чем сильнее водохранилища трансформируют сток и чем больше колебания их уровней. В целом уровни водохранилищ меняются столь часто и резко, что многие организмы не успевают адаптироваться в новых условиях. Вылов леща за последние 30 лет сократился в 4,5 раза, воблы — в 8, сельди — в 16, судака — в 24 раза. В результате строительства гидросооружений площадь нерестилищ осетровых на Волге сократилась в 8 раз. Из-за высокого содержания загрязняющих веществ в воде значительно ухудшилось и качество рыбной продукции.

Для улучшения экологической ситуации в Волжском бассейне Правительство бывшего Советского Союза приняло в 1972 г. специальное постановление. В 1996 г. Правительство РФ утвердило программу “О первоочередных мероприятиях по оздоровлению экологической обстановки на реке Волге и ее притоках, восстановлению и предотвращению деградации природных комплексов Волжского бассейна”, а в 1998 г. — Федеральную целевую программу “Оздоровление экологической обстановки на реке Волге

и ее притоках, восстановление и предотвращение деградации природных комплексов Волжского бассейна на период до 2010 года". Несмотря на обеспокоенность, вызванную экологической деградацией Волги, эффективность программы "Возрождение Волги" пока еще недостаточно велика.

Меры, предпринимаемые в России для снижения загрязнения пресных и морских вод

В 1960 г. было принято постановление Совета Министров СССР "О мерах по упорядочению использования и усилению охраны водных ресурсов СССР". Постановление запрещало приемку и ввод в постоянную и временную эксплуатацию предприятий, сбрасывающих сточные воды, без очистных сооружений. На Министерство здравоохранения, Главгосрыбвод и Министерство сельского хозяйства возлагалась ответственность за утверждение общесоюзных нормативов чистоты поверхностных и подземных вод соответственно для хозяйственно-питьевых целей, рыбохозяйственных водоемов и нужд сельского хозяйства. Было поручено Госплану СССР и Министерству финансов пересмотреть действующую систему взимания штрафов за спуск неочищенных сточных вод, имея в виду, что действующая система штрафных санкций недостаточно способствует проведению мер по ликвидации загрязнения водоемов.

В 1970 г. был принят закон "Основы водного законодательства Союза ССР и союзных республик", в котором определено, что "сброс в водные объекты производственных, бытовых и других видов отходов и отбросов запрещается... сброс сточных вод допускается только в случаях, если он не приведет к увеличению содержания в водном объекте загрязняющих веществ свыше установленных норм и при условии очистки водопользователем сточных вод до пределов, установленных органами по регулированию использования и охране вод".

В 1972 г. было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов рек Волги и Урала неочищенными сточными водами". В нем констатировалось, что за последние пять лет в бассейнах рек Волги и Урала было построено 670 очистных сооружений общей мощностью 3 млн м³. Далее предписывалось к 1980 г. обеспечить полное прекращение сброса неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод во всех городах данных бассейнов рек, а также

осуществление строительства очистных сооружений для промышленных стоков по утвержденному плану. Тогда же был принят Водный кодекс, пересмотренный в 1995 г.

В 1974 г. Верховным Советом СССР был опубликован Указ "Об усилении ответственности за загрязнение моря веществами, вредными для здоровья людей или для живых ресурсов моря", а Совет Министров утвердил аналогичное постановление. Эти законодательные акты появились после того, как в 1973 г. была принята Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов.

В 1976 г. ЦК КПСС и Совмин СССР утвердили постановление "О мерах по предотвращению загрязнения бассейнов Черного и Азовского морей". Оно было вызвано беспокойством в связи с нарастающим загрязнением этих морей от неочищенных стоков ряда курортных городов, а также необходимостью выполнения указанной выше конвенции и строительства в портах специальных сооружений для приема с судов загрязненных вод.

В течение 1980-х годов были разработаны следующие документы:

ГОСТ 17.1.3.05-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.

ГОСТ 17.1.3.11-84. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения минеральными удобрениями.

ГОСТ 17.1.3.13-86 (СТ СЭВ 4468-84). Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения.

В 1997 г. был принят закон РФ "О безопасности гидротехнических сооружений" и утверждено Положение о введении государственного мониторинга водных объектов.

В 1998 г. был принят Закон РФ "О плате за пользование водными объектами" и утверждены минимальные и максимальные ставки платы за пользование водными объектами.

Эффективность принятых законодательных мер определяется действенным контролем и ответственностью должностных лиц за нарушение утвержденных правил и норм, что в немалой степени зависит от активности самого населения.

Выводы

1. Основными источниками загрязнения пресных вод являются сельское хозяйство, промышленность и бытовые стоки городов.

2. С полей повсеместно поступают в ближайшие водоемы с поверхностным стоком и грунтовыми водами остатки минеральных и органических удобрений и пестициды. Их трудно задержать, собрать и подвергнуть очистке.

3. В отличие от сельскохозяйственных стоков, промышленные и бытовые сточные воды легко могут быть собраны и направлены на специальную очистку. Существующие методы очистки достаточно эффективны и просты. Поэтому прежде всего необходимо обеспечить строительство достаточных мощностей очистных сооружений и поддерживать их в рабочем состоянии, что было законодательно предписано в России еще в 1960 г.

4. Попытки объяснения неудач в выполнении принятых природоохранных директив недостатком имеющегося финансирования свидетельствуют об извращенном понимании приоритетной последовательности решения производственных задач за счет ущерба здоровью населения и окружающей природе, а также о недостаточной активности населения в этом вопросе.

5. Снижение сельскохозяйственного загрязнения вод зависит от повышения культуры земледелия, включающей более тщательный расчет времени, дозы и мест внесения удобрений и пестицидов с учетом последующего их растворения в воде и миграции в водоемы.



ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТВЕРДЫМИ ОТХОДАМИ. СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

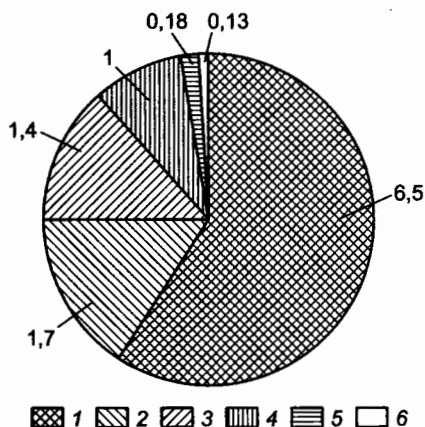
Основные вопросы

1. Чем опасны для окружающей среды твердые бытовые отходы (ТБО)?
2. Что происходит со временем внутри свалки ТБО?
3. Какие твердые отходы представляют особую опасность?
4. Какую потенциальную опасность могут представлять мусоросжигающие заводы?
5. Каким образом можно уменьшить количество выбрасываемого на свалки мусора?
6. Что такое вторичная переработка сырья (рециклинг)?
7. Почему так медленно увеличивается доля рециклинга в переработке ТБО?
8. Что такое компостирование органических отходов?
9. Что Вы лично можете сделать для уменьшения свалок вокруг вашего города?

Твердые отходы

Кроме жидких и газообразных отходов в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве и в быту образуется множество твердых отходов (ТО). Больше всего их остается в горнодобывающей промышленности, в строительстве и сельском хозяйстве (рис. 18.1), но самым опасным источником мусора стали города и особенно крупные мегаполисы.

Рис. 18.1. Доля (%) различных секторов экономики США в производстве твердых отходов в 2000 г.: 1 — промышленные; 2 — горнодобывающего сектора; 3 — при добыче нефти и газа; 4 — сельского хозяйства; 5 — бытовые ТБО; 6 — другие (<http://www.tufts.edu/tuftsrecycles/home.html>)



В России по количеству твердых отходов лидирует *горнодобывающая промышленность*. За год она добывает около 20 млрд т породы, большая часть которой после изъятия ценного сырья оказывается ненужной. Обедненную породу нагромождают в виде терриконов — рукотворных гор, которые издавна видны в равнинной местности, например в Донецкой области, где в шахтах добывают уголь. Еще больше пустой породы приходится изымать при подготовке к добыче ценных полезных ископаемых открытым способом. Весь верхний многометровый слой грунта идет в отвалы. Правда, затем можно заполнить ненужным грунтом отработанные карьеры, но по экономическим соображениям это не всегда выгодно.

При *строительстве* также образуется много твердых отходов: грунт, обломки строительных материалов, обломки снесенных конструкций. Их положено свозить на специально выделенные территории — полигоны складирования твердых отходов.

В *сельском хозяйстве* твердыми отходами считают нереализованные остатки растениеводства, навоз и др. В России за год образуется примерно 150 млн т стоков животноводческих комплексов, из которых 110 млн т используют в качестве удобрения, а оставшиеся 40 млн т просто загрязняют окружающую среду (Руденко, 2004). Растительные отходы также можно использовать в качестве органического удобрения, после того как они перепреют в течение 1–2 лет и станут пригодными для подкормки растений. Этот метод называется компостированием. Компосты — ценное сырье, получаемое из любых отходов органического происхождения, в том числе и пищевых. С помощью компостирования можно добиться полной переработки органических отходов, возврата в экосистему потерянных с урожаем биогенных веществ.

В *городах* бытовые твердые отходы весьма разнообразны по составу (рис. 18.2). Основную долю в них составляют остатки пищи и упаковочные материалы — раньше только бумага, картон, жестянки и бутылки, а теперь в значительной мере пластик. Твердые бытовые отходы (ТБО) могут быть опасными: в них попадает битое стекло, металлические предметы, разрядившиеся батарейки, лекарства и др. Особую опасность представляют ртутные (люминесцентные) лампы, радиоактивные вещества и яды. Городские (или муниципальные) ТБО свозят на специальные *свалки* (полигоны ТБО) или сжигают на мусоросжигательных заводах.

Отходы жизнедеятельности, в том числе и твердые, во все времена образовывались в поселениях людей, однако в последние 50 лет утилизация их стала острой проблемой для крупных городов. Если тысячелетиями люди выбрасывали только самые непригодные вещи, а остальное старались как-то использовать, то в послед-

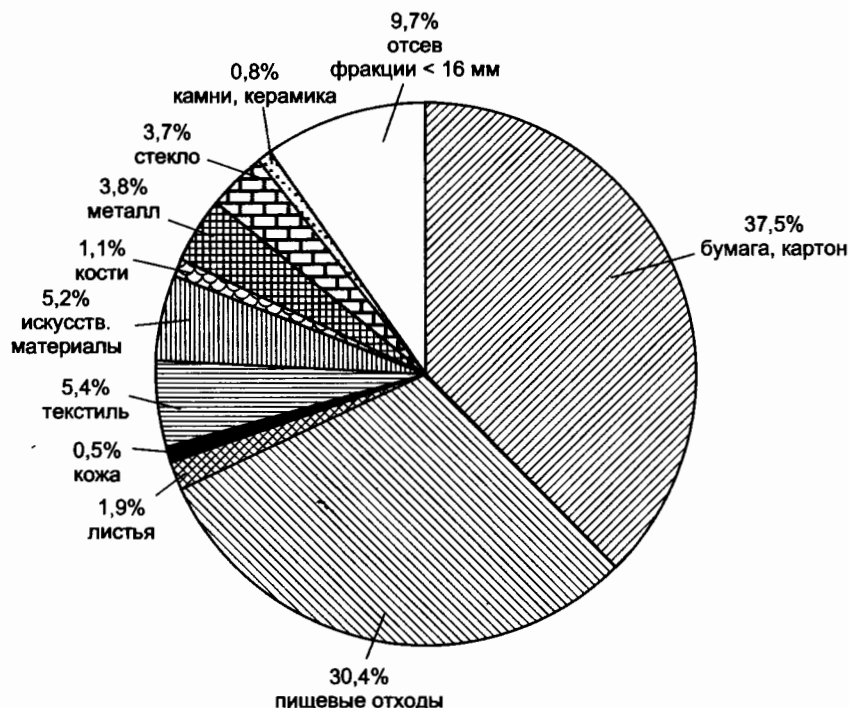


Рис. 18.2. Состав твердых бытовых отходов в Москве (1996 г.)
(<http://www.md.mos.ru/unep/was/dia.htm>)

ние десятилетия в связи с ускорением темпа жизни, стремительным ростом экономической обеспеченности и мощной конкуренцией на рынке товаров и услуг ситуация в корне изменилась. Теперь ежедневно на свалку отправляют множество вполне пригодных для дальнейшего употребления вещей: полиэтиленовые пакеты, пластиковую тару, вышедшие из моды вещи, устаревшую мебель, холодильники, грампластинки, проигрыватели, испорченное оборудование, которое выгоднее заменить на новое, чем ремонтировать, и т.д. К этому надо добавить многочисленные рекламные проспекты, упаковочные материалы, стеклотару и др.

Помойки сопутствуют поселениям людей тысячелетиями. Однако никогда они не были в такой мере опасными для здоровья человека, как в последние полвека. По свидетельству солдат из войска Фридриха Барбароссы, завоевавших Рим в XII в., великий город был окружен свалками, которые источали зловоние и “моровую заразу”, т.е. были опасны для жизни. И действительно, основную опасность подобные помойки представляли тем, что в них

могли оказаться трупы животных, погибших от инфекционных болезней, а также множеством диких животных, привлекаемых свалками, которые становятся переносчиками болезней. В на-

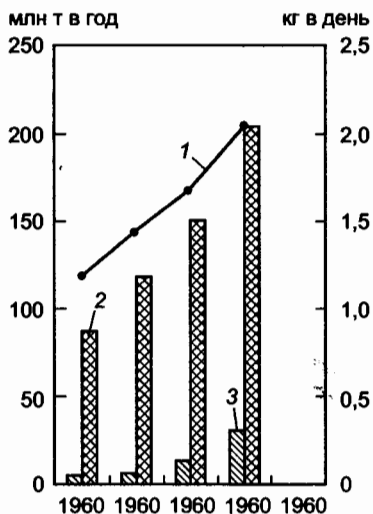


Рис. 18.3. Рост количества твердых отходов в США и их вторичного использования: 1 — на душу населения (кг в день); 2 — производство ТБО (млн т в год); 3 — вторично использовано ТБО (млн т в год) (Statistical Abstract of the US, 1989, 1998)

бытовых отходов, то к концу века эта величина почти удвоилась (рис. 18.3). В последние годы объем твердых бытовых отходов в мире ежегодно увеличивается на 5–7%.

В промышленных городах центральной части России норма отходов на душу населения оценивается сейчас в 225–250 кг в год. Для сравнения: в развитых европейских странах, таких, как Бельгия, Великобритания, Германия, Дания, Италия, Нидерланды, Швеция, Швейцария, Япония, этот показатель уже в 1995–1996 гг. достиг 340–440 кг, в Австрии и Финляндии — свыше 620, а в США превысил 720 кг на одного человека в год (http://www.promeco.h1.ru/stati/40.shtml?for_print; 16.09.2004).

В России в настоящее время ежегодно образуется более 30 млн т твердых бытовых отходов и примерно 120 млн т промышленных твердых отходов, что в пересчете на душу населения составляет соответственно 200 и 800 кг в год.

стоящее время не так велика опасность прямого инфицирования от грызунов и птиц, обитающих на свалках (хотя и она сохраняется), как непредвиденные последствия разрушения предметов, содержащих в небольших количествах токсичные вещества: разнообразные тяжелые металлы, хлорированные углеводороды, пластмассы, эпоксидные смолы, пестициды, лаки, краски, клей, лекарства и др. Обычные пальчиковые батарейки или аккумуляторы сотовых телефонов при разрушении становятся источниками ртути, кадмия, лития, допустимая концентрация которых должна быть ничтожно малой. Одной пальчиковой батарейки достаточно, чтобы отравить 20 м³ мусора.

Стремительный рост бытовых отходов происходит в последние 100 лет во всех странах по мере укрепления их экономики. Если в США в 1960 г. на душу населения приходилось в среднем 1,2 кг в день

Вывоз огромных объемов мусора за пределы города породил экономическую, санитарную и экологическую проблемы. Необходимо платить немалые деньги за покупку земли под свалку, компенсируя создаваемые неудобства местным жителям. Сами свалки становятся источником заразы и токсичного воздействия на природу.

Из истории упаковочных материалов

(<http://www.ecolife.org.ua/education/apress/tbo/gl3.php>)

1809 г.

Николас Апперт изобрел метод сохранения пищи в стеклянных бутылках с пробковыми затычками. Более столетия для упаковки использовали стекло, дерево и бумагу.

1929 г.

Были внедрены алюминиевая фольга и целлофан. Упаковка стала играть важную роль в розничной торговле.

Вторая мировая война

Необходимость обеспечивать продуктами питания американские экспедиционные силы в Европе вызвала к жизни поток изобретений, которые озаменовали “великий рубез” в торговле. Появились промышленная расфасовка, улучшенное консервирование и одноразовые контейнеры для напитков.

Послевоенное время

Упаковочная промышленность развивалась вместе с распространением супермаркетов и ресторанов быстрого питания.

Полигоны ТБО

Захоронение мусора на свалках — самый старый вид утилизации отходов. К концу XX в. этот способ был главным во всех странах мира. В среднем на свалки попадает 74% общемирового количества твердых бытовых отходов. Так, в США 84% мусора гниет на полигонах ТБО, в Великобритании — 90, в Японии — 57% (Журенков, 2001).

Размещение свалок со временем становится все более острой проблемой. С 1948 г. из Нью-Йорка, например, мусор вывозили на о. Статен Айленд на свалку “Фреш Килс”, занимающую площадь 1215 га. Эта свалка была одной из крупнейших в мире, но под давлением общественности в 2001 г. была закрыта, а в 2003 г. ее поверхность рекультивировали и разбили городской парк.

В Москве функционируют восемь полигонов для складирования ТБО, на которые ежедневно вывозится примерно 3,5 тыс. т

мусора. Они занимают огромную площадь, но и этого для московского мегаполиса очевидно мало, так как вокруг города существует еще не меньше трех сотен несанкционированных свалок.

Всего в городах и поселках России за год накапливается не менее 150 млн м³ твердых бытовых отходов, что составляет по массе 30 млн т. Среднее по России расстояние вывоза ТБО составляет 20 км, а в крупных городах — до 45 км. Постепенное удаление полигонов от городов приводит к созданию множества несанкционированных свалок — источников инфекции и загрязнения (Систер, 2004).

Обычная свалка оказывается рассадником вредного воздействия на окружающую среду. Внутри нее начинается гниение с выделением тепла и метана. К этому добавляется множество химических реакций между различными химическими веществами, присутствующими в ТБО. Дождевая вода просачивается сквозь толщу свалки, и в ней растворяются разнообразные вещества — продукты химических реакций. Поскольку тепло сохраняется в свалке под покровом верхних слоев, то в результате происходит ее разогрев и самовозгорание. Дым и сопутствующие газы, образующиеся при высокой температуре в этом “реакторе”, свободно проходят сквозь рыхлый мусор и разносятся ветром далеко от свалки. Одновременно образуются жидкие отходы, которые могут быть еще более ядовитыми, чем газообразные. Жидкие отходы просачиваются сквозь подстилающий грунт и попадают в верхний горизонт грунтовых вод, откуда стекают в ближайшие реки, пруды или оказываются в колодцах и неглубоких скважинах, которых так много стало в сельской местности.

Для того чтобы исключить вредное воздействие свалок на окружающую среду, примерно 30 лет тому назад стали сооружать “*санитарные свалки*”¹. В них жидкую фракцию собирают через дре-

¹ Организация свалок с учетом санитарной безопасности ведет свою историю с 1912–1914 гг. Тогда в Англии и США появились первые свалки городского мусора, в которых слои мусора чередовали со слоями земли для того, чтобы снизить загрязнение воздуха, уменьшить вероятность самовозгорания. Однако целенаправленные исследования с целью создания безопасных свалок начались значительно позже: в США — после Второй мировой войны, в 1949 г., когда начался экономический бум и количество твердых отходов стало расти экспоненциально. В 1953 г. были опубликованы основные принципы организации полигонов, соответствующих санитарным правилам. В 1961 г. Министерство здравоохранения США сформулировало правила организации санитарных свалок. В 1965 г. в США был принят Федеральный закон об обращении с твердыми отходами, утвердивший, в частности, и правила организации санитарных свалок. С появлением в США специального Агентства по окружающей среде (EPA) в 1970 г. в

нажную систему и вывозят на дальнейшую переработку, а газообразную фракцию используют вместо природного газа для работы небольшой теплоэлектростанции. Устройство санитарной свалки начинают с выбора подходящего места с учетом особенностей водосбора местной речной сети, подстилающего грунта, рельефа местности и удаленности от города. Наилучшим считается место вдали от рек и ручьев недалеко от города на водоупорном грунте, например на глине.

После выбора места заключают договор с городом, в котором предусматривают права и ответственность фирмы, организующей этот полигон складирования твердых отходов. Потом подготавливают ложе будущей свалки. Иногда для этого снимают верхний слой грунта до подстилающей глины. Его в дальнейшем используют по мере засыпки мусора. На выровненном ложе свалки раскатывают рулоны толстого пластика, сваривают швы, обеспечивая первый слой гидроизоляции (рис. 18.4). Поверх пленки раскатывают рулоны мелкочаистой сети, а выше — синтетический материал типа войлока. Прокладывают дренажные трубы, которые выходят в специальный бассейн, из которого в дальнейшем будут откачивать жидкую фракцию. Сверху засыпают всю систему дренажа и гидроизоляции полуметровым слоем песка. Если в процессе эксплуатации санитарной свалки будет обнаружена утечка жидкой фракции, загрязняющей грунтовые воды, то фирма, обслуживающая полигон, обязана по контракту с городом вывезти всю свалку в другое место и компенсировать убытки. Для того чтобы гарантировать экологическую безопасность, владельцы санитарных свалок предпочитают дублировать всю систему гидроизоляции, т.е. на поверхности песка снова раскатывают пленку, сетку, войлок, сооружают систему дренажных труб и засыпают песком.

По краям свалки бурят специальные коллекторные скважины для регулярного отбора проб грунтовых вод и анализа их на содержание загрязняющих веществ. Над свалкой регулярно берут пробы воздуха для анализа находящихся в них загрязняющих веществ. Устройство такой свалки обходилось в конце XX в. недорого — примерно 200 тыс. долл. за 1 га полигона.

его функции перешел вопрос о регламентации обращения с твердыми отходами. В 1979 и 1984 гг. предыдущие правила были усовершенствованы. Начиная с 1970-х годов теоретические разработки по оптимальному конструированию полигонов для твердых бытовых отходов получили широкое практическое применение, а затем организация санитарных свалок стала прибыльным делом.

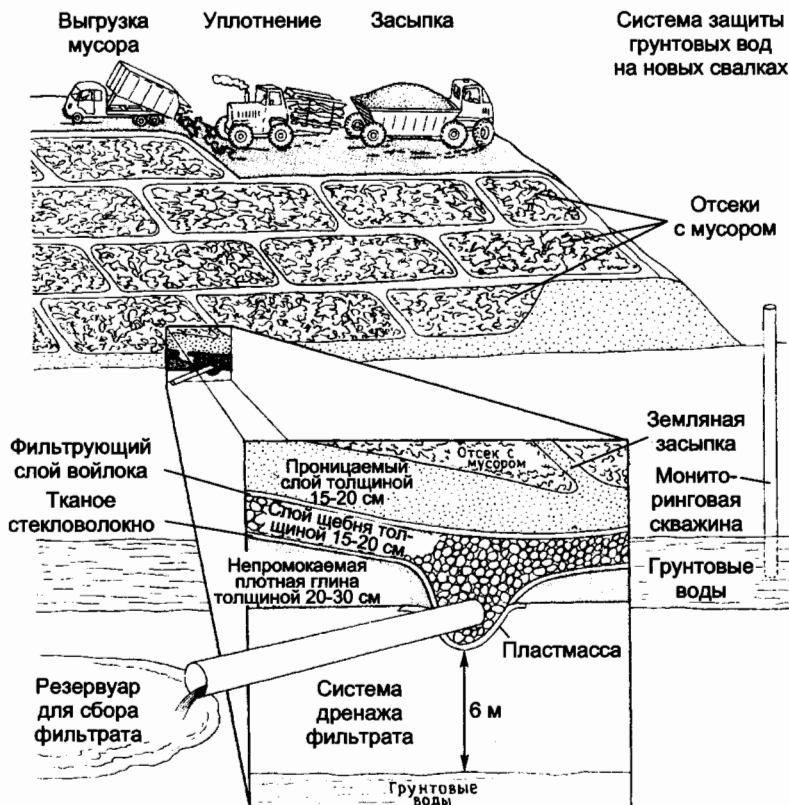


Рис. 18.4. Схема устройства санитарной свалки (Небел, 1993)

После того как свалка подготовлена к заполнению, начинается прием твердых отходов. Мусоровозы привозят ТБО с предприятий и из жилых домов, с которыми заключены финансовые договоры. В условие договора входит обязательство сдающих мусор заказчиков следить за тем, чтобы в нем не оказалось токсичных и радиоактивных отходов. Каждая порция мусора сваливается в определенном месте свалки. Грейдерами разравнивают поступающий мусор, а учетчик заносит в базу данных сведения относительно места складирования привезенных ТБО с указанием реквизитов клиента, от которого получены отходы. Каждый день после приема последней порции мусора поверхность свалки засыпают слоем глины, чтобы, во-первых, птицы и животные не растаскивали мусор по окрестностям, во-вторых, чтобы не было неприятного запаха, в-третьих, чтобы в случае обнаружения в отходах токсичных веществ можно

было по положению слоев определить дату складирования и таким образом установить клиента, нарушившего обязательства. В этом случае предусматривается судебное рассмотрение иска и взимание с нарушителя крупного штрафа.

По мере наполнения санитарной свалки в ней будут происходить те же процессы, что и в обычной: гниение, разогрев, образование жидкой и газообразной фракций. Однако самовозгорание не должно произойти, так как слои ТБО изолированы друг от друга глинистыми прослойками. Кроме того, образующиеся газы через специальные вертикальные трубы выводят на поверхность свалки. Считается, что примерно через 10 лет количество образующегося метана становится достаточным для того, чтобы запустить на нем небольшую электростанцию, и еще примерно 15 лет ее работа будет вполне рентабельной.

Утилизация твердых отходов по договорам оказалась очень прибыльной. В течение 1980–1990-х годов такие полигоны во множестве стали появляться по всему миру (Австралия, США, Канада, страны Западной Европы). После заполнения свалки это место рекультивируют, т.е. покрывают слоем плодородной почвы и разбивают газон. На нем можно разместить гольфовые поля или иные рекреационные угоды. Использовать место бывшей свалки под застройку нельзя долгое время.

Мусоросжигательные заводы

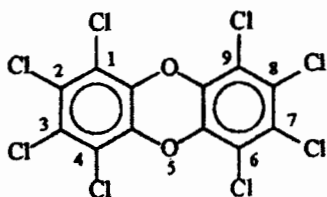
Первое устройство для сжигания мусора было построено в 1870 г. вблизи Лондона. В США эра мусоросжигательных заводов началась в 1895 г., когда на острове вблизи Нью-Йорка был сооружен первый завод по сжиганию мусора. К 1914 г. в США функционировало уже 300 мусоросжигательных заводов. Вскоре заводы для сжигания мусора стали строить и в других странах. Первоначально казалось, что сжигание мусора — самый простой и эффективный во всех отношениях способ избавиться от него. И по сей день во дворах и на окраинах городов и поселков можно встретить дымящиеся мусорные контейнеры или свалки мусора. Таким простым способом дворники стараются значительно снизить объем вывозимого на захоронение мусора. Никакого топлива для сжигания собранного в большую кучу мусора не требуется, потому что в нем и так много горючих материалов (бумага, картон, деревянные изделия или щепа). В огне частично сгорает полиэтилен, оплавляются металлические отходы, стекло. При сгорании ТБО их объем уменьшается примерно в три раза. Из 1 т мусора образуется в среднем 320 кг шлака, 30 кг летучей золы и 6000 м³

у населения вблизи таких предприятий. Исследованиями было установлено, что состав отходящих газов сложен. Среди прочего в выбросах присутствует *диоксин*, канцерогенные свойства которого стали ясны ученым лишь незадолго до начала скандального внимания прессы к мусоросжигательному бизнесу.

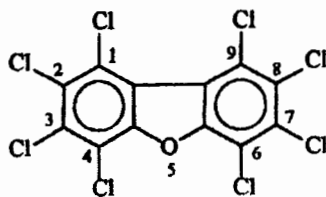
Проблема диоксинового загрязнения воздуха

Диоксин по химической структуре относится к классу полигалогенированных циклических ароматических углеводородов, в которых атомы водорода, соединяющиеся с углеродом в бензольном кольце, замещены хлором. В зависимости от числа и места положения таких замен водорода хлором различают десятки разных диоксинов и фуранов.

Наиболее токсичен 2,3,7,8-тетрахлордibenзодиоксин.



Диоксины



Фураны

Диоксин

Группа диоксинов объединяет сотни веществ, каждое из которых содержит специфическую гетероциклическую структуру с атомами хлора в качестве заместителей.

Длительное воздействие диоксинов в ничтожных концентрациях приводит к росту онкологических заболеваний, гибели плода в матке, рождению детей с физическими и психическими уродствами, к снижению и потере иммунитета. Последнее дало основание для броского названия токсикации диоксинами — химический СПИД. Недавние исследования в США выявили еще один вид токсикации диоксинами — потерю фертильности мужской спермы. Сегодня около 20% американских семей не могут иметь детей, а к XXI в., по прогнозу, это число может возрасти до 50%. Самая легкая форма токсикации диоксинами — потеря способности к длительным физическим и умственным усилиям. В особом положении находятся дети. Их токсикация диоксинами начинается с первого глотка материнского молока. В молоке кормилиц содержание диоксинов существенно больше, чем в коровьем (у коров лактация — непрерывный процесс) (*Пурмаль, 1998*).

Во время войны во Вьетнаме в 1964–1973 гг. американцы для уничтожения листвы тропических лесов применяли дефолиант *эйджент оранж* (Agent Orange), который состоял в основном из

2,4-ди- и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной кислоты с примесями чрезвычайно токсичных диоксинов и дибензофуранов. Всего авиация США опyliла 1670 тыс. га лесов, сотни тысяч из которых не восстановились по сей день (Зернова, 2003). В результате после потребления сельскохозяйственных продуктов, выращенных в этих местах, намного увеличилось число врожденных уродств. Во Вьетнаме насчитывается более 620 тыс. жертв этого препарата.

Этот пример привлек особое внимание ученых к возможным последствиям диоксинового загрязнения. Оказалось, что диоксины чрезвычайно токсичны и проявляются со значительным латентным периодом, т.е. не сразу, а спустя некоторое время. Человек получает диоксины в основном с пищей, в которую они попадают из применяемых в сельском хозяйстве пестицидов, производных трихлорфенолов. Другим источником попадания диоксинов в почву может стать воздушное загрязнение.

Диоксины — клеточные яды, которые живой организм не в силах распознать. Действуя наподобие гормонов, они разрушают иммунную и эндокринную системы, воздействуют на генетический аппарат. Отсюда самый обширный спектр заболеваний, многочисленные случаи врожденных уродств, феномен преждевременного старения.

Особое коварство кроется в супертоксичности диоксинов. Кроме того, попав единожды внутрь, эти яды могут находиться в человеке десятилетиями. Такова их устойчивость к разрушению. В природе они также могут пребывать достаточно долго. Например, попав глубоко в почвы, они способны сохранять свою опасность 100 лет и более.

Исследования показали, что за 30 лет основная масса ядов смыва с поверхности вьетнамской земли и сконцентрировалась на глубине 60 см. Оттуда с грунтовыми водами они продолжают вымываться в моря и реки, попадают в донные отложения, затем в растения и планктон, а через них в рыбу. Поскольку диоксины человек получает преимущественно через пищу, то, живя в пораженной среде обитания, вьетнамцы постоянно получают все новые порции ядов (Зернова, 2003).

Диоксины способны накапливаться в жировых тканях. Поэтому при кормлении младенцев грудью часть накопленных матерью за предыдущий период жизни диоксинов переходит к ребенку. Установлено, что из-за чрезвычайной токсичности многих соединений из группы диоксинов допустимая норма их потребления с водой, пищей и вдыхаемым воздухом не должна превышать 0,00002 г за всю жизнь. Эту величину можно представить по объему как одну тридцатидвухмиллионную часть обычной средней таблетки, весящей 0,3 г (Юфит, 1999).

Источники загрязнения диоксинами окружающей среды разнообразны: нефтепереработка, целлюлозно-бумажная промышленность, производство полимерных материалов и пластмасс, красителей, искусственных кож, в меньшей степени табачный дым. В воздух диоксины попадают в наибольшей степени при сжига-

нии различных продуктов и особенно поливинилхлоридов (ПВХ) и ряда пластмасс.

С 1985 по 1988 г. для изучения опасных свойств диоксида была учреждена международная программа "Диоксин и родственные соединения". Благодаря проведению исследований было установлено, что диоксины образуются при сжигании хлорорганических веществ и хлорполимеров, особенно таких опасных предшественников диоксинов, как полихлорфенолы, полихлорбензолы, а их синтез усиливается в присутствии металлов переменной валентности. Отношение к мусоросжигательным заводам с этого времени переменялось в худшую сторону. В бытовом мусоре много полимерных материалов. Если сжигать мусор без предварительной сортировки, то мусоросжигательный завод становится источником токсичного загрязнения воздуха, причем ухудшение состояния здоровья почти невозможно сразу распознать: оно проявляется лишь со временем.

Интерес к мусоросжигательным заводам во многих странах в середине 1980-х годов резко пошел на убыль. Общественность стала протестовать против строительства новых мусоросжигательных заводов и требовать закрытия старых. В старых заводах не всегда была предусмотрена достаточная очистка дымовых газов даже от летучей золы, частицы которой содержали токсичные вещества, в том числе и диоксин. Содержащиеся в дымовых газах свинец, цинк, кадмий, ртуть находятся в водорастворимой форме и попадают на землю с дождем. Остающаяся после сжигания твердая фракция (зола) содержит еще больше разнообразных токсичных веществ и поэтому должна быть захоронена с соответствующими предосторожностями, а не просто вывезена на свалку.

В США с 1985 г. более 300 предложений строительства мусоросжигательных заводов встретило отпор общественности, за восемь лет там не было построено ни одного нового завода.

В Германии, где накоплен огромный опыт обращения с мусоросжигательными заводами, с 1980-х годов было построено лишь несколько таких предприятий. В начале 1990-х годов там существовало более 500 групп граждан, выступающих против сжигания мусора, а в Баварии в 1991 г. более 1 млн человек пришли к зданиям муниципалитетов, чтобы проголосовать за принятие нового закона об обращении с отходами (Коннет, 2004).








Проблема утилизации мусора снова обострилась, из-за чего выиграли сторонники устройства санитарных свалок: казалось, что иных вариантов избавления от твердых бытовых отходов не оставалось. Однако путь к радикальному избавлению от ТБО может быть найден при сочетании двух требований — совершенствования сортировки мусора и технологии его сжигания.

По результатам проведенных учеными исследований были сделаны важные выводы. Европейское экономическое сообщество (предшественник Европейского союза) приняло меры по исключению предшественников диоксинов из бытового мусора. Для этого промышленности этих стран пришлось заменить выпускаемые полимеры на другие модификации. Введена интернациональная маркировка полимерных упаковок (табл. 18.1).

Была изменена и конструкция мусоросжигательных заводов. Если раньше из мусора выбирали в основном только металлические предметы, то теперь перед сжиганием мусора полагается

Таблица 18.1

Международная маркировка полимерных материалов, используемых в быту в качестве упаковочного материала и контейнеров
(<http://www.ecolife.org.ua/education/apress/tbo/gl3.php>)

 PETE	Полиэтилен терефталат. Появился в 1978 г. и захватил 100% рынка полутора- и двухлитровых бутылок для прохладительных напитков (иногда используется код РЕТ)
 HDPE	Полиэтилен высокой плотности. Используется при изготовлении бутылок для моющих средств, иногда для масла и молока; игрушек
 V	Поливинилхлорид (ПВХ). Применяется с 1927 г. Используется для заворачивания мясных продуктов, предотвращая изменение цвета. Из него также изготавливают бутылки для растительного масла. В 1973 г. появились сообщения о канцерогенных веществах, якобы попадающих в жидкости, которые хранятся в сосудах из ПВХ, после чего его применение резко сократилось (иногда используется код PVC)
 LDPE	Полиэтилен низкой плотности. Применяется со времен Второй мировой войны. К 60-м годам полностью заменил целлофан. Используется в прозрачных упаковках, пакетах и др.
 PP	Полипропилен. Используется в контейнерах для йогурта
 PS	Полистирен. Одноразовая посуда ресторанов быстрого питания (fast-food), иногда — контейнеры для яиц. Для их изготовления используют ХФУ, которые разрушают озоновый слой
 OTHER	Прочие. Чаще всего это многослойная упаковка или упаковка из смеси нескольких типов пластика (см. ниже)

проводить его тщательную сортировку, в процессе которой должны быть удалены изделия из пластмассы, металла и стекла.

Для того чтобы подобная сортировка была наиболее эффективной, придется сделать еще один важный шаг в изменении наших привычек и научиться сортировать мусор самим, не смешивая разные по происхождению и составу вещества вместе. Парадокс заключается в том, что наибольший вред мы наносим себе сами, когда создаем неестественную смесь самых разнообразных веществ, которую называем мусором, или твердыми бытовыми отходами.

Далеко продвинулись и конструкторы мусоросжигательных заводов. Было предложено и апробировано не менее десятка различных технологий, из которых некоторые, например пиролиз или термоселект, позволяют добиться высокой экологической безопасности при сжигании ТБО.

Пиролиз — это разложение веществ под воздействием температуры. При обычном сжигании мусора в топке при температуре около 850 °С происходит сгорание органических веществ в присутствии кислорода. Пиролиз же основан на термическом разложении неперегоняемых или твердых смесей органических полимеров без доступа воздуха. При этом образуются обогащенные водородом газовая и масляная фракции. Диоксины и фураны в таком режиме не образуются. Пиролизный газ после очистки можно использовать в качестве отопительного на угольных ТЭС, а пиролизное масло — как сырье в химической промышленности. При высокотемпературном пиролизе остается шлак, который может быть использован для изготовления тротуарных плит или гранулированного материала для покрытия дорожного полотна.

Высокотемпературный пиролиз стал перспективным способом переработки твердых бытовых отходов. Он дает возможность экономически выгодно, экологически чисто и технически относительно просто перерабатывать твердые бытовые отходы без их предварительной подготовки. Получаемые вторичные продукты (синтез-газ, шлак, металлы и др.) экологически безопасны и могут быть использованы в дальнейшем. Фактически этот метод означает безотходную переработку мусора. Однако обычные мусоросжигательные заводы работают по иной, устаревшей технологии и поэтому остаются источником токсичного загрязнения окружающей среды. Только в том случае, если им на смену будут построены новые по предложенной технологии высокотемпературного пиролиза, можно ожидать положительного результата от сжигания мусора.

К началу 1990-х годов на территории России работало до семи мусоросжигательных заводов, расположенных во Владивостоке, Сочи, Пятигорске, Мурманске и Москве. Они были построены

еще по старым технологиям. Планы строительства новых заводов в течение 90-х годов были фактически заморожены по причине тяжелого экономического положения в стране, а также в связи с возросшим недоверием населения и специалистов к этому способу переработки ТБО. К началу XXI в. в стране было 15 мусоросжигательных заводов, на которых перерабатывается не более 6% всех ТБО (Систер, 2004).

Принимаемые в России меры по переработке ТБО

Тем не менее важность решения проблемы переработки твердых отходов очевидна для всех, и постепенно для этого разрабатывается нормативная база, создаются специализированные предприятия, выбираются наиболее подходящие с экономической и экологической точек зрения технологии.

Еще в 1993 г. в Москве было создано специальное предприятие “Промотходы”, которое организовало 1) учет отходов производства; 2) контроль соблюдения предприятиями города правил обращения с отходами; 3) подготовку городских программ развития инфраструктуры перерабатывающих производств; 4) собственные производства по приему, сортировке и переработке отходов и вторичного сырья, а также захоронению отходов.

В 1994 г. были введены “Временные правила охраны окружающей среды от отходов производства и потребления в РФ”, утвержденные Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов. С 1996 г. в России введена Федеральная целевая программа “Отходы”, в задачи которой входит создание нормативной и технологической базы для реализации единой государственной политики в сфере обращения с отходами на всех уровнях управления, обеспечение стабилизации, а в дальнейшем сокращения и ликвидации загрязнения окружающей среды отходами, экономия природных ресурсов за счет максимального вовлечения отходов в хозяйственный оборот.

Практическим результатом программы “Отходы” стало постепенное упорядочение в учете, сборе и переработке отходов на предприятиях. Каждое предприятие должно организовать отдельный сбор отходов (табл. 18.2), номенклатура которых включает теперь уже более 50 наименований. Постепенно устанавливаются связи с фирмами, специализирующимися на переработке тех или иных видов отходов.

В 1998 г. был принят Федеральный закон “Об отходах производства и потребления”, суммировавший результаты проведен-

Таблица 18.2

**Номенклатура типов отходов, учитываемых на предприятиях
для организации последующей раздельной утилизации**

1	Отходы гальванических производств
2	Отработанные растворы и электролиты
3	Ртутьсодержащие отходы
4	Осадок очистных сооружений
5	Нефтепродукты отработанные
6	Жидкие органические отходы
7	Хлорсодержащие отходы, в т.ч. перхлорэтилен
8	Нефтешламы и отходы лакокрасочных материалов
9	Промасленные ветошь, опилки, бумага и фильтры
10	Отработанные свинцовые аккумуляторные батареи
11	Отходы полиэтилена
12	Медпрепараты, медицинские отходы, химреактивы, косметика
13	Биологические отходы
14	Отработанная авторезина и резинотехнические изделия
15	Стеклобой
16	Фотоотходы
17	Строительные отходы
18	Древесные отходы
19	Черный металлолом
20	Цветной металлолом
21	Металлсодержащие шламы и пыли

ной большой работы по упорядочению обращения со всевозможными отходами. Постепенно ситуация должна нормализоваться так, чтобы все отходы подвергались переработке, значительная часть поступала для вторичного использования, а остающиеся бесполезные остатки в виде твердой, жидкой и газообразной фракций не были опасны для людей и экосистем.

За последние 200 лет концентрация ртутных паров в атмосфере повысилась более чем в 3 раза. Это произошло из-за сжигания твердых отходов на свалках и угля низкого качества (Наука и жизнь. 1997. № 12. С. 35).

В настоящее время, несмотря на усилия, предпринимаемые самыми крупными и богатыми российскими городами, такими, как Москва, мы еще далеко не соответствуем современным требованиям. Из всего объема ТБО, поступающих в Москве от коммунального и общественного секторов, в 2001 г. только 10% было промышленно переработано на городских объектах, 62 —

вывезено на подмосковные полигоны, 24% подверглись уплотнению на мусороперегрузочных станциях.

Вторичное использование отходов

Повторное использование вышедших из употребления вещей традиционно применялось в натуральном хозяйстве. До сих пор в удаленных от городов крестьянских хозяйствах мало что выбрасывается на помойку. Рост благосостояния быстро меняет стереотипы поведения, и те вещи, которые казались ценными вчера, сегодня не раздумывая отправляют на свалку. Тем не менее некоторые из них всегда представляли экономический интерес. Это прежде всего изделия из металлов, стеклотара и макулатура.

Металлы легко могут быть переплавлены и превращены в новые изделия. Из макулатуры выгодно вырабатывать чистую бумагу для повторного использования. Стекланную тару дешевле вымыть, чем изготовить новую на заводе.

Отношение к вторичному сырью, как принято называть все, что идет на переработку для повторного использования, обратно пропорционально избыточности первичного сырья. В первой половине XX в. Германия уже ощущала дефицит железной руды, и инженеры старались экономить на металле при проектировании металлоемких конструкций, например башенных кранов. В это же время в США железная руда еще стоила дешево, и поэтому те же краны делали сплошными, а не ажурными. По мере того как стоимость получения металла из первичного сырья становится выше, возрастает интерес к сбору и переплавке металлолома. Поэтому в тех странах, где руду приходилось ввозить, утилизация металлолома оказывается поставленной очень эффективно. Также обстоит дело и с бумажными изделиями. Если в стране много леса, то бумажные отходы используют мало, например в Финляндии. В то же время в Южной Корее, где древесины мало, вторично используют 3/4 макулатуры (см. табл. 12.6).

Использование вторичного сырья (или *рециклинг*) позволяет экономить не только деньги, но и энергию. Так, при производстве 1 т стали из металлолома потребляется энергии на 74% меньше, чем при производстве из руды. Еще выгоднее переплавлять алюминиевый лом, так как получение алюминия из первичного сырья требует еще больших энергетических затрат, а при использовании вторсырья экономится до 90% электроэнергии.

При использовании вторсырья значительно уменьшается и загрязнение окружающей среды. Например, при получении металла из лома, а не из руды загрязнение воздуха меньше на 85%, а

загрязнение воды — на 76% (Worldwatch Institute). Не менее выгодно максимально использовать отходы цветных металлов, таких, как алюминий, медь, цинк, олово, свинец и др.

Однако преимущества использования вторичных ресурсов оказываются безусловными лишь при условии рентабельности их сбора, сортировки и транспортировки, которые, к сожалению, до сих пор обходятся слишком дорого. В этом основная причина недостаточного использования вторсырья. Тем не менее в развитых странах уже добились значительных успехов в сортировке и вторичном использовании ТБО. В США к 2001 г. более 1/3 муниципальных отходов шло на переработку и вторичное использование, включая компостирование, переработку металлолома, стекла, пластика, пластмассовых бутылок и макулатуры (см. рис. 18.5).

Выводы

1. Количество твердых отходов (ТО) увеличивается пропорционально росту промышленного производства и благосостояния населения.

2. Больше всего отходов образуется в промышленности и при добыче полезных ископаемых, но эти отходы достаточно однородны и при необходимости могут быть обезврежены.

3. Твердые бытовые отходы включают разнообразные составляющие, которые при складировании на свалках реагируют друг с другом с выделением опасных веществ. Свалки часто самовозгораются, а растворимые дождевой водой соединения попадают в грунтовые воды, вызывая опасное загрязнение водоносных слоев.

4. Сжигание твердых бытовых отходов на специальных заводах также небезопасно, так как при этом выделяются очень ядовитые соединения, например диоксин.

5. Раздельный сбор (первичная сортировка) твердых отходов позволяет перерабатывать их с наибольшей пользой и выгодой.

6. Предприятия в России обязаны осуществлять раздельный сбор отходов, контролировать их передачу организациям, специализирующимся на переработке, и отчитываться о результатах этой работы перед экологической инспекцией.

7. Введение первичной сортировки бытового мусора с последующей передачей его фирмам, специализирующимся на переработке отходов, позволило бы уменьшить число свалок и обеспечить чистоту вокруг городов и поселков.



ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Основные вопросы

-
1. *Что такое электромагнитное излучение?*
 2. *Что такое ионизирующее излучение?*
 3. *Что представляет собой радиоактивный распад и радиационное облучение?*
 4. *Чем различаются между собой альфа- и бета-частицы и гамма-излучение?*
 5. *Каковы основные источники электромагнитного излучения в быту?*
 6. *Каков механизм действия ионизирующего излучения на организм?*
 7. *Какие вещества являются источниками ионизирующего излучения?*
 8. *Какие природные материалы, используемые в быту, могут быть источником повышенного ионизирующего излучения?*
 9. *Чем опасен газ радон и как он проникает в дома?*
 10. *К каким последствиям привели наземные испытания ядерного оружия?*
 11. *Какие аварии случались на атомных электростанциях?*
 12. *Когда и почему произошла крупная авария на Чернобыльской АЭС?*
 13. *Как широко распространилось радиоактивное загрязнение после аварии?*
 14. *Какие меры были приняты для снижения негативных экологических последствий чернобыльской катастрофы?*
-

Электромагнитное излучение

Как и весь мир, мы постоянно находимся в потоке энергии — видимого и невидимого электромагнитного излучения. В зависимости от длины волны различают несколько видов электромагнитного излучения, которые плавно переходят одно в другое (рис. 19.1). Если электромагнитное излучение способно вызывать ионизацию, т.е. превращать атомы и молекулы в положительно и отрицательно заряженные ионы, то говорят об *ионизирующем*

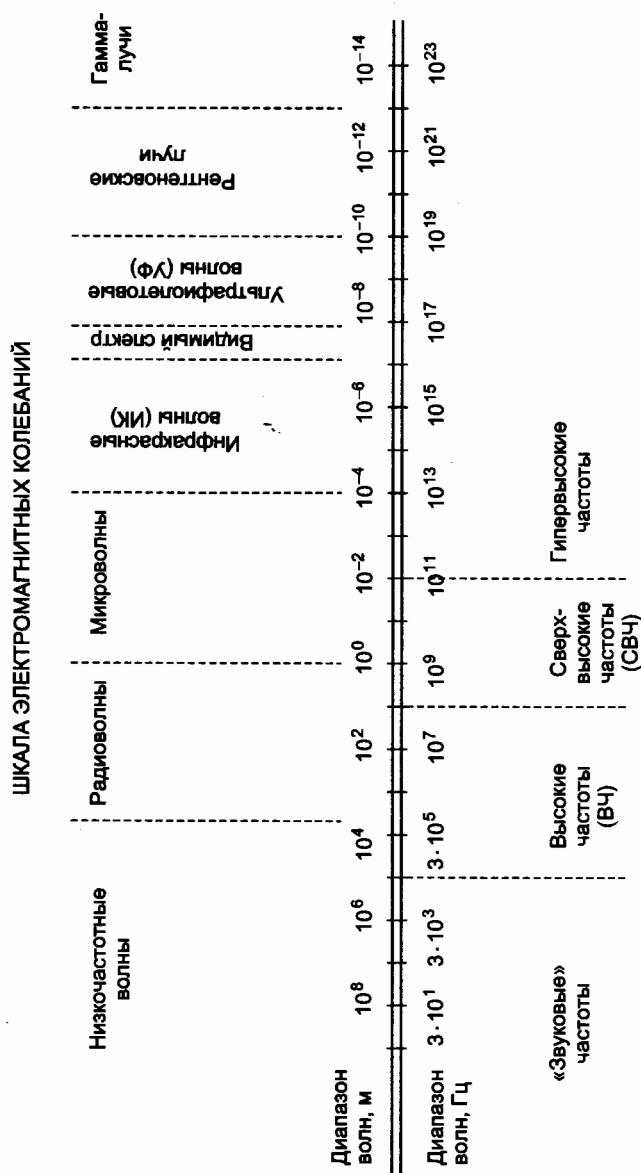


Рис. 19.1. Спектр электромагнитных излучений (Ильницкий, 1995)

излучении. Различаемый человеческим зрением солнечный свет занимает на этой шкале примерно среднее положение: от 4×10^{-10} до 7×10^{-10} м. Более длинные волны, чем световое излучение, — это инфракрасное (тепловое) излучение, микроволны, радиоволны и др. Излучение в этой части спектра не вызывает ионизирующего эффекта. Излучения с более короткими волнами — рентгеновские, гамма-, космическое, а также часть диапазона ультрафиолетового излучения — обладают ионизирующим эффектом.

Неионизирующее излучение усиливает тепловое движение молекул в живых клетках, разогревает их и может приводить к нарушениям как в различных клетках, так и в клеточных мембранах. Это происходит только при высоких дозах облучения, что определяется мощностью источника излучения и расстояния до него. Мощность излучения падает пропорционально квадрату расстояния, т.е. быстро снижается по мере его увеличения. Ярким примером разрушительного воздействия на живые организмы могут быть микроволновые печи (длина волны примерно 12,25 см), в которых сильное электромагнитное излучение позволяет в считанные минуты готовить пищу.

В быту люди подвергаются воздействию электромагнитного поля от используемых электроприборов, линий электропередач, особенно высоковольтных, или близко расположенных радаров. Телевизор, компьютер, микроволновая печь, радиотелефон, сотовый телефон — все они являются источниками излучения. Об этом важно помнить и находиться вблизи от источника излучения кратковременно, а если приходится быть долго — на достаточно безопасном расстоянии. Прямые доказательства безусловного воздействия на организм электромагнитных полей были получены только при очень сильных и продолжительных облучениях. Тем не менее ученые считают, что слабые поля могут также представлять опасность, но выявить ее тяжело, так как негативный эффект проявляется на фоне уже имеющихся системных заболеваний или в сочетании с другими физическими и психическими перегрузками. Кроме того, индивидуальная реакция людей может значительно различаться, и пока она непредсказуема.

С возникновением опухолей долгое время связывали лишь воздействие электромагнитных излучений (ЭМИ) гипервысокого диапазона (от ультрафиолетового до гамма-излучения). Однако в 1979 г. была опубликована статья, в которой авторы утверждали, что электромагнитные поля сверхнизких частот (50–60 Гц), действуя на детский организм, могут привести к возникновению опухолей, в частности лейкозов. По их наблюдениям, лейкозы возникали в два-три раза чаще у детей, которые жили ближе к линиям высоковольтных электропередач (ЛЭП) и, следовательно, в большей мере были подвержены влиянию электромагнитных полей.

Эксперты подчеркнули, что полученные результаты противоречивы и не позволяют сделать окончательный вывод, но отнестись к ним следует серьезно (Ильницкий, 1995. С. 53).

Ионизирующий эффект вызывают электромагнитные излучения с длиной волны менее 10^2 \AA , а именно: жесткая составляющая ультрафиолетового излучения (от 10 до 10^2 \AA), рентгеновское излучение (от 10^{-2} до 10^2 \AA) и гамма-излучение (γ -лучи) (менее 10^{-1} \AA). Источником ионизирующего излучения могут быть космические лучи, доходящие до поверхности Земли, радиоактивные изотопы, бытовые приборы, некоторые медицинские процедуры, выбросы АЭС и ТЭС и др. (рис. 19.2). Рентгеновское излучение возникает в специальных рентгеновских трубках, в которых электроны, разогнанные до высоких скоростей, тормозятся атомами тяжелых металлов на аноде. При этом происходит излучение каскада фотонов, которые вызывают ионизацию тех молекул, с которыми сталкиваются. Гамма-излучение порождается радиоактивными веществами при преобразовании их ядер.

Ионизация молекул в клетках может вызвать их повреждение, а в геноме — мутации, а также каскад нежелательных химических реакций, нарушающих равновесное состояние биохимических процессов.

Радиоактивный распад

Радиоактивностью называют самопроизвольное превращение неустойчивого изотопа одного химического элемента в изотоп другого элемента, сопровождающийся испусканием элементарных частиц или ядер (рис. 19.3). На Земле сохранилось 23 долгоживущих радиоактивных элемента с периодами полураспада от 10^7 лет и выше¹. Среди них по распространенности лидируют торий-232, уран-238, калий-40. Как промежуточные стадии ядерных превращений образуются короткоживущие изотопы, такие, как радон-222, полоний-218, полоний-214, свинец-218 и др. (рис. 19.3).

Ядра атомов одного и того же элемента всегда содержат одно и то же число протонов, но число нейтронов в них может быть разным. Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, являются

¹ Считается, что за 10 периодов полураспада концентрация радиоактивного вещества становится незначительной. Поэтому за 4,6 млрд лет существования нашей планеты сохранились лишь те радиоактивные элементы, период полураспада которых был очень продолжителен. Порождаемые ими промежуточные элементы могут обладать и сколь угодно коротким периодом полураспада.

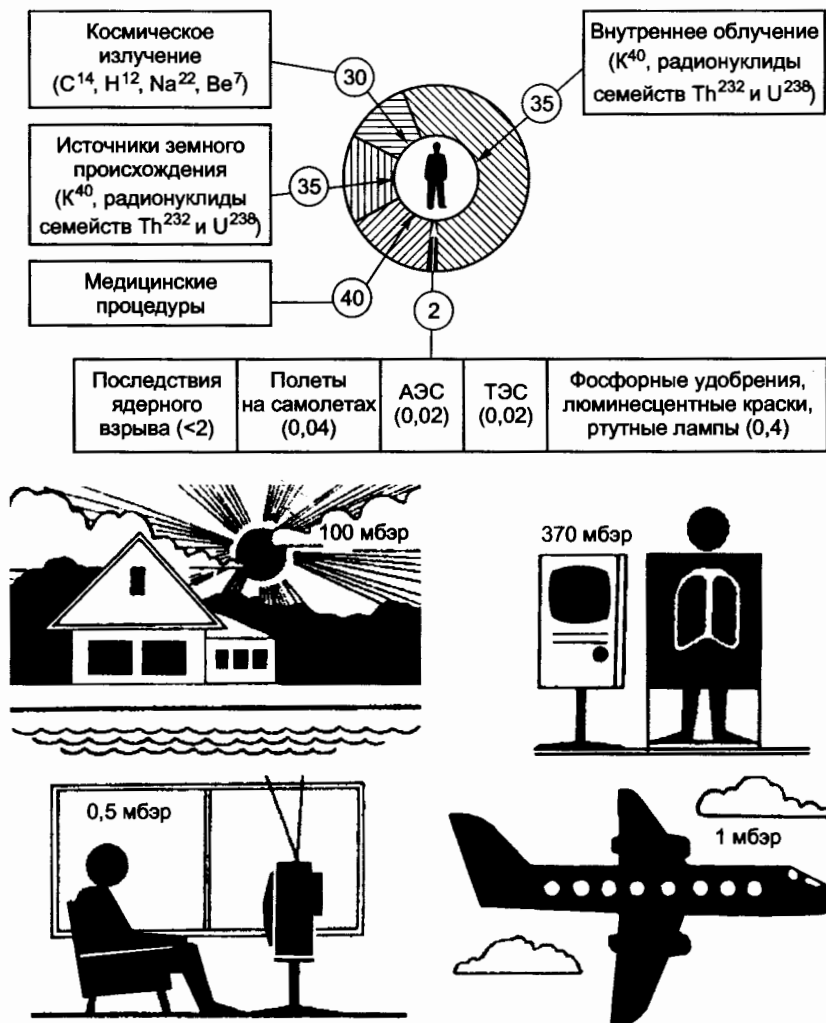


Рис. 19.2. Фоновое радиоактивное излучение (Лапин и др., 1996; Реймерс, 1990)

разновидностями одного и того же химического элемента и называются *изотопами* данного элемента. Чтобы отличить их друг от друга, к символу элемента приписывают число, равное сумме всех частиц в ядре данного изотопа. Так, уран-238 содержит 92 протона и 146 нейтронов; в уране-235 — 92 протона, но 143 нейтрона. Ядра всех изотопов химических элементов образуют группу нуклидов. Некоторые нуклиды стабильны, т.е. в отсутствие внешнего воздействия никогда не претерпевают никаких превращений. Большинство же нуклидов нестабильно, они все время превращаются в другие нуклиды (<http://www.engineer.bmstu.ru/res/volkov/1.html>).

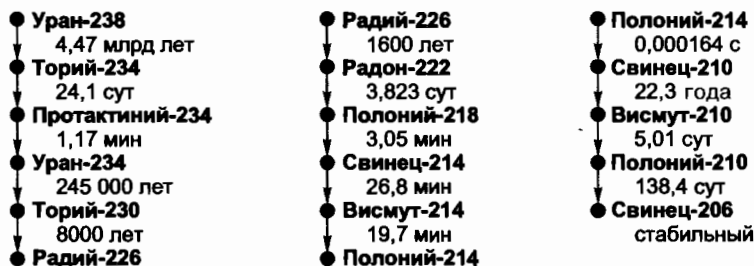


Рис. 19.3. Последовательность распада урана-238 с указанием периода полу-распада образующихся радиоактивных элементов (<http://www.engineer.bmstu.ru/res/volkov/1.html>)

Ядерное излучение — это потоки элементарных частиц, из кото-рых построено вещество. Сейчас физики знают около 30 элемен-тарных частиц, и возможно существование стольких же видов излучений. Среди них наибольшее значение имеют альфа-, бета-, и гамма-излучения.

Процесс перехода одного изотопа в другой сопровождается выделением:

- ядер гелия, лишенных двух электронов (альфа-частицы),
- отдельных электронов или позитронов (бета-частицы) и
- электромагнитного излучения — фотонов (гамма-лучи).

Альфа (α)-, бета (β)- и гамма (γ)-излучения обладают различ-ной ионизирующей способностью и проникаемостью (табл. 19.1). Самые крупные *альфа-частицы*. Они состоят из пары протонов и пары нейтронов и поэтому проникают через плотную среду на

Таблица 19.1

Основные свойства α -, β - и γ -излучений естественных радиоактивных веществ
(Сивинцев, 1988)

Излучение	Природа	Ионизирующая способность	Проникающая способность
α	Ион He^{++}	Очень высо-кая	Низкая: 0,1 мм во-ды, лист бумаги
β	Электрон	Высокая	Высокая: до 0,5 мм алюминия
γ	Электромагнитное излучение	Низкая	Очень высокая: до нескольких сан-тиметров свинца

ничтожно малые расстояния, растрачивая сразу всю энергию, которая вызывает на этой дистанции мощную ионизацию. Альфа-частицы не могут пройти даже через лист бумаги и хорошо задерживаются верхним слоем кожи, состоящим из отмерших клеток. Однако при попадании в организм с пищей или через раны альфа-частицы представляют большую опасность, вызывая местные разрушения не только отдельных молекул, но и целых клеточных структур. Основным источником альфа-излучения — природные месторождения радиоактивных элементов, таких, как уран-238 и торий-232 (табл. 19.2).

Бета-частицы мельче, чем альфа-частицы, поэтому они проникают через плотную среду намного дальше. Они распространяются в воздухе до 20 м, в биологической ткани на 5–7 мм, в дереве до 2,5 мм, в алюминии до 1 мм. Одежда человека почти наполовину ослабляет действие бета-частиц, оконные стекла поглощают полностью. Но при контакте с кожей они так же опасны, как и альфа-частицы. Основные источники бета-частиц — некоторые радиоактивные изотопы, например калий-40, тритий, продукты распада урана, тория и др.

Гамма-излучение, представленное фотонами, обладает высокой проникающей способностью, свободно проходя через все организмы животных и растений. Задержать его может только толстая свинцовая или бетонная плита. При высоких уровнях гамма-облучения оно представляет главную опасность. Источники гамма-

Таблица 19.2

Некоторые радиоактивные изотопы, изначально присутствовавшие на Земле
(http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/rad_6.htm, с изменениями)

Радионуклид	Весовое содержание в земной коре	Период полураспада, лет	Тип распада
Уран-238	$3 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^9$	α -распад
Торий-232	$8 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{10}$	α -распад, γ -излучение
Калий-40	$3 \cdot 10^{-16}$	$1,3 \cdot 10^9$	β -распад, γ -излучение
Ванадий-50	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{14}$	γ -излучение
Рубидий-87	$8,4 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{10}$	β -распад
Индий-115	$1 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{14}$	β -распад
Лантан-138	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{11}$	β -распад, γ -излучение
Самарий-147	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{11}$	α -распад
Лютеций-176	$3 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^{10}$	β -распад, γ -излучение

облучения — многие радиоактивные элементы, а также атомные реакторы.

Рентгеновское излучение по своим свойствам аналогично гамма-излучению, но отличается тем, что рентгеновские лучи получены искусственно при торможении разогнанного пучка электронов в специальных устройствах, а гамма-лучи — продукт распада радиоактивных изотопов. Рентгеновское излучение названо по имени Вильгельма Рентгена (1845–1923) — немецкого физика, открывшего в 1895 г. новое излучение, которое он назвал X-лучами.

Для измерения радиоактивности и вызываемых ею эффектов были разработаны специальные единицы, которые зависят от метода определения. С помощью одних единиц можно определить количество распадов в единицу времени, другие позволяют косвенно оценить радиационное воздействие по степени ионизации воздуха и т.д.

Для измерения количества радиоактивных веществ используют единицы *кюри* (Ки) и *беккерель* (Бк) в честь первооткрывателей явления радиоактивности.

Значению 1 Ки приблизительно соответствует активность 1 г радия в равновесии с продуктами его распада.

1 Бк соответствует 1 распад в 1 с;

1 Ки = 37 млрд распадов в 1 с = $3,7 \times 10^{10}$ Бк;

1 Бк = 1 распад в 1 с = $0,3 \times 10^{-10}$ Ки.

Анри Беккерель (1852–1908) — французский физик, в 1896 г. случайно открыл неизвестное излучение, когда проявлял фотопластинки, которые хранились в ящике письменного стола, придавленные каким-то минералом, содержавшим, как выяснилось, уран. В дальнейшем он исследовал свойства этого излучения наряду с другими первооткрывателями.

Мария Склодовская-Кюри (1867–1934) и Пьер Кюри (1859–1906) заинтересовались обнаруженным эффектом и в 1898 г. описали свойство радиоактивности.

Приборы оперативного радиационного контроля измеряют ионизацию воздуха под воздействием излучения, что позволяет определить так называемую *экспозиционную дозу*, которую раньше измеряли в рентгенах (Р). Упрощенно, 1 рентген γ -излучения производит в 1 см³ воздуха $2,08 \times 10^9$ пар ионов. В международной системе единиц СИ экспозиционную дозу принято измерять в кулонах на килограмм (Кл/кг) (табл. 19.3).

Разрушительное воздействие радиоактивного излучения на организм зависит от количества переданной энергии, вида излучения, чувствительности тканей к облучению. Соответственно этому для количественной оценки силы облучения организма сначала определяют *поглощенную дозу*, затем *эквивалентную дозу*, наконец, *эффективную эквивалентную дозу* (рис. 19.4).

Таблица 19.3

Единицы измерения радиоактивного излучения и доз облучения (Соотношение между единицами СИ и внесистемными единицами)
(<http://ehelp.ru/gnk/atom6.shtml>, 30.08.2004)

Величина	Наименование и обозначение		Соотношение между единицами
	единица СИ	внесистемная единица	
Активность радионуклида в источнике	Беккерель (Бк)	Кюри (Ки)	1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ расп/с = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк 1 Бк = 1 расп/с
Доза поглощения	Грей (Гр)	Рад (рад)	1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки 1 рад = 100 эрг/г = 10^{-2} Гр 1 Гр = 1 Дж/кг 1 Гр = 100 рад
Доза эквивалентная	Зиверт (Зв)	Бэр (бэр) (биологический эквивалент рентгена — единица поглощенной дозы излучения, эквивалентная по биологическому воздействию дозе в 1 Р жесткого рентгеновского излучения)	1 бэр = $k \cdot 1$ рад = $1 \cdot 10^{-2}$ Зв 1 Зв = $k \cdot 1$ Гр = 100 бэр 1 мЗв = 0,001 Зв 1 мкЗв = 0,000001 Зв
Мощность эквивалентной дозы	Зиверт в секунду (Зв/с)	Бэр в секунду (бэр/с)	1 бэр/с = $k \cdot 1$ рад/с = $1 \cdot 10^{-2}$ Зв/с 1 Зв/с = $k \cdot 1$ Гр = 100 бэр/с
Доза эффективная	Зиверт (Зв)	Бэр (бэр)	1 бэр = $k \cdot 1$ рад = $1 \cdot 10^{-2}$ Зв 1 Зв = $k \cdot 1$ Гр = 100 бэр
Доза экспозиционная	Кулон на килограмм (Кл/кг)	Рентген (Р)	1 Р = $2,58 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг 1 Кл/кг = $3,88 \cdot 10^3$ Р
Мощность экспозиционной дозы	Ампер на килограмм (А/кг)	Рентген в секунду (Р/с)	1 Р/с = $2,58 \cdot 10^{-4}$ А/кг 1 А/кг = $3,88 \cdot 10^3$ Р/с
Удельная поверхностная активность радионуклида	Беккерель на квадратный метр (Бк/м ²)	Кюри на квадратный километр (Ки/км ²)	1 Ки/км ² = $3,7 \cdot 10^4$ Бк/м ² 1 Бк/м ² = $2,7 \cdot 10^{-5}$ Ки/км ²

Поглощенная доза определяется как количество энергии излучения, поглощенное единицей массы облучаемого тела, и измеряется в грейх (Гр).

Эквивалентная доза — это поглощенная доза, умноженная на коэффициент, соответствующий разрушительной силе разных видов излучения. Ее измеряют в зивертах (Зв). Так, при одной и той же энергии альфа-излучение в 20 раз разрушительнее для организма, чем другие виды излучения. Для бета- и гамма-излучений $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр}$, для альфа-излучения $1 \text{ Гр} = 20 \text{ Зв}$.

Эффективная эквивалентная доза — это эквивалентная доза, умноженная на коэффициент, учитывающий разную чувствительность тканей к излучению. Для ее расчета учитывают эквивалентную дозу для всех разновидностей тканей и затем суммируют для всего организма. Ее также измеряют зивертами (Зв).

Просуммировав индивидуальные эффективные эквивалентные дозы всей группы облученных, получают **коллективную эффективную эквивалентную дозу**, измеряемую в человеко-зивертах (чел.-Зв).



Рис. 19.4. Дозы радиационного излучения (<http://www.engineer.bmstu.ru/res/volkov/1.html>)

Исторически сначала были предложены независимо друг от друга одни единицы измерения ионизирующего излучения и дозы облучения, а затем они были систематизированы в единой международной системе СИ под иными названиями. Соотношения изначальных (внесистемных) и утвержденных системой СИ единиц измерения представлены в табл. 19.3.

Итак, для количественной характеристики источника излучения, силы самого излучения, воздействия его на неживые и живые объекты приходится применять несколько разных единиц измерения, принципиальная связь между которыми представлена на рис. 19.5.

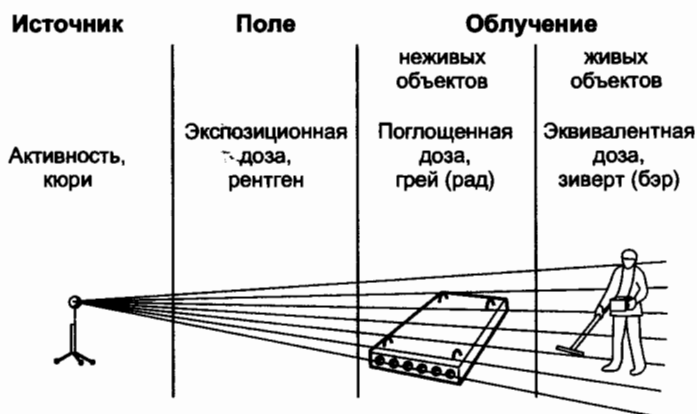


Рис. 19.5. Связь между активностью источника излучения, экспозиционной дозой, поглощенной и эквивалентной дозами (Сивинцев, 1988)

Воздействие ионизирующего излучения на организм

Отношение к ионизирующему облучению быстро менялось с момента его открытия в 1895 г. (табл. 19.4). Вначале не было известно о разрушительном действии радиоактивности на организм. Некоторые ученые получили ожоги от рентгеновских лучей и радия. Анри Беккерель носил какое-то время в кармане пробирку с крупичками выделенного радия, и на коже в этом месте образовался ожог. Только за 1897 г. в научной литературе появились сообщения о 23 случаях подобных кожных поражений. Тогда эти факты не вызвали опасения. В течение 1898–1899 гг. опытным путем была выяснена пороговая доза, вызывающая покраснение кожи, которое обычно держалось от 7 до 10 суток.

Таблица 19.4

**Хронология основных событий в истории открытия
и использования эффекта ионизирующего излучения**

(Наука и жизнь. 1997. № 2)

- 1895 г. — К. Рентген открыл новый вид излучения, которое назвали его именем
- 1898 г. — П. Кюри и М. Склодовская-Кюри выделили радиоактивные элементы — радий и полоний
- 1914 г. — основан Радиевый институт в Париже, где разрабатывались методы лечения с помощью радиоактивных веществ
- 1916 г. — основано Российское общество рентгенологов
- 1918 г. — в Петрограде организован Государственный рентгенологический институт
- 1920–1925 гг. — В.И. Вернадский разрабатывает учение о биогеохимии радиоактивных веществ
- 1925 г. — российские генетики Г. Надсон и Г. Филиппов открыли, что рентгеновские лучи вызывают наследственные изменения у грибов
- 1927 г. — американский генетик Г. Меллер исследовал изменения наследственного материала — мутации, возникшие под влиянием рентгеновских лучей у плодовой мушки дрозофилы, а Л. Стэдлер показал, что такие же изменения происходят в живых клетках растений
- 1934 г. — супруги И. Жолио-Кюри и Ф. Жолио-Кюри открыли искусственную радиоактивность
- 1938 г. — американский физик Э. Ферми получил Нобелевскую премию за исследование цепной реакции, вызванной бомбардировкой нейтронами ядер урана
- 1942 г. — Э. Ферми осуществляет первую цепную ядерную реакцию в созданном им ядерном реакторе в Соединенных Штатах Америки
- 1945 г. — сброшены атомные бомбы на Хиросиму и Нагасаки
- 1946 г. — в Москве под руководством И.В. Курчатова запущен первый в Европе ядерный реактор
- 1946–1947 гг. — английский исследователь Д. Ли, российский генетик Н. Тимофеев-Ресовский и немецкий ученый К. Циммер делают основополагающие открытия, описывающие действие различных доз радиации на живые клетки
- 1949 г. — произведен первый испытательный ядерный взрыв в СССР
- 1953 г. — первое в СССР испытание водородной бомбы
- 1954 г. — открытие первой атомной электростанции в Обнинске
- 1986 г. — авария на Чернобыльской АЭС
- 1995 г. — международная общественность отказалась в масштабах планеты отметить столетие открытия Рентгена

Рентгеновские лучи, просвечивающие человека насквозь, воспринимались как величайшее благо. Их тут же стали использовать для диагностики, а радиоизотопы, например радий, применяли для лечения некоторых доброкачественных опухолей. В продаже тогда появились радиевые подушки, радиоактивная зубная паста и косметика. В 1914 г. в Париже был основан Радиевый институт, где стали разрабатывать методы лечения с помощью радиоактивных веществ. Укрепилось мнение, что рентгеновское облучение стимулирует процессы жизнедеятельности. В 1930-е годы было поставлено много опытов для изучения действия различных доз облучения на живые существа. В частности, на лабораторной культуре гидр было показано, что при облучении с дозой 79 рентген в течение 1 минуты наблюдается явный эффект стимуляции регенерации головы гидры. Поэтому X-лучи, как их называл Вильгельм Рентген, поначалу восприняли как лучи жизни, а не смерти.

Лишь спустя годы, в первой половине XX в., обнаружили, что рентгенологи чаще других болеют раком¹. Переоблучение приводит к перерождению мелких кровеносных сосудов, зарастанию их и последующему развитию новообразований — раковых опухолей. Поскольку страшный результат проявляется не сразу, а лишь спустя 6–30 лет, то и оценить его своевременно было невозможно. К 1907 г. было зарегистрировано семь случаев смерти в результате переоблучения, к 1911 г. — уже 54, а в 1936 г. в Гамбурге был даже установлен памятник рентгенологам — жертвам лучевой болезни (Сивинцев, 1988).

В 1925 г. российские генетики Г. Надсон и Г. Филиппов открыли, что рентгеновские лучи вызывают наследственные изменения у грибов, в 1927 г. американский генетик Г. Меллер обнаружил мутации у плодовой мушки дрозофилы. Однако вплоть до атомной бомбардировки Хиросимы и Нагасаки в 1945 г. об истинных последствиях радиационного облучения знало слишком мало людей.

Специальные исследования показали, что индивидуальная чувствительность к радиационному облучению у подопытных животных одного вида и возраста сильно варьирует. Например, при дозе облучения 350 Р гибнет 10% крыс, тогда как остальные выживают, а 15% крыс выживают и при дозе вдвое больше. Чувствительность к облучению разных видов и особенно типов животных различается еще больше — в сотни раз. Наименее чувствительны

¹ Были приняты необходимые меры предосторожности, и в наше время статистическими методами не обнаруживают разницы в продолжительности жизни рентгенологов по сравнению с врачами других профессий (Лосик, 1994).



Рис. 19.6. Чувствительность к гамма-излучению организма различных представителей живого (Реймерс, 1990)

к высоким дозам радиации мхи, лишайники, водоросли и микроорганизмы, в частности бактерии и вирусы, среди животных — одноклеточные, например амёбы или инфузории. Наиболее чувствительны млекопитающие (рис. 19.6).

Следует различать последствия *внешнего облучения*, которое может произойти на значительном расстоянии от источника излучения, от *внутреннего облучения* при попадании радиоактивных частиц внутрь организма.

Внешнее радиационное облучение вызывает так называемую *лучевую болезнь*, которая проявляется сильнее, если облучена не часть организма, а он весь и если доза получена одновременно, а не в несколько приемов. Радиационное облучение действует на организм комплексно, поражая в первую очередь делящиеся клетки: кроветворные клетки костного мозга, лимфатической системы, клетки эпителия желудочно-кишечного тракта и кожи, клетки печени, легких и других органов. В соответствии с дозой облучения острую лучевую болезнь принято подразделять на четыре степени тяжести: легкую (1–2 Гр, или 100–200 рад), среднюю (2–4 Гр, или 200–400 рад), тяжелую (4–6 Гр, или 400–600 рад) и крайне тяжелую (6 Гр, или свыше 600 рад)¹.

При *внешнем облучении всего организма* в 1 Гр внешних симптомов болезни практически нет, лишь в формуле крови временно могут быть замечены характерные изменения, которые затем проходят (табл. 19.6). При облучении выше 2 Гр появляются первичные

¹ В более ранней литературе можно найти, что до 100 бэр радиоактивное облучение не приводит к ощутимым последствиям. 100 бэр примерно эквивалентны 1 Зв и 1 Гр гамма-излучения.

Таблица 19.6

Клинические последствия острого облучения человека
(Сивинцев, 1988)

Доза облучения, бэр	Тотальное облучение	Локальное облучение	Повреждения
Не более 25	Все тело		Не обнаруживается клинических симптомов
50	Все тело		Временное снижение количества лимфоцитов
100	Все тело		Тошнота, рвота, вялость во всем теле и значительное снижение лимфоцитов
150	Все тело		Смертность 5%; "похмелье" от облучения 50%
200	Все тело		Снижение количества лейкоцитов на долгое время
400	Все тело		Смертность 50% за 30 сут
600	Все тело		Смертность 90% за 14 сут
Не менее 700	Все тело		Смертность 100%
300–500		Кожа	Выпадение волос и краснота кожи
300–500		Гонады	Бесплодие на всю жизнь

Примечание. 100 бэр эквивалентной дозы примерно соответствуют 1 Гр поглощенной дозы гамма-излучения.

симптомы острой лучевой болезни, которые выражаются в тошноте и рвоте примерно через 30–90 мин после облучения, головной боли, слабости. При дозах выше 4–6 Гр внешнего облучения возникает временное покраснение кожи и слизистых оболочек. Постепенно в течение нескольких часов проявления первичной реакции стихают: прекращается рвота, уменьшается головная боль, исчезает покраснение кожи и слизистых оболочек, самочувствие улучшается. Затем появляются вторичные проявления лучевой болезни, вызванные последствием снижения деления клеток: возникает стоматит, энтерит, гастрит, гепатит. Облучение выше 10 Гр поражает нервную систему, через некоторое время больные умирают.

При внешнем облучении не всего организма, а отдельных частей тела дозами от 3 до 5 Гр происходит покраснение кожи и выпадения

ние волос. Повторное внешнее облучение даже небольшими дозами (1–2 Гр) может вызвать хроническую лучевую болезнь, которая развивается иначе и часто заканчивается раком.

Механизм разрушительного действия ионизирующего излучения связан с разрывом химических связей молекул и образованием множества высокоактивных в химическом отношении соединений — так называемых свободных радикалов, которые вызывают процессы окисления в организме. Поэтому при лечении лучевой болезни стараются своевременно разнообразными способами нейтрализовать избыток свободных радикалов.

Исследования последствий хронического воздействия малых доз радиации на организм животных и человека обнаружили увеличение числа генетических мутаций, которые могут проявляться не сразу. Поэтому предельно допустимые дозы ионизирующего облучения, устанавливаемые в наше время, значительно ниже тех, на которые организм вроде бы почти не реагирует.

Внутреннее ионизирующее облучение. Последствия попадания внутрь организма радиоактивных частиц значительно опаснее внешнего облучения. В этом случае расстояние между источником излучения и клетками организма становится ничтожно малым, а само излучение — продолжительным. Радиоактивные радон Ra^{226} и плутоний Pu^{239} практически не выводятся из организма. Если снаружи альфа-частицы не могут нанести существенного вреда организму человека, то, попав внутрь, они приводят к сильнейшим разрушениям клеток вокруг себя. Кроме того, внутри организма радиоактивные вещества часто концентрируются в определенных местах. Так, щитовидная железа обладает исключительно высокой способностью концентрировать йод. Поэтому весь радиоактивный йод, попавший в организм, оказывается сконцентрированным в небольшой железе, из-за чего эффект локального облучения возрастает многократно. Продукты распада радона поражают в основном органы дыхания, стронций накапливается в костях, цезий поглощается тканями.

Хроническое внутреннее облучение приводит к постепенному перерождению тканей, что вызывает раковые заболевания.

Наиболее сильное воздействие ионизирующее облучение производит на клетки в фазе их деления. У эмбрионов и молодых организмов деление клеток происходит чаще, и поэтому риск их повреждения пропорционально выше. Люди в зрелом возрасте реагируют на облучение слабее.

На основе этих данных Международная комиссия радиационной защиты рекомендовала установить предельно допустимую дозу

разового аварийного облучения 25 бэр¹ и ежегодного профессионального облучения 15 бэр, но затем понизила ее до 5 бэр (см. рис. 19.6). Для остального населения устанавливается еще более низкая предельно допустимая доза, так как среди населения находятся дети и беременные женщины, которые более чувствительны к облучению. Закон РФ "О радиационной безопасности населения" (1995) определил, что средняя годовая эффективная доза облучения не должна превышать 0,001 Зв (100 мбэр) или 0,07 Зв (7 бэр) за всю жизнь.

Природные источники радиоактивности

Не надо думать, что ионизирующее облучение происходит только после взрыва атомных бомб или после аварий на атомных электростанциях. Все люди постоянно подвергаются естественному ионизирующему облучению, исходящему в основном из космоса и недр Земли. Если использовать показатель средней эффективной эквивалентной дозы внешнего облучения, то человек получает за год около 0,7 мкЗв — примерно поровну, по 0,35 мкЗв в год, от космических и земных источников. Эта величина колеблется в зависимости от географического положения и высоты над уровнем моря. Кроме того, вместе с пищей человек получает за год еще около 15 мкЗв в год, в основном за счет изотопа углерода ¹⁴C, который содержится в примеси к нерадиоактивному углероду ¹²C (табл. 19.7).

Уровень земной радиации неодинаков в различных районах. Существуют области с повышенным радиационным фоном, например высокогорные города Богота, Лхаса, Кито, где уровень космического излучения примерно в пять раз выше, чем на уровне моря. Например, в 200 км к северу от Сан-Паулу (Бразилия) есть небольшая возвышенность, где уровень радиации в 800 раз превосходит средний и достигает 260 мЗв в год. На юго-западе Индии 70 тыс. человек живут на узкой прибрежной полосе, вдоль которой тянутся пески, богатые торием. Они получают в среднем по 3,8 мЗв в год. Во Франции, ФРГ, Италии, Японии и США около 95% населения живет в местах с дозой облучения от 0,3 до 0,6 мЗв в год. Около 3% получают в среднем 1 мЗв в год и около 1,5% — более 1,4 мЗв в год. Хотя в некоторых из этих районов мощность поглощенной дозы во много раз превышает среднюю

¹ Бэр — несистемная единица: 1 бэр = $k \cdot 1 \text{ рад} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}$. Цитируется по указанному документу.

Таблица 19.7

Средние индивидуальные (эффективные) дозы облучения в России в 1990 г.

(в мбэр в год; в скобках разброс)

(Книжников и др., 1992)

Источники облучения	Доза за год
Природные	
внешнее космическое	32 (30–100)
внешнее от нуклидов земной коры	30 (20–60)
внутреннее за счет калия-40 в пище	20 (15–25)
внутреннее за счет радия-226, углерода-14 в воде, пище и воздухе	8 (5–50)
в том числе техногенно усиленный фон естественных нуклидов:	
внешнее от нуклидов в стройматериалах	10 (5–60)
внутреннее от радона-222 в помещениях	140 (20–10 000)
внутреннее от радионуклидов удобрений	0,02
внутреннее и внешнее от выбросов угольных ТЭС (суммарной мощностью 100 ГВт)	0,25
Искусственные	
рентгенодиагностика	140 (0–10 000)
глобальные выпадения стронция-90 и цезия-137	2,0 (1–5)
атомные электростанции 40 ГВт (эл)	0,04
Все основные источники в сумме	380 (200–12 000)
Авария на ЧАЭС, зона загрязнения	350 (100–4000)

по поверхности Земли, обследование населения не выявило сдвигов в структуре заболеваемости и смертности. В Москве уровень нормального радиационного фона на улице 8–12 мкР/ч, а в помещении 15–20 мкР/ч. Более высокий уровень фонового излучения в помещении обусловлен строительными материалами, такими, как кирпич или бетон, иногда содержащими радиоактивные примеси.

Кроме внешнего облучения человек подвергается еще дополнительному внутреннему облучению, получаемому с пищей, водой и воздухом, в среднем 1,35 мЗв в год, т.е. почти в два раза больше внешнего.

Общая доза фонового облучения, получаемая человеком в год, составляет примерно 2250 мкЗв (225 мбэр). В большинстве стран естественный фон незначительно отличается от средней величины. Над поверхностью морей и океанов излучение Земли уменьшается более чем вдвое, а суммарная величина фона падает до 60–70 мрад/год (от 6 до $7 \cdot 10^{-4}$ Гр/год). Однако в ряде районов в результате

близкого залегания к поверхности Земли урановых руд, ториевых, так называемых монацитовых песков, выхода на поверхность радоновых источников локальный радиационный фон может превышать средние его значения в 20–100 и даже в 1000 раз. Например, в Грузии есть выходы на поверхность богатых радиоактивными водами источников (Боржоми). Эту воду успешно используют для лечения некоторых заболеваний костей и суставов, гинекологических и др. Существенно, что в отдельных районах естественный радиационный фон достигает 1130–2814 мрад/год, а местами — до 4–8 рад/год, т.е. превышает средний в 10–80 раз и более. Здесь богатая флора и фауна, издавна живут люди. Многолетние и тщательные исследования не выявили никаких отклонений в состоянии и жизнедеятельности растений, животных, человека. У жителей этих районов ни продолжительность жизни, частота выкидышей, мертворождений и уродств, ни заболеваемость лейкозами, раком и другими болезнями не отличается от таких показателей в соседних районах, где более низкий естественный радиационный фон. То же можно сказать о горных районах, где фон повышен в результате большой интенсивности космического излучения и вследствие значительного содержания естественных радиоактивных элементов в изверженных горных породах (граниты, базальты) (Агаджанян и др., 1998).

Наибольшие дозы внутреннего облучения человек получает от изотопов радона (^{220}Rn , ^{222}Rn), калия (^{40}K), рубидия (^{87}Rb) (табл. 19.8). Облучение от радона играет особую роль и может при определенных условиях представлять реальную опасность. Радон представляет собой промежуточный изотоп цепочки распада материнских радионуклидов (рис. 19.3) и поступает из недр Земли в результате дегазации практически повсеместно, но его концентрации в воздухе значительно различаются в зависимости от особенностей подстилающих горных пород. В местах, где граниты выходят на поверхность, загрязнение радоном существенно больше, чем в местностях, где метаморфизованные породы залегают глубоко, а сверху перекрыты толстым слоем глины. Сам радон не

Таблица 19.8

Среднегодовая эффективная эквивалентная доза внутреннего облучения от различных изотопов

(http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/rad_6.htm)

Радионуклид	Период полураспада	Среднегодовая эффективная эквивалентная доза, мкЗв
Калий ^{40}K	$1,4 \cdot 10^9$ лет	180
Рубидий ^{87}Rb	$4,8 \cdot 10^{10}$ лет	6
Полоний ^{210}Po	160 сут	130
Радон ^{220}Rn	54 с	170–220
Радон ^{222}Rn	3,8 сут	800–1000
Радий ^{226}Ra	1600 лет	13

представляет еще такой опасности по сравнению с продуктами его распада. Газообразный радон (^{222}Rn) в течение нескольких дней переходит в изотоп полония (^{218}Po), а тот в свою очередь за несколько минут превращается в твердые частицы изотопа свинца (^{214}Pb). Последний также неустойчив и превращается последовательно в изотоп висмута (^{214}Bi), далее в изотоп полония (^{214}Po) и наконец в радиоактивный изотоп свинца (^{210}Pb), период полураспада которого уже не минуты, а 22 года. Если газообразный радон и полоний плохо накапливаются, то тяжелые частицы свинца ^{210}Pb остаются надолго.

Радиоактивное загрязнение радоном

Всерьез об опасности радонового загрязнения заговорили в конце 1970-х — начале 1980-х годов в США. В то время там разворачивался нефтяной кризис, и в северной части страны стало популярным максимально герметизировать дома, чтобы экономить на отоплении. Оказалось, что, как только щелей стало меньше и вентиляция ухудшилась, газообразный радон, поступающий внутрь дома из грунта, стал задерживаться, а продукты его распада в виде твердых частиц накапливались, представляя со временем серьезный источник ионизирующего излучения, особенно если они вместе с пылью попадали в легкие. Эти обстоятельства выяснились после того, как стали выяснять причины заболевания раком легких в случаях, приуроченных к определенным местам. Тогда и обнаружили повышенное содержание внутри некоторых домов радионуклидов, а позже установили источник их поступления. Стало ясно, что одноэтажные современные коттеджи с хорошей теплоизоляцией наиболее уязвимы к радоновому загрязнению по сравнению с многоэтажными домами (в которых радон задерживается лишь в подвале или на первом этаже) и по сравнению с менее совершенными простыми домами с плохой термоизоляцией.

Доля домов, внутри которых концентрация радона и продуктов его распада изменяется от 10^3 до 10^4 Бк/см³, составляет в различных странах от 0,01 до 0,1%. Это означает, что значительное число людей подвергаются заметному облучению из-за высокой концентрации радона внутри их домов. Для предотвращения радонового загрязнения рекомендуется усилить герметичное покрытие пола и стен подвала и одновременно иметь хорошую вентиляцию внутри дома.



Рис. 19.7. Средняя удельная радиоактивность строительных материалов, применявшихся в разных странах (Бк/кг) (Ильницкий, 1995)

Источниками радона могут быть также некоторые строительные материалы, например гранит и пемза, кальций-силикатный шлак и другие, в которых возможна большая удельная радиоактивность (рис. 19.7).

Министерство здравоохранения РФ установило следующие контрольные уровни радона в жилищах: 1) во вновь строящихся домах — не более 100 Бк/м^3 ; 2) для существующих жилищ — не более 200 Бк/м^3 ; 3) если не удастся снизить концентрацию ниже 400 Бк/м^3 , решается вопрос о переселении жильцов.

Радиоизотопы могут попадать в организм и с продуктами питания, особенно с молоком. В молоко они попадают из продуктов растениеводства, если те были выращены с использованием фосфорных минеральных удобрений. Большинство разрабатываемых в настоящее время фосфатных месторождений содержит уран, присутствующий в довольно высокой концентрации. Содержащиеся в удобрениях радиоизотопы проникают из почвы в корма для коров и концентрируются в их молоке.

Итак, эффективная доза от внутреннего облучения за счет естественных источников ($1,35 \text{ мЗв}$ в год) в среднем примерно в два

раза превышает дозу внешнего облучения (0,65 мЗв в год). Следовательно, суммарная доза внешнего и внутреннего облучения от естественных источников радиации в среднем равна 2 мЗв в год, но в разных местах она варьирует и иногда бывает выше до 10 раз: $1 \text{ Зв} = 1000 \text{ мЗв} = 1\,000\,000 \text{ мкЗв}$.

Ионизирующее облучение в быту

В повседневной жизни люди подвергаются облучению не только из-за фоновое содержания радионуклидов, но и преднамеренно, например при прохождении диагностических обследований (рентгенографии, флюорографии, томографии) или при лечении (радоновые ванны), а также во время полетов на самолете и т.д. Величина такого облучения невелика, и тем не менее врачи рекомендуют не злоупотреблять рентгенологическими процедурами без необходимости. При типичном рентгеновском исследовании грудной клетки пациент получает дозу около 0,8 мЗв. При рентгеновском обследовании пищевода и желудка с применением бария доза возрастает в 10 раз. Действующие в России медицинские нормативы предписывают при проведении рентгенологических обследований стремиться к тому, чтобы у здоровых людей годовая эффективная доза облучения не превышала 1 мЗв.

При трансконтинентальном перелете в течение примерно 7,5 часа на обычном турбовинтовом самолете пассажир получает дозу около 50 мкЗв за счет более сильного на высоте 10 км космического излучения.

Последствия испытаний ядерного оружия

Первая атомная бомба была испытана в США в 1945 г. С тех пор начался новый виток гонки вооружения. В 1949 г. была испытана первая атомная бомба в СССР, затем к числу создателей и обладателей атомного оружия присоединились Великобритания (1952), Франция (1960), Китай (1964), Индия и Пакистан (1998) (табл. 19.9). Каждой из этих стран пришлось не только самостоятельно разработать технологию производства атомных бомб, но и провести собственные испытания для проверки правильности теоретических расчетов. Число испытаний и мощность взорванных бомб были явно избыточными, так как они имели главным образом демонстрационное значение для устрашения потенциальных противников.

Таблица 19.9

Число испытаний ядерного оружия различными странами за период 1945–1996 гг.

(http://www.nuclear-weapons.nm.ru/tests/statistics/stat_rus.htm)

Страна	Число испытаний		
	наз.	подз.	всего
США	215	815	1030
СССР	219	496	715
Великобритания	21	24	45
Франция	50	160	210
Китай	23	22	45
<i>Итого</i>	528	1517	2045

Примечание: наз. — наземные (атмосферные) испытания; подз. — подземные испытания.

Таблица 19.10

География ядерных испытаний в СССР

(http://www.nuclear-weapons.nm.ru/tests/statistics/stat_rus.htm; 3.09.2004)

Места проведения испытаний	Число испытаний
Семипалатинский полигон (Казахстан)	456
Полигон на Новой Земле	130
<i>Всего на этих полигонах</i>	586
Россия	91
европейская часть	59
азиатская часть	32
Украина	2
Казахстан (вне Семипалатинска)	33
Узбекистан	2
Туркмения	1
<i>Всего вне полигонов</i>	129

В результате за 18 лет, в основном в течение 1950-х годов, было испытано 595 бомб, из них 455 бомб было взорвано в атмосфере или на поверхности земли. США проводили испытания атомных бомб на полигоне в Неваде и на атоллах Бикини и Эневейтак в центральной части Тихого океана, а СССР — в основном в пустыне на полигоне под Семипалатинском, на Новой Земле в Северном Ледовитом океане, но также в европейской части России, в Украине и Узбекистане (табл. 19.10). Только в СССР было проведено 177 испытаний в атмосфере, 32 на поверхности земли, одно высотное, а четыре даже в космическом пространстве (табл. 19.11). Пик испытаний пришелся на 1961–1962 гг., период опасного противостояния СССР и США, после чего все ядерные взрывы, продолжавшиеся равномерно в течение 25 лет, были только подземными (рис. 19.8).

Уровень прямого ионизирующего облучения падает пропорционально квадрату расстояния от эпицентра взрыва. Поэтому уже на расстоянии нескольких километров от места взрыва атомных бомб, сброшенных на японские города Хиросиму и Нагасаки в 1945 г., уро-

Таблица 19.11

Типы проведенных в СССР взрывов при испытании ядерных устройств в 1949–1990 гг.

(http://www.nuclear-weapons.nm.ru/tests/statistics/stat_rus.htm)

Типы взрывов	Число испытаний
Воздушные	177
Наземные	32
Подводные и на воде	5
Высотные	1
Космические	4
<i>Всего</i> атмосферных/водных/космических	219
Туннельных	245
Шахтных	251
в том числе с образованием кратеров	5
<i>Всего</i> подземных взрывов	496

Таблица 19.12

Частота возникновения лейкозов среди выживших жертв ядерного взрыва в Хиросиме

(Сивинцев, 1988)

Расстояние от эпицентра, м	Частота возникновения лейкозов на 1000 человек
Менее 1000*	128
1000–1500*	28
1500–2000	4
2000–3000	2
3000 и более	1,6
Остальное население Японии	Около 1,5

Примечание. * Только для тех, кто в момент взрыва находился в подвале или в естественных складках местности. Остальные не выжили.

вень гамма-излучения был несмертельным (табл. 19.12). Однако радиоактивные продукты взрыва бомбы в виде мелких частиц поднимает взрывом на большую высоту — до 10 км — и переносит потоками воздуха на огромные расстояния — на тысячи километров.

Последовавшее радиационное загрязнение окружающей местности оказалось весьма значительным. Радиационный фон в атмосфере в это время значительно повысился (рис. 19.9), что незамедлительно сказалось в росте содержания радионуклидов, например стронция-90 и цезия-137, в живых организмах. Радионуклиды аккумулируются в различных тканях, например стронций — в костной ткани, замещая ионы кальция. Другие радионуклиды накапливаются в молоке, мясе, грибах. Поэтому население, находящееся вдалеке от мест испытания атомного оружия, может подвергнуться облучению через продукты питания. Однако предположение о том, что рост заболеваемости раком в XX в. был в

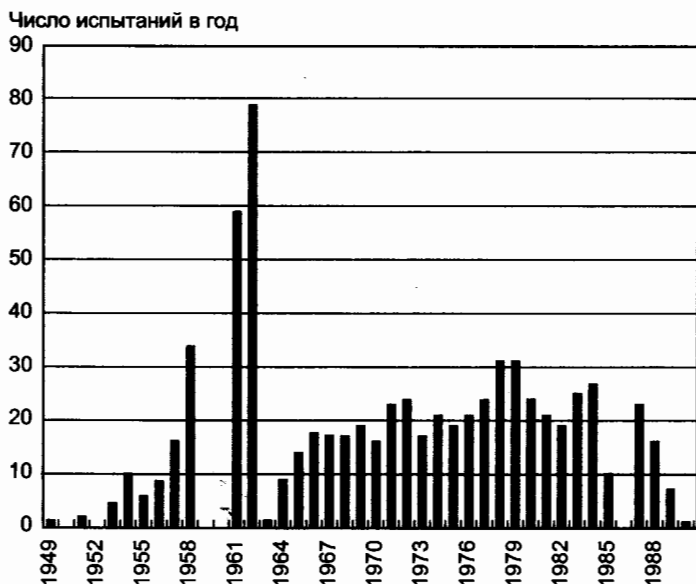


Рис. 19.8. Динамика испытаний ядерных устройств Советским Союзом (http://www.nuclear-weapons.nm.ru/tests/statistics/stat_rus.htm)



Рис. 19.9. Увеличение концентрации стронция-90 и цезия-137 в молоке после проведения испытаний ядерного оружия в 1950–1960-х годах (Эйхлер, 1993)

значительной мере обусловлен проведенными испытаниями атомного оружия в начале 1950-х годов, статистически не подтверждается, что следует из анализа динамики смертности от разных форм рака в последующий период (рис. 19.10).

Осознание растущей опасности радиоактивного загрязнения биосферы привело мировое сообщество к подписанию ряда регламентирующих международных документов. В 1960 г. в Париже была подписана “Конвенция об ответственности перед третьей стороной в области ядерной энергетики”, в 1963 г. в Москве был заключен бессрочный Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, космическом пространстве и под водой, а в 1968 г. — Договор о нераспространении ядерных вооружений. С тех пор испытания ядерных устройств проводились только под землей.

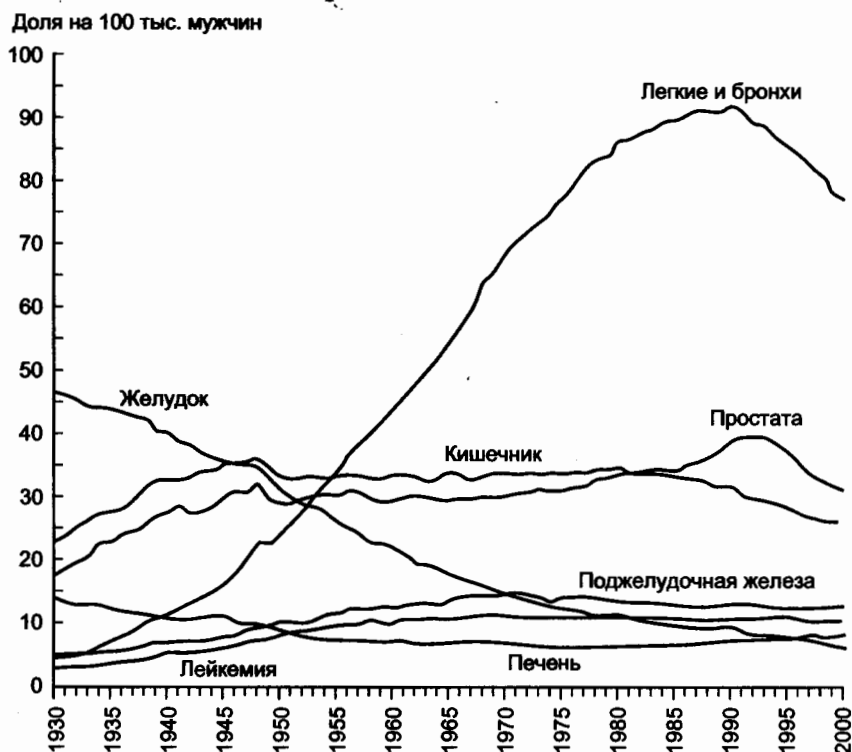


Рис. 19.10. Динамика смертности мужчин в США от различных раковых заболеваний в XX в. (Cancer Statistics, 2004, CA Cancer J. Clin. 2004)

По мере совершенствования подземных ядерных взрывов появились предложения использовать их в мирных целях: для глубинного сейсмозондирования земной коры при поиске полезных ископаемых, для интенсификации истощенных нефтяных и газовых месторождений, для тушения горящих нефтяных скважин, для быстрого и экономически эффективного вскрытия месторождений полезных ископаемых, строительства каналов, набросных плотин, водоемов, создания больших пустот под поверхностью земли и т.д. (Израэль, 1974). Всего в 1965–1988 гг. в бывшем СССР было проведено 115 подобных подземных взрывов в мирных целях (в России — 81, в Казахстане — 29, в Узбекистане и Украине — по 2, в Туркмении — 1) (Колдобский, 1998).

СССР неоднократно выступал с инициативой о полном прекращении ядерных испытаний. Первая такая попытка была сделана еще в 1958 г., когда СССР в одностороннем порядке прекратил испытания, но только с 1991 г. удалось действительно прекратить любые ядерные взрывы на территории России. С 1996 г. открыт для подписания Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний и с этого времени Россия, США, Франция, Китай ввели независимо друг от друга в инициативном порядке мораторий на проведение испытаний ядерного оружия. В течение 1949–1990 гг. в Советском Союзе было проведено 715 испытаний ядерных устройств, в США с 1945 по 1991 г. — 1030 испытаний, а все вместе: США, СССР, Великобритания, Франция, Китай — провели 2045 испытаний различных ядерных устройств (см. табл. 19.9).

В начале 1980-х годов в СССР под руководством акад. Н.Н. Моисеева был проведен компьютерный анализ последствий крупномасштабной ядерной войны для биосферы. Оказалось, что вне зависимости от военного результата ядерных атак пострадает все население Земли, включая и страны-победители. Поскольку ядерный удар неизбежно вызвал бы ответное нападение противника, а в арсеналах противостоящих держав к концу 1970-х годов были уже сотни ракет с ядерными зарядами, то косвенным результатом массовой атомной бомбардировки могли стать не только разрушения и ионизирующее облучение, но и попадание в стратосферу огромного количества аэрозолей, которые вместе с дымом пожаров на длительное время преградили бы путь солнечному свету к поверхности планеты. Расчеты показали, что средняя температура у поверхности земли быстро снизится на 15°, возникнут так называемые “полюсы холода”, например над Скандинавией и Аравийским полуостровом, где температура понизится на 40–50°. Изменится в целом система атмосферной циркуляции,

что приведет к еще большим климатическим сбоям. Освещенность у поверхности планеты может снизиться в 30 раз. Понятно, что все это неизбежно приведет к катастрофической деградации биосферы — “ядерной ночи”, или “ядерной зиме” (Моисеев и др., 1986; Моисеев, 1996).

“Наша система позволяла проводить расчеты вплоть до того состояния, когда биосфера, подвергнутая сильным воздействиям, снова обретает более или менее стабильные характеристики. И на меня произвел особое впечатление тот факт, что биосфера никогда не возвращалась в свое исходное состояние. Каждый раз это была новая биосфера. И ее параметры, как правило, исключали возможность дальнейшего развития человека” (Моисеев, 1998).

Детальный научный прогноз позволил представить всему человечеству безумие дальнейшей гонки ядерного вооружения, что в немалой степени подтолкнуло политиков к последующему разоружению — уменьшению числа ракет с ядерными боеголовками.

Загрязнение окружающей среды от сброса радиоактивных веществ

Как только люди научились концентрировать радиоактивные вещества, возникла проблема захоронения радиоактивных отходов. В первые годы создания и испытания атомного оружия ни одна страна не соблюдала в должной мере осторожности при обращении с материалами, способными стать источником радиоактивного загрязнения местности. Жидкие радиоактивные отходы сливали в море (Англия, Франция и другие западноевропейские страны) (рис. 19.11) или же в реки, как это делали в СССР на засекреченном промышленном объединении “Маяк” в Челябинской области. С начала работы этого предприятия с 1946 по 1956 г. в 6 км от истока р. Теча было сброшено 76 млн м³ сточных радиоактивных вод общей активностью по бета-излучению свыше 2,75 млн Ки (Рябцев, 1996). Отсюда загрязненная вода попадала в саму реку Теча, а далее в Исеть и Тобол. 124 тыс. жителей окрестных деревень подверглись как внешнему, так и внутреннему облучению. Часть жителей впоследствии были эвакуированы из самых загрязненных мест, а среди переселенных в наибольшей мере оказались подверженными облучению 4000 человек из дер. Муслумово.

29 сентября 1957 г. на ПО “Маяк” в результате технической неисправности взорвалась одна из емкостей, в которой хранилось 70–80 т высокоактивных отходов. В воздух выбросило смесь радионуклидов общей активностью 20 млн Ки. Большая их часть осела вокруг хранилища, но аэрозольная взвесь суммарной активностью

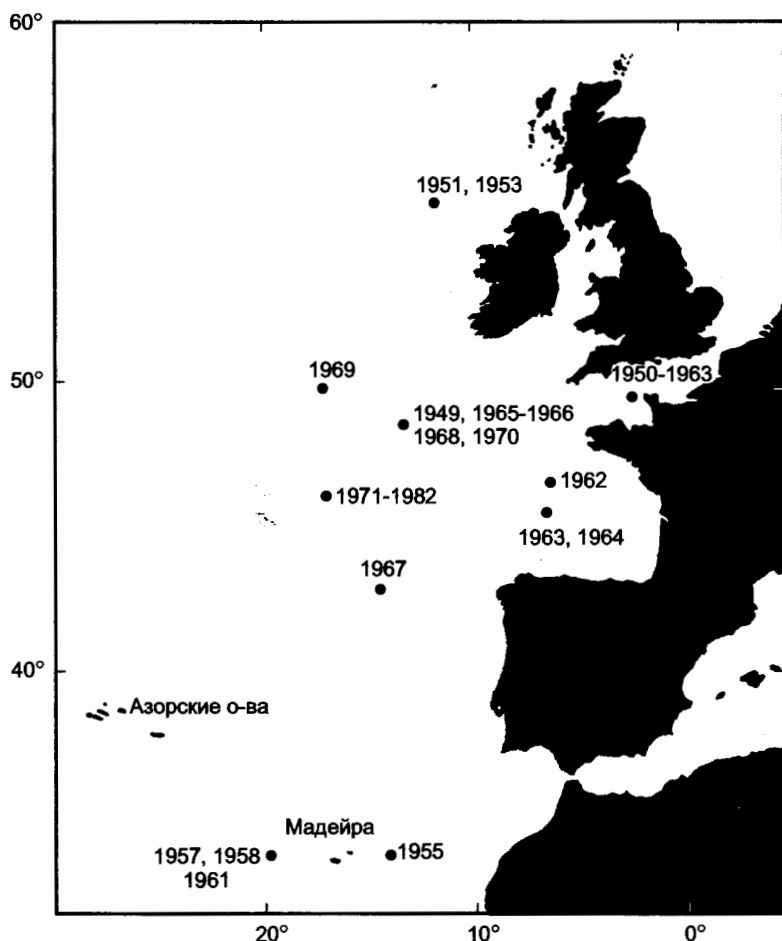


Рис. 19.11. Места захоронения ядерных отходов Великобритании, Франции и других стран в Атлантическом океане с указанием года захоронения (NEA, 1985)

2 млн Ки образовала облако на высоте 1–2 км, которое ветром понесло в северо-западном направлении над территориями Челябинской, Свердловской и Тюменской областей. По мере осадения радионуклидов образовался так называемый “восточноуральский радиоактивный след” площадью около 23 тыс. км², на которой плотность загрязнения стронцием-90 была больше 0,1 Ки/км². На этой территории проживало 272 тыс. человек. Внутри нее более загрязненная территория с плотностью по стронцию-90 более

10 Ки/км² составила 400 км², а с плотностью более 100 Ки/км² — 117 км². После аварии с самых загрязненных территорий было переселено 10,2 тыс. человек.

Последствия облучения оценить оказалось очень трудно, так как значительная часть населения переменила место жительства, и без специального регистра облученных, который из-за отсутствия опыта тогда еще не был составлен, найти их уже не представилось возможным. Позже, в 1967 г., на ПО “Маяк” была еще одна авария значительно меньшего масштаба, чем в 1957 г. По данным на 1995 г., на ПО “Маяк” хранились радиоактивные отходы суммарной активностью более 1 млрд Ки. Планируется постепенно переработать их, переведя в безопасную форму хранения.

Аварии на атомных электростанциях, повлекшие радиоактивное загрязнение окружающей среды

Мощным источником радиоактивного загрязнения могут быть крупномасштабные аварии на атомных электростанциях, подобные чернобыльской 1986 г., или в местах складирования радиоактивных отходов.

Реакция регулируемого радиоактивного распада, используемая в атомных реакторах для получения тепла, требует постоянного контроля и сама по себе нестабильна. Высокая радиоактивность внутри атомного реактора вызывает ускоренный износ материалов всех конструкций. Наличие трубопроводов с перегретой водой и паром увеличивает риск аварий, которые в непосредственной близости от ядерного реактора становятся особенно опасными.

Любые аварии на АЭС привлекают особое внимание населения, которое имеет право быть своевременно и полно информированным обо всех происшествиях на АЭС вне зависимости от уровня их опасности. Для сотрудничества в области развития атомной энергетики в 1957 г. под эгидой ООН была создана автономная межправительственная организация — Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) со штаб-квартирой в Вене. МАГАТЭ является информационным центром, способствует разработке новых технологий, правил эксплуатации АЭС, обладает штатом высококвалифицированных экспертов. МАГАТЭ обязана быстро реагировать на все экстраординарные ситуации, проводя собственные расследования.

Всего в мире до 2004 г. произошли три серьезные аварии на АЭС, вызвавшие тяжелые последствия, и более 150 менее опасных

инцидентов и аварий в 14 странах. Первая крупная авария случилась в 1957 г., вторая — в 1979 г. и третья — в 1986 г.

8 октября 1957 г. в Уиндскейле (Англия) во время профилактических работ на одном из реакторов АЭС произошел пожар, приведший к повреждению ядерного реактора, из которого произошел выброс радиоактивных веществ. Образовавшееся облако достигло Норвегии, а другая его часть была отнесена к Вене. Последствия аварии долгое время скрывались.

28 марта 1979 г. на втором блоке АЭС “Три Майл Айленд”, расположенной на островке посередине р. Саскуэханна вблизи г. Харрисберг (США, шт. Пенсильвания), произошла авария с выбросом в атмосферу радиоактивных веществ. Все началось с того, что вышел из строя водяной насос. Из-за прекратившейся подачи охлаждающей воды твэлы расплавились, а радиоактивная масса разрушила большую часть активной зоны реактора и почти прожгла его корпус. Однако персоналу станции удалось восстановить подачу воды и снизить температуру, предотвратив взрыв. Все же произошел выброс некоторой части радиоактивных веществ в атмосферу. Тысячи жителей близлежащих районов были эвакуированы. Авария впервые поколебала уверенность в целесообразности дальнейшего развития атомной энергетики в стране, и хотя пострадавших от аварии оказалось немного, этот инцидент стал поводом к закрытию ряда аналогичных АЭС.

Чернобыльская катастрофа

26 апреля 1986 г. произошла крупномасштабная авария на Чернобыльской АЭС (Украина), расположенной в 160 км к северо-востоку от Киева, — самая сильная из всех техногенных катастроф в истории человечества. В результате аварии десятки людей вскоре погибли от переоблучения и ожогов, сотни были госпитализированы с диагнозом лучевая болезнь, более 100 тыс. км² в Белоруссии, России и Украине были загрязнены радионуклидами с плотностью выпадения свыше 1 Ки/км², а в целом радионуклиды из взорвавшегося реактора распространились практически по всему Северному полушарию (Порфирьев, 1996; Рябцев, 1996).

Причиной аварии стали ошибки персонала, проводившего на реакторе эксперимент, а также выявленные только в результате самой аварии дополнительные недостатки конструкции энергоблока реактора РБМК-1000. Эксперимент был направлен на выяснение возможностей использования энергии турбогенератора в аварийной ситуации. Реактор перевели в аварийный режим и

пытались определить возможность поддержания работы циркуляционных насосов за счет энергии турбогенератора в том случае, если в него уже не поступает пар и он работает по инерции. При этом операторам пришлось блокировать сигналы аварийной защиты и временно отключить системы аварийного охлаждения активной зоны. В течение первых 30 секунд эксперимента ситуация вышла из-под контроля. Несмотря на включение системы аварийной защиты, произошел самопроизвольный разгон реактора с увеличением температуры, расплавлением рабочей зоны и последующим взрывом, вызванным перегретым паром, в 1 ч 23 мин. Машинный зал четвертого реактора был разрушен, возник пожар. Аэрозоли с мелкими частицами и продуктами цепной реакции выбросило на высоту до 2 км и стало разносить ветром.

Первоначально пожар на АЭС пытались потушить силами собственных пожарных. Именно они получили наибольшие дозы облучения вместе с сильными ожогами. Через 5 часов пожар был потушен и спасены соседние реакторы. Однако ионизирующее излучение из эпицентра взрыва оставалось очень сильным. Уровень радиации сразу после аварии на территории станции составлял 20–25 мкР/с, что более чем в 1000 раз превышает предельно допустимую норму для АЭС. В расположенном неподалеку от Чернобыльской АЭС г. Припять с населением около 45 тыс. человек уровень радиации достиг 4–14 мкР/с и превысил допустимое для населенного пункта значение также более чем в 1000 раз.

Для предотвращения дальнейшего развития аварии разрушенный реактор стали с вертолетов засыпать песком, глиной, свинцом, доломитом, соединениями бора. Всего воздушным путем было доставлено и сброшено на реактор 4000 т радиозащитных материалов. После того как удалось снизить радиационный фон на самой АЭС, приступили к дезактивации местности. Одновременно стали сооружать защитный колпак (саркофаг) над разрушенным реактором, в котором оставалось большое количество радионуклидов. Его строительство было завершено к концу 1986 г.

Реальная степень опасности для окружающего населения была оценена со значительным запозданием. Эвакуация населения из г. Припять началась спустя 36 часов. Затем стали выселять население с окружающей АЭС территории. До конца 1986 г. было переселено 116 тыс. чел. из 188 населенных пунктов; в течение следующих трех лет — еще 135 тыс. чел.; в период 1991–1992 гг. — еще около 100 тыс. чел.

В течение 1986–1989 гг. была проведена дезактивация 944 населенных пунктов и 17,8 тыс. км² территории, вывезено около

1,7 млн м³ загрязненного и ввезено 2,8 млн м³ чистого грунта. В ликвидации последствий чернобыльской катастрофы принимало участие около 600 тыс. человек (Порфирьев, 1996). Стоимость ущерба трудно оценить: она превышает многие десятки, а может быть, и сотни миллиардов долларов.

Возникшее в результате взрыва четвертого реактора радиоактивное загрязнение распространилось далеко от места аварии. Вначале шлейф от эпицентра взрыва стал распространяться на запад и северо-запад, накрыв Белоруссию и Польшу. Затем повышение радиационного фона было зарегистрировано в Дании и Швеции. Из-за смены направления ветра в последующие дни шлейф растянулся от Швеции в сторону Финляндии, Архангельской области и далее на восток; а от самой Чернобыльской АЭС — в сторону Орла, Белгорода и Донецка, на Москву и Рязань. 28–29 апреля радиоактивные вещества появились в Салехарде и Ханты-Мансийске. 1 мая 1986 г. в Барнауле сошлись два воздушных потока, содержащих радиоактивные вещества, — северный и южный. В Грузии в начале мая выпали радиоактивные дожди в Сухуми, Батуми, Поти и Тбилиси. В середине мая радиационный фон повысился на о. Тайвань в Тихом океане, затем в Северной Америке. Фактически все Северное полушарие в той или иной мере подверглось радиоактивному загрязнению. Разрушенный реактор продолжал быть источником опасного радиоактивного загрязнения вплоть до 10 мая 1986 г., когда он был полностью заглушен. Всего, по официальным данным, суммарная радиоактивность выбросов составила 50×10^6 Ки (Рябцев, 1996). Согласно официальным данным, на территории, превышающей 25 тыс. км², с 2225 населенными пунктами уровень загрязнения по цезию-137 был выше 5 Ки/км².

Радиационное воздействие на живую природу

Воздействие загрязнения оказалось неоднородным как по составу радионуклидов, так и по их концентрации. Выброшенная в момент аварии смесь содержала 23 основных радионуклида. В первые минуты после взрыва и образования радиоактивного облака наибольшую угрозу для здоровья людей представляли изотопы так называемых благородных газов (ксеноны), но они быстро рассеиваются в атмосфере, теряя свою активность. В последующие часы и дни в наибольшей степени воздействуют на людей короткоживущие радионуклиды, такие, как йод-131 (период полураспада 8 сут). Затем в течение многих лет продолжают быть опасны-

ми долгоживущие изотопы — цезий-137 и стронций-90. Наибольшую опасность представляют изотопы плутония, у которых сроки полураспада исчисляются тысячами лет, однако, к счастью, их доля в радиоактивных выбросах была незначительна.

Газообразный йод-131 попадает в организм при дыхании и затем оказывается сконцентрированным в щитовидной железе. Если заблаговременно принять йодистые препараты, то щитовидная железа впитает нерадиоактивный йод и при дальнейшем поступлении йода-131 будет концентрировать его незначительно. В результате ионизирующее воздействие на организм окажется рассредоточенным и менее опасным. Задержка с оповещением населения об аварии на Чернобыльской АЭС и отсутствие на местах достаточного количества йодистых препаратов, да и просто неосведомленность людей относительно мер предосторожности в такой ситуации привели к тому, что неоправданно много людей получили различные дозы радиоактивного йода.

Долгоживущие изотопы цезия-137 и стронция-90 оказались распределенными в пространстве весьма неоднородно. Даже при формальном сравнении интенсивности радиоактивного загрязнения областей между собой видны огромные различия в степени загрязнения близко расположенных территорий.

В 1997 г. завершился многолетний проект Европейского сообщества по созданию Атласа загрязнения территории Европы радиоактивным цезием. Более 200 тыс. км² территории 17 стран Европы оказались загрязненными цезием с плотностью свыше 37 кБк/м² (табл. 19.13).

В пределах России в наибольшей мере оказались подверженными радиационному загрязнению после чернобыльской катастрофы Тульская, Орловская, Брянская, Рязанская и Калужская области, в то время как Курская область, расположенная рядом, пострадала значительно меньше. Из-за неравномерного выпадения осадков концентрация радионуклидов может многократно меняться даже в пределах сотен метров. В некоторых “горячих пятнах” поверхностная радиоактивность превышала фоновую до 5000 раз. Выявить все “горячие пятна” простыми и дешевыми методами практически невозможно.

Всего в России обследовано более 6 млн км² территории. На основе аэрогаммасъемки и наземных обследований были созданы и изданы карты загрязнения европейской части России ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ²³⁹Pu. Радиоактивные загрязнения чернобыльского происхождения с уровнями загрязнения более 37 кБк/м² (1 Ки/км² по ¹³⁷Cs) были обнаружены на территории 19 областей России, а общая их площадь по ¹³⁷Cs составила 59,3 тыс. км². Наиболее загрязненными в России являются Брян-

Таблица 19.13

Суммарное загрязнение европейских стран ^{137}Cs от чернобыльской аварии

(Чернобыльская катастрофа..., 2001.

http://www.ibrae.ac.ru/russian/15let_text.html; 3.09.2004)

Страна	Площадь, 10^3 км^2		Чернобыльские выпадения		
	страны	территории с загрязнением свыше 1 Ки/км^2	ПБк	кКи	% от суммарных выпадений в Европе
Австрия	84	11,08	1,6	42,0	2,4
Белоруссия	210	43,50	15,0	400,0	23,4
Великобритания	240	0,16	0,53	14,0	0,83
Германия	350	0,32	1,2	32,0	1,8
Греция	130	1,24	0,69	19,0	1,1
Италия	280	1,35	0,57	15,0	0,9
Норвегия	320	7,18	2,0	53,0	3,1
Польша	310	0,52	0,4	11,0	0,63
Россия (евро- пейская часть)	3800	59,30	19,0	520,0	29,7
Румыния	240	1,20	1,5	41,0	2,4
Словакия	49	0,02	0,18	4,7	0,28
Словения	20	0,61	0,33	8,9	0,52
Украина	600	37,63	12,0	310,0	18,8
Финляндия	340	19,00	3,1	83,0	4,8
Чехия	79	0,21	0,34	9,3	0,54
Швейцария	41	0,73	0,27	7,3	0,43
Швеция	450	23,44	2,9	79,0	4,6
Европа в целом	9700	207,5	64,0	1700,0	100,0
Весь мир			77,0	2100,0	

ская ($11\,800 \text{ км}^2$ загрязненных территорий), Калужская (4900 км^2), Тульская ($11\,600 \text{ км}^2$) и Орловская (8900 км^2) области. Территории с плотностью загрязнения более 555 кБк/м^2 (15 Ки/км^2) по ^{137}Cs имеются только в Брянской области (Чернобыльская катастрофа..., 2001. http://www.ibrae.ac.ru/russian/15let_text.html).

Основная часть выпавших радионуклидов вначале оказалась сосредоточенной либо в почве (на открытой местности), либо в кронах деревьев в зависимости от ландшафта. Из деревьев наиболее чувствительны к радиации хвойные породы. Предполагалось,

что к концу 1987 г. погибнут хвойные леса на площади 20–30 км², где уровень острого облучения превышал 15 Гр. Однако фактическая площадь, на которой погибли сосновые леса, оказалась только 4 км², и еще на такой же площади они были повреждены (Рябцев, 1996). Лиственные породы пострадали только в непосредственной близости от эпицентра взрыва. Травянистые растения оказались устойчивыми к облучению в еще более широких пределах — до 100 Гр.

Через два–три месяца после аварии задержанные растительно-стью радионуклиды, смытые дождями, оказались на поверхности почвы и затем мигрировали в глубь почвенных горизонтов. Поэтому почвенные фауна и флора оказались в большей степени подвержены радиационному воздействию, чем другие организмы. Уменьшились их численность и видовое разнообразие. Через два года сообщества почвенных организмов в основном восстановились (Рябцев, 1996). Впоследствии уровень радиоактивного загрязнения почв стал снижаться со скоростью 3% в год.

В наземных и водных экосистемах радионуклиды включаются в сложную систему круговорота веществ, мигрируя по пищевым цепям от растений к растительноядным животным, затем к хищникам. По способности накапливать радионуклиды различные виды отличаются очень сильно (рис. 19.12, 19.13). Среди пресноводных водорослей коэффициент накопления цезия-137 варьирует от 20 у *Typha angustifolia* L. до 2410 у *Lemna minor* L. Даже представители одного рода, например водоросли *Spirogyra*, могут различаться по этому коэффициенту на порядок величин (Иванов и др., 1965). В некоторых грибах концентрация цезия-137 может быть в 10 раз больше, чем в травах, и в 100 раз выше, чем в древесине (рис. 19.14). В растительноядных животных стронций включается в костные ткани и накапливается в них. Далее по пищевой цепи может происходить как накопление радионуклида, в том случае, если потребляется вся жертва, так и снижение его концентрации. Например, серебристые чайки отгрызают остатки скелета съеденной ими рыбы. Поэтому большая часть стронция, накопленного в скелете, оказывается не усвоенной организмом птицы (Ильенко, 1974). Степень накопления химических элементов по пищевой цепи зависит от ряда факторов, в том числе от особенностей биологии разных типов организмов, характера питания видов, особенностей их поведения, физико-химических свойств изотопов, концентрации их в окружающей среде, времени года и др.



Рис. 19.12. Средние значения коэффициентов концентрирования стронция-90 и цезия-137 для различных групп животных в наземной экосистеме. В числителе — коэффициенты накопления для стронция-90, в знаменателе — для цезия-137 (Ильенко, 1974)

Для того чтобы максимально снизить риск внутреннего облучения людей через продукты питания, в СССР были приняты экстраординарные меры. Было осуществлено детальное картирование уровня радиоактивного загрязнения и выпущены специальные брошюры и карты радиационной обстановки. Из наиболее опасных мест население было переселено на новые места жительства. Там, где уровень радиационного фона был допустим, но оставалась опасность концентрации радионуклидов в растениеводческой или животноводческой продукции, было запрещено убирать урожай и возделывать пашни. При необходимости был обеспечен ввоз безопасных продуктов взамен уничтожаемой местной пищевой продукции. Ученые предложили эффективные способы снижения накопления радионуклидов растениями, например, при внесении минеральных удобрений и известковании почв или при мелиорации переувлажненных лугов. Многочисленные исследования были выполнены по геохимии, почвоведению, био-

логии и другим направлениям. Благодаря полученным научным рекомендациям удалось значительно снизить негативный эффект радиоактивного загрязнения.

В 1991 г. был принят Закон РФ “О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС”, в котором определена последовательность мер, а также льготы и компенсации на основе принципа зонирования территории по степени их радиоактивного загрязнения.

С 1992 г. начала действовать “Единая государственная программа по защите населения Российской Федерации от воздействия последствий чернобыльской катастрофы на 1992–1995 годы и на период до 2000 года” и, кроме этого, еще две — “Дети Чернобыля” и “Жилье для ликвидаторов”.

В 1995 г. был принят Закон РФ “О радиационной безопасности населения”, определивший принципы и правила обеспечения радиационной безопасности в быту, при медицинских исследованиях и лечении, на атомных электростанциях, а также в случае аварий. Закон подтвердил право граждан и общественных объединений на получение полной и объективной информации о радиационной обстановке и принимаемых мерах по обеспечению радиационной безопасности; право представителей общественных организаций посещать учреждения и предприятия, которые используют в своей деятельности источники ионизирующего излучения. В случае облучения выше допустимых норм (средняя годовая эффективная доза облучения не

Коэффициент накопления

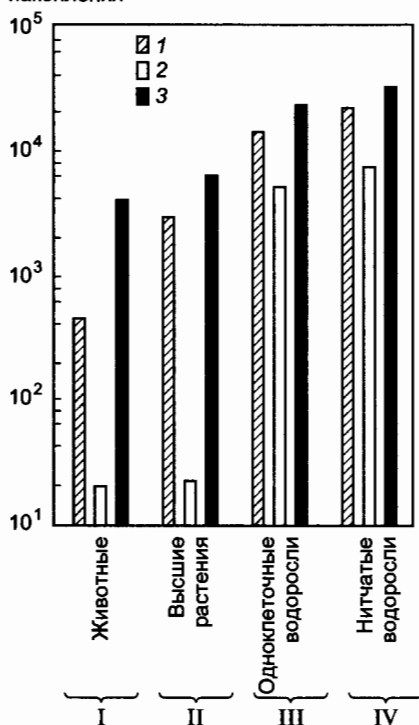


Рис. 19.13. Коэффициенты накопления радионуклидов группами гидробионтов: I — животными; II — высшими растениями; III — одноклеточными водорослями; IV — нитчатыми водорослями. Коэффициенты: 1 — средний; 2 — наименьший средний, 3 — наибольший средний (Гилева, 1965)

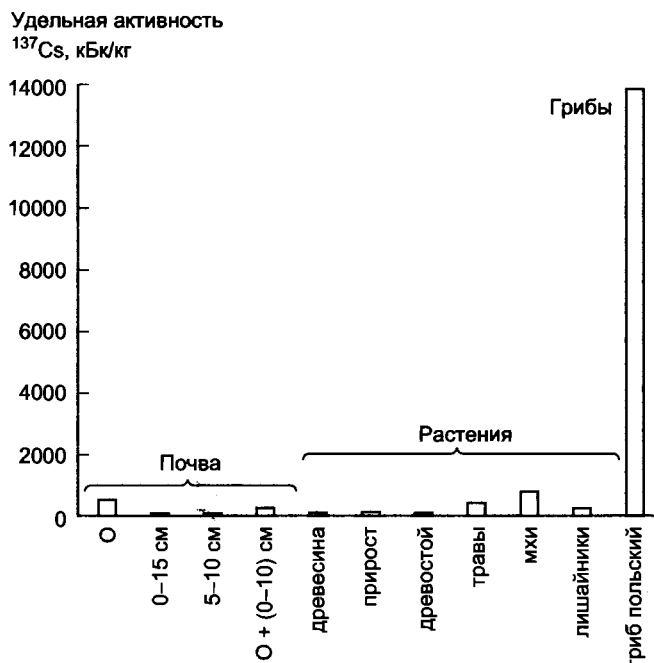


Рис. 19.14. Удельная активность цезия-137 в различных компонентах биоеоценоза (О — лесная подстилка) (Шеглов, Цветнова, 2002)

более 0,001 Зв или 0,07 Зв за всю жизнь) граждане имеют право на возмещение вреда, причиненного их жизни и здоровью. В законе указано, что при привлечении спасателей для ликвидации аварии их обязаны проинформировать относительно возможной дозы облучения, которая не должна превышать более чем в 10 раз среднегодовую допустимую эффективную дозу, т.е. более 0,01 Зв.

Спустя пять лет были подведены первые итоги воздействия чернобыльской катастрофы на людей (Международный..., 1991). Результаты проведенных исследований международной комиссии подтвердили официальные данные о том, что обширного радиационного поражения населения удалось избежать. В первый месяц после аварии погиб 31 человек, участвовавших в тушении пожара на взорвавшемся реакторе. В течение первого года от последствий лучевой болезни скончалось еще 13 человек (Чернобыльская катастрофа..., 2001). Оценить долгосрочный негативный эффект облучения, выразившийся косвенно и безусловно приведший в ряде случаев к преждевременной смерти, очень трудно, так как невозможно отделить действие невысоких доз радиации от иных причин

смертности, таких, как заболевания сердечно-сосудистой, пищеварительной системы, почек и др. В частности, было выявлено, что значительная часть населения, не подвергшегося радиационному воздействию, нуждается в медицинской помощи, хотя и не всегда об этом знает, т.е. средний уровень состояния здоровья населения оказался неблагоприятным. На этом фоне медицинской статистики население, проживающее на загрязненных радионуклидами территориях в России, Белоруссии и Украине, по состоянию здоровья практически не отличалось от тех, кого исследовали за пределами зон радиоактивного загрязнения (Международный..., 1991).

Спустя 10 и 15 лет после чернобыльской катастрофы были вновь проанализированы последствия радиационного облучения ликвидаторов и населения, проживающего на загрязненных территориях (10 лет Чернобыльской..., 1996; Чернобыльская катастрофа..., 2001). Результаты этих исследований, признанных международными комиссиями, подтвердили первоначальные выводы о том, что рост заболеваемости и смертности от радиационного воздействия после аварии оказался значительно ниже ожидаемого. Дополнительно к тем, кто погиб вскоре после аварии от ожогов и лучевой болезни, добавилось не более нескольких сотен человек, для которых достоверно можно считать возникшие онкологические заболевания вызванными непосредственно переоблучением.

Онкологические заболевания ликвидаторов. Установлена повышенная заболеваемость лейкозами среди ликвидаторов. У них выявлено 145 лейкозов, из которых 50 обусловлены радиационным фактором.

- С 1986 по 1989 г. не наблюдалось увеличения заболеваемости ликвидаторов лейкозами. Регистрировалось около 5–7 заболевших на 100 тыс. человек в год, что соответствует данным статистической отчетности по онкозаболеваемости стандартизованного по возрасту мужского населения страны.
- С 1992 по 1995 г., т.е. после окончания латентного (скрытого) периода в индукции радиогенных лейкозов, было зарегистрировано примерно *двойное* увеличение частоты заболеваемости ликвидаторов лейкозами над ожидаемым (спонтанным) уровнем.
- С 1996 по 2000 г. частота вновь выявленной заболеваемости лейкозами среди ликвидаторов постоянно уменьшалась и приблизилась к ожидаемому (спонтанному) уровню.

Смертность среди ликвидаторов. За 15 лет ушли из жизни более 10 тыс. ликвидаторов, проживающих в России. В то же время демографическая ситуация в России стала весьма тревожной, смертность мужского населения в возрастной группе 40–50 лет (к этой возрастной группе относится большинство ликвидаторов) выросла почти на 70%. В этих условиях показатель смертности ликвидаторов от всех причин, включая онкологические заболевания, не превышает аналогичного показателя для мужского населения страны.

Общая заболеваемость взрослого населения, проживающего на загрязненных территориях, достоверно превышает средние по стране показатели, при том что

структура заболеваемости и темпы ее роста аналогичны. Преобладают болезни органов дыхания — 20,1%, системы кровообращения — 12,1, органов чувств — 11,0% (http://www.ibrae.ac.ru/russian/15let_text.html).

Значительно меньший, чем предполагалось первоначально, негативный эффект чернобыльской катастрофы на людей и окружающую среду можно объяснить тремя основными причинами.

Во-первых, ко времени катастрофы еще не было достаточных сведений о реальных последствиях масштабного радиационного воздействия на людей. Предельно допустимые нормы всегда должны быть установлены ниже реально опасного уровня. Поэтому прогноз оказывается жестче реальности.

Во-вторых, реакция организма на стрессовые воздействия во многом зависит от индивидуальных особенностей самого человека: состояния его здоровья, специфики психики, выносливости. Поэтому наряду с удивительными примерами “живучести” людей, получивших значительные дозы, можно привести и другие примеры, когда ликвидаторы или научно-исследовательский персонал, подвергшиеся незначительному облучению, заболели и умирали через какое-то время.

В-третьих, решительные меры, предпринятые государством для предотвращения радиационного облучения населения на загрязненных территориях, безусловно, помогли спасти многих и избежать значительно худших последствий чернобыльской катастрофы.

Тем не менее не надо забывать, что в целом за последние полвека — с начала “атомной эры” в научно-техническом прогрессе — радиационный фон возрос по вине самого человечества: из-за испытаний ядерного оружия, поступления радиоактивных отходов в окружающую среду, различных аварий на атомных реакторах, все увеличивающегося сжигания ископаемого топлива, содержащего в виде примесей радионуклиды, и т.д. И хотя смертность от радиационного облучения несравнимо меньше, чем от других причин, таких, как дорожно-транспортные происшествия, аварии самолетов и несчастные случаи на производстве, нельзя допустить, чтобы источников ионизирующего излучения становилось постепенно все больше, так как этот процесс в конце концов может привести к необратимым последствиям для всего человечества.

Выводы

1. Электромагнитное излучение стало новым и сильным фактором воздействия на живую природу в течение XX в. Наиболее опасно ионизирующее излучение, источником которого стали

специально сконцентрированные радиоактивные элементы, используемые как в военных, так и в мирных целях.

2. В то же время источником ионизирующего излучения может стать и природный газ радон в том случае, если он накапливается в помещениях.

3. По мере накопления потенциала ядерного оружия и знаний о последствиях его применения ученые поняли, что применение ядерных зарядов в военных целях может обернуться глобальной катастрофой, в которой пострадают все и не будет выигравшей стороны. Наступил период ослабления “холодной войны” и гонки ядерного вооружения.

4. Испытания ядерного оружия в 50–60-х годах XX в. привели к заметному повышению радиационного фона, содержанию радиоактивных элементов в некоторых пищевых продуктах. Благодаря заключению Конвенции о запрете испытаний на поверхности суши, в атмосфере и космосе радиационная обстановка постепенно нормализовалась.

5. Со временем выяснилось, что и атомные электростанции не столь безопасны, как предполагали. Ряд аварий на АЭС в разных странах и особенно мощная авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. продемонстрировали всему миру, что это направление энергетики еще не может гарантировать человечеству безопасность, а последствия ядерной аварии могут быть катастрофичными.

6. До сих пор не окончательно решена проблема утилизации ядерных отходов. Очевидно, что чернобыльская катастрофа заставила отнестись к развитию ядерной энергетики со значительно большей ответственностью, что привело к пересмотру ранее разработанных планов приоритетного развития этого сектора экономики с целью перехода в выработке электроэнергии от ТЭС к АЭС.



ЭКОПОЛИТИКА: ПУТИ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА¹

Основные вопросы

1. *Что такое экологическая политика, что она в себя включает?*
2. *Какими способами можно предотвратить экологический кризис и исправить ошибки недальновидного природопользования, подрывающего устойчивость биосферы и негативно влияющего на здоровье людей?*
3. *Как соотносятся между собой организационные, правовые и экономические меры, направленные на обеспечение рационального природопользования и экологической безопасности?*
4. *Какие государственные учреждения уполномочены в России заниматься регулированием природопользования, контролем за состоянием окружающей среды, здоровья населения, экологической безопасности?*
5. *Какие главные этапы можно выделить в развитии экополитики?*
6. *Что представляет собой экологический мониторинг?*
7. *Что такое кадастры и зачем их составляют?*
8. *Как осуществляется экологическая экспертиза?*
9. *Чем экспертиза отличается от аудита?*
10. *Кто осуществляет оценку воздействия проектов на окружающую среду?*
11. *Имеет ли право население участвовать в проведении экологической экспертизы?*
12. *Какую роль играют в решении экологических проблем международные стандарты?*

Всего лишь несколько десятилетий тому назад современная озабоченность по поводу возможных трагических последствий для всей планеты интенсивного экономического развития человечества мало у кого вызвала бы понимание и сочувствие. Тогда каза-

¹ Глава написана по материалам статьи Марфенина, Фомина (2003).

лось, что человеческие силы ничтожны по сравнению с природными. Однако быстрый рост численности народонаселения мира в сочетании с возрастающим индивидуальным потреблением и взлетом научно-технических возможностей человечества с каждым десятилетием стал прояснять контуры надвигающейся экологической катастрофы.

В течение всего XX в., по мере проявления разнообразных негативных последствий безответственного природопользования, возникали специальные ведомства, принимались разрозненные законы, вводились отдельные нормативные ограничения, которые мало были связаны между собой, а потому не представляли целостной системы предупредительных и регулирующих мер. Лишь в последней четверти ушедшего столетия стало ясно, что надо не исправлять части исторически установившегося стиля государственного управления в отношении природопользования, а менять в целом его основные принципы, включив в них ответственность за здоровье людей, сохранение благоприятной окружающей среды и стабильность биосферы. События последнего десятилетия показали, что, начав преобразования в этом направлении, мировое сообщество вынуждено решать грандиозную по сложности и противоречивости задачу, не имеющую себе равных в истории человечества.

История разрозненных усилий по снижению неблагоприятных последствий антропогенной деятельности. Параллелизм структур

Упорядочение хозяйственной деятельности людей происходило неравномерно и часто бессистемно, по мере вызревания новых противоречий. К числу самых первых регуляций относится *право на землю* со всеми ее ресурсами, которое оформлялось по мере перехода народов от первобытного уклада кочевников и собирателей к оседлому образу жизни. Социальное расслоение общества способствовало возрастанию контроля собственников земли за использованием ее ресурсов: рубкой леса, животноводством, возделыванием пашни, добычей полезных ископаемых. Но этот контроль не предполагал сохранения ресурсов на многие века, а лишь определял права собственника на свою долю от дохода, получаемого от распродажи “природных кладовых”.

Лесопользование и охота — старейшие области регламентированного природопользования. О развитии системы потребления

лесных ресурсов см. гл. 10. *Регуляция охоты* развивалась в тот же исторический период, предшествовавший индустриализации. Тогда возникла практика контроля охотничьего промысла и состояния охотничьих угодий. В XVII в. пушнина давала казне России треть государственного бюджета. С 1697 г. была введена государственная монополия на скупку ценной пушнины. В XVIII в. вышел ряд указов, ограничивающих права крестьян на охоту в центральных губерниях и запрещающих частным лицам охотиться под Москвой, Петербургом, Петергофом. К началу XX в. получила развитие любительская охота, а вместе с ней и первые общества охотников, например в 1916 г. Общество изучения и упорядочения охотничьего дела в России. В 1920 г. состоялся I съезд Всероссийского союза охотников, а на следующий год — второй съезд, на котором были приняты Правила производства охоты, ее сроков и способы. В 1930 г. было утверждено Положение об охотничьем хозяйстве РСФСР, в соответствии с которым выделялись специальные охотничьи угодья: С 1957 г. происходит становление современных форм ведения охотничьих хозяйств.

Регуляция рыбной ловли значительно отставала от нормирования охоты. Первые правила, определяющие сроки рыбалки в реках и озерах, появились в СССР лишь в середине XX в., а нормирование вылова морской рыбы — лишь в последнюю треть XX в. после того, как многие страны ввели 200-мильную исключительную экономическую зону вдоль своего морского побережья. Только тогда в России стали выдавать разрешение на лов рыбы в своей экономической зоне и на шельфе, определять квоты на вылов и ориентировочные допустимые уловы.

Регулирование рыболовства с 1930 г. стало обязанностью Всесоюзного объединения рыбной промышленности и хозяйства — Союзрыбы Наркомторга СССР (позже неоднократно преобразованного), а с 1965 по 1991 г. — Министерства рыбного хозяйства СССР. В советский период был создан колоссальный рыболовецкий флот. Министерству подчинялись региональные центры морского рыболовства, расположенные в Мурманске, Калининграде, Севастополе и Владивостоке. Промысел рыбы осуществляли во всех продуктивных зонах Мирового океана. Это было поставлено на научную и индустриальную основу. Научно-исследовательские институты были заняты изучением биологии и экологии рыб, состоянием их пищевой базы — планктона. Специальные суда с помощью эхолотов вели рыбопромысловую разведку. Рыболовецкие флотилии уходили в море на несколько месяцев. В их состав входили не только траулеры, но и огромные корабли, на которых рыба перерабатывалась. Береговые службы обеспечивали сопровожде-

ние судов, организовывали для них дозаправку топливом и продуктами, осуществляли с ними регулярную связь. Со временем к этим обязанностям прибавилась и забота о рациональном использовании других морских живых ресурсов. Все значимее стали вопросы определения квот на вылов морепродуктов и проверки выполнения судами полученных ими лицензий.

Заповедники и национальные парки. С первой трети XX в. происходило становление системы особо охраняемых природных территорий. Первый заповедник (Баргузинский) в России был учрежден в 1916 г. на Байкале. После 1919 г. последовала серия указов об учреждении новых заповедников. Для организации их деятельности была создана специальная государственная служба, которая долгое время входила в состав Министерства сельского хозяйства СССР.

В европейских странах уже почти не оставалось не тронутых человеком обширных земель, и поэтому заповедовать было фактически нечего. Там использовали опыт США, где с 1872 г. стали учреждать национальные парки — охраняемые территории, доступные для посещения туристами. Но и они сыграли важную роль в сохранении дикой природы на континенте.

Природоохранные организации. В конце XIX — начале XX в. стали появляться общественные природоохранные организации. В США первым было общество “Одюбон Сосайти” по изучению и охране птиц, созданное в 1886 г. в честь художника пейзажиста и анималиста Джона Одюбона. Вскоре был основан “Сьерра Клуб”, для того чтобы отстоять границы таких уникальных национальных парков, как Йеллоустонский. Его возглавил знаменитый энтузиаст охраны природы Джон Мюир. Затем стали появляться и другие общественные организации. В 1924 г. в России возникло Всероссийское общество охраны природы, которое долгое время оставалось единственной неправительственной природоохранной организацией в нашей стране.

Санитарно-эпидемиологическая служба. В конце XIX в. для охраны здоровья населения от распространения инфекционных заболеваний стали создавать санитарные организации — медико-статистические бюро (позже санитарные бюро), которые прежде всего занимались медицинским учетом и статистикой. В 1922 г. декретом Совнаркома была создана Санитарно-эпидемиологическая служба. В конце 20-х годов появились санитарно-эпидемиологические станции (СЭС), деятельность которых была направлена на борьбу с инфекционными и паразитарными заболеваниями. На базе СЭС, а также поликлиник и больниц была развернута масштабная просветительная кампания по обучению населения

санитарно-гигиеническим нормам поведения в быту. В 1933 г. была создана Государственная санитарная инспекция. С 1954 г. в состав СЭС вошли противомаларийные, бактериологические и другие лаборатории. С 1963 г. система СЭС была преобразована в Государственный санитарный надзор, а с 1996 г. — в Государственную санитарно-эпидемиологическую службу, которая в наше время подчиняется Министерству здравоохранения и социального развития. В последние десятилетия круг обязанностей СЭС (ЦСЭН) расширился, включив и такие “экологические” вопросы, как проверка содержания в продуктах питания остаточных веществ от применения минеральных удобрений и пестицидов; измерение уровня радиоактивности в ягодах и грибах; содержание в воздухе жилищ опасных для здоровья человека веществ (формальдегид, фенолы, бенз(а)пирены и др.), образующихся в результате использования мебели из древесно-стружечных плит или при сжигании природного газа в кухонных плитах. Возникло самостоятельное направление гигиены — “экология человека”, выходящее далеко за пределы образовавшей ее науки.

Техника безопасности и охрана труда. Вопросами экологии человека вынуждены были заниматься и отделы охраны труда, которые были созданы в СССР на производствах в 1930-е годы. Они подчинялись Всесоюзному центральному совету профессиональных союзов (ВЦСПС). Благодаря их деятельности удалось не только значительно снизить производственный травматизм, но и контролировать соблюдение правил санитарной безопасности в производственных помещениях: уровень их загрязнения химическими веществами, электромагнитного излучения, уровни радиационного фона, шума и др.

Экологический мониторинг. В связи с быстрым ростом в послевоенное время (1950–1960 гг.) загрязнения воздуха, воды и почвы возникла новая задача — осуществление регулярного измерения содержания некоторых химических веществ в окружающей среде. Эту обязанность ведения экологического мониторинга в 1972 г. возложили на Государственный комитет по гидрометеорологии, у которого к тому времени уже была развитая сеть гидрометеостанций, своя система оперативной обработки информации и даже свои учебные заведения для подготовки собственных специалистов.

Список учреждений и ведомств, причастных к решению экологических проблем, можно было бы продолжить. Исторически они возникали по мере появления новых проблем и, как правило, были мало связаны друг с другом — подчинялись различным министерствам и государственным комитетам, подчас находились на различных ступенях иерархической административной лест-

ницы. Взаимодействие между ними было осложнено межведомственными барьерами и противоречиями. Каждое из них было склонно списать свои промахи и недоработки на другие параллельные структуры. Никакого единства, а тем более целостной государственной политики в таких условиях быть не могло. Эта ситуация была типична для всех стран.

Общегосударственная координация охраны окружающей среды. Лишь в 1970 г. в США было учреждено Агентство по охране окружающей среды (Environmental Protection Agency). В 1970–1980-е годы в большинстве других развитых стран были образованы подобные головные государственные структуры для координации и решения всех проблем, связанных с охраной окружающей среды и экологической безопасностью. В СССР им стал Государственный комитет по охране природы, созданный в январе 1988 г. и вскоре преобразованный в Минприроды СССР. В Российской Федерации природоохранный орган — Госкомприрода РСФСР — был создан в 1989 г., после чего он претерпел ряд реорганизаций: в Министерство экологии и природных ресурсов (Минэкологии, 1991 г.), в Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов (Минприроды, 1992 г.), в Государственный комитет по охране окружающей среды (Госкомэкологии, 1996 г.) — и после объединения последнего с Министерством природных ресурсов (МПР, 2000 г.) существует под этим названием.

Постепенно возникала и развивалась *законодательная база* в области регулирования природопользования, охраны окружающей среды и экологической безопасности. Принимаемые по мере необходимости законы, указы Президента и постановления Правительства формировали то правовое пространство, в котором становилось возможным все более последовательное решение, а главное — предотвращение экологических проблем.

Этапы становления экологической политики

Формирование идеологии и методов экологической политики происходило постепенно. Условно для западных стран выделяют три этапа. Они в общем виде соответствуют и нашей стране, но с некоторым запозданием.

На *первом, начальном этапе* (1970–1983 гг.) ведущими принципами экологической политики были:

- “*загрязнитель платит*” — загрязнитель ответственен за компенсацию наносимого окружающей природной среде ущерба и покрытие соответствующих затрат;

- *неухудшение существующего качества* природной среды;
- *блокирование* (недопущение распространения) *загрязнения*;
- *контроль* в местах возникновения загрязнения;
- *использование наилучшей из возможных технологий*;
- *избежание “необязательных” форм* загрязнения.

В то время усилия по государственному регулированию антропогенного воздействия на окружающую среду было в основном сосредоточено на сельском хозяйстве, промышленности и транспорте. Основными инструментами экологической политики были *эмиссионные стандарты* и *специальные разрешения*. Эмиссионные стандарты — это устанавливаемые в государстве предельно допустимые воздействия на окружающую среду (например, уплотнение почвы) или предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ. Специальные разрешения, или лицензии, выдавали предприятиям на выброс загрязняющих веществ. В большинстве развитых стран тогда были образованы специальные органы экологического управления на разных уровнях. В СССР большое значение имели задания государственного плана, изложенные в разделе “Природные ресурсы и охрана окружающей среды”. Единое контролирующее ведомство было создано в нашей стране в 1988 г. Механизм регулирования в то время был во всех странах преимущественно *административно-контрольным* с принятием основных решений сверху вниз, без учета мнения и интересов основных предпринимателей (природопользователей).

Однако этих мер оказалось недостаточно, так как осталась возможность перенесения экологических проблем из одной области в другую как следствие внутренней несогласованности экологического законодательства и принятых процедур его реализации, а виновники загрязнения — государственные предприятия — оказались в стороне от активного поиска средств эффективного снижения антропогенного пресса на природу.

На *втором этапе* (1984–1989 гг.) благодаря высокой общественной активности в развитых странах область экологических интересов была существенно расширена. Учеными было привлечено внимание к глобальным экологическим проблемам, таким, как кислотные дожди, истощение озонового слоя атмосферы, сохранение биоразнообразия, а также к нерешенным на первом этапе вопросам (размещение и утилизация отходов, включая токсичные; эвтрофикация почвы и водоемов вследствие избыточного поступления фосфора; шумовое загрязнение; соблюдение стандартов безопасности для здоровья людей). В этот период накапливался опыт проведения “экологических” переговоров и заключения

соглашений между правительством и частными предприятиями. В России этот этап растянулся на два десятилетия и не завершен до сих пор.

На *третьем этапе* (1990–1999 гг.) за рубежом были решены задачи повышения уровня экоэффективности путем сокращения выбросов загрязнений на 70–90%, стабилизации уровня использования энергетических ресурсов и выбросов CO₂, увеличения доли вторичного использования материалов до 75% и др. Для этого планировалось внедрение малоотходных и ресурсосберегающих технологий. В этот период происходило формирование более открытого и демократичного стиля управления в экологической сфере. Широкие полномочия были предоставлены региональным и местным властям, а также частным предприятиям, которые могли самостоятельно определять сроки достижения целевых показателей. России еще только предстоит пройти этот этап.

К настоящему времени в нашей стране уже создан мощный аппарат административного обеспечения рационального, устойчивого и безопасного природопользования. И за рубежом, и в нашей стране накоплен большой опыт увеличения эффективности экологического управления. Появилась задача объединения всех имеющихся средств для создания единой и логичной системы природопользования, отвечающей современным требованиям сохранения стабильности биосферы и устойчивого бескризисного развития человечества. То, что возникало стихийно по мере острой необходимости и существовало в противоречии с другими принимаемыми мерами, должно быть трансформировано в целостный и эффективный механизм “экологической политики”, соответствующий изменившимся представлениям о нормах хозяйственной деятельности, не нарушающий природного равновесия.

Что означает “экологическая политика”?

Под *экологической политикой* мы понимаем всю совокупность мер, используемых для обеспечения долгосрочной экологической безопасности с учетом экономических возможностей и социальных потребностей общества. Это определение не единственное и не общепринятое. Один из крупнейших российских экологов Н.Ф. Реймерс более 10 лет назад выделял две области в сфере экополитики: 1) *глобальную* — проведение международно-правовых, политических и внешнеэкономических акций с учетом экологических ограничений в социально-экономическом развитии, а также запасов мировых природных ресурсов и их распределения между странами; 2) *государственную* — социально-экономическую,

построенную на понимании позитивных и негативных факторов, связанных с экологическим состоянием территории, акватории и воздушного пространства страны и имеющихся в их пределах природных ресурсов.

В настоящее время формируются еще две сферы, или уровни, экополитики — *территориальная* (в том числе муниципальная) и *локальная*.

Согласно Конституции, в ведении Российской Федерации находится установление основ федеральной политики и федеральные программы в области экологического развития страны, а правительство обеспечивает проведение единой государственной политики в области экологии. Таким образом, отечественное законодательство предусматривает существование *федеральной экологической политики*.

Фундаментальные основы экологической политики

Современная государственная экологическая политика должна быть направлена на предотвращение возможных кризисов, а не только на преодоление уже возникших. Появление новых экологических проблем почти во всех случаях можно предсказать. Неумеренное истребление природных ресурсов закономерно приближает момент их исчерпания; загрязнение окружающей среды должно раньше или позже негативно сказаться на состоянии экосистем и здоровье людей; сокращение биологического разнообразия приводит к невосполнимой утрате уникальных генотипов и т.д. Для того чтобы избежать нежелательных последствий хозяйственной деятельности, необходимо подчинить ее объективным ограничениям, определяемым “емкостью” биосферы, а значит, в основу экологической политики следует поместить:

- содействие восстановлению ресурсов или по крайней мере предельно экономному их использованию (за счет более полного использования или перехода на другие, в основном возобновимые ресурсы);
- жесткие нормы предельного уровня загрязнения окружающей среды, что должно способствовать разработке и внедрению более экологически эффективных технологий, изъятию опасных веществ из отходов или переходу на производство альтернативных продуктов;
- охрану редких экосистем и видов, устанавливая достаточную меру ответственности за нарушение режима охраны.

Это означает, что сохранение стабильности биосферы, природного разнообразия и здоровья людей не осуществится само собой, а требует интеллектуальных, трудовых и финансовых затрат.

Не нарушать природного равновесия современное человечество может, только хорошо представляя *закономерности функционирования биосферы*, определяя *емкость экосистем*, устанавливая *нормы допустимого воздействия* на экосистемы. Для этого необходимы научные исследования, опирающиеся на фундамент знаний, собранных учеными за долгие годы. Быстрый ответ на практически важные вопросы можно получить лишь при наличии солидной базы фундаментальных исследований. Глубинные закономерности изучают на наиболее удобных объектах, которые часто не имеют прикладного значения, и поэтому такие исследования не могут себя окупить последующей продажей результатов. Финансирование фундаментальной науки, способной заложить основы разработки новых технологий, предполагает сознательное перераспределение средств в бюджете государства в пользу расходов, не связанных с быстрым ростом материального благосостояния населения, но обеспечивающих его благополучие и снижение риска неблагоприятных экологических последствий или даже катаклизмов.

Естественно, что подобное решение требует достаточно высокой культуры населения, которое должно уметь соотнести с ясными материальными ценностями более сложные и важные в перспективе ценности: сохранение здоровья, благоприятной и стабильной окружающей среды; увеличение безопасности жизнедеятельности и т.д. Рост культуры обеспечивается образованием и утверждением морально-этических норм жизни. Упрощение образовательных программ через поколение породит невосприимчивое население непростых рекомендаций ученых. Обсуждаемая в настоящее время реформа образования в средней школе явно не учитывает этой опасности.

Распространение *морально-этических* норм жизни позволяет своевременно и глубоко оценить степень взаимозависимости людей, предостеречь от разрушительных последствий избыточной личной свободы, используемой для удовлетворения собственных потребностей. Чем меньше общество обсуждает возможные отдаленные результаты примитивной индивидуализации, тем сложнее добиться солидарности и взаимопонимания, что ведет к дезинтеграции социума.

Трудовые затраты, в том числе неоплачиваемые, играют огромную роль в самосовершенствовании общества. Чем энергичнее и

созидательное общество использует свободное время и неоплачиваемый добровольный труд, тем значительнее плоды его труда и величественнее прогресс всего государства. Поэтому *устойчивое развитие человечества немыслимо без расчета на трудовые затраты населения*, добровольно направляемые людьми на достижение коллективной экологической безопасности вопреки ее затратному характеру.

Если недостаток фундаментальных исследований в стране еще можно компенсировать за счет достижений всей мировой науки, то невысокую общую культуру населения и непонимание им приоритетных задач экологической безопасности восполнить за счет опыта других стран невозможно. Поэтому необходимо следить за своевременным обсуждением в обществе целесообразности долгосрочных программ и заблаговременно распространять в доступной форме аргументацию в пользу поддержки подобных мероприятий. Не случайно еще в 1977 г. на Международной конференции по экологическому образованию в Тбилиси было признано, что среди всех направлений природоохранной деятельности, безусловно, первым и главным должно быть просвещение всех социальных и возрастных групп населения, что было положено позже в основу представлений о *“непрерывном экологическом образовании”*.

Крупномасштабный, комплексный и долгосрочный характер целей экологической политики требует глубоко продуманного планирования с определением очередности решения поставленных самой жизнью задач. Прошло то время, когда экологические проблемы можно было решать разрозненно, не увязывая их друг с другом и не координируя международных усилий. В 1992 г. на Международном форуме в Рио-де-Жанейро была принята *“Повестка дня на XXI век”*, в которой сформулированы основные задачи глобального переустройства мирового сообщества с учетом экологического императива. Спустя 10 лет на Всемирном форуме в Йоханнесбурге была принята *“Программа действий”*, в которой определены приоритеты на ближайшие 20 лет и указаны сроки осуществления некоторых пунктов этой программы.

Таким образом, мировое сообщество последовательно приближается к более высокому уровню планирования своих согласованных действий в области охраны окружающей среды и сохранения социальной и экономической устойчивости.

Определяя главные и посильные цели дальнейшего совершенствования мирового порядка, ООН стремится помочь информационно, но одновременно ожидает от государств собственных активных действий, в частности разработки национальных планов и программ решения экологических и социальных проблем.

Из исторического опыта ряда стран следует, что в *первую* очередь требуется решить проблемы загрязнения воздуха, воды и почвы, упорядочить использование природных ресурсов, наладить эффективный контроль за состоянием окружающей среды. Во *вторую* очередь попадают задачи планомерной замены старых технологий на новые — малоотходные и ресурсосберегающие. В *третью* очередь — рекультивация ранее нарушенных земель, а также развитие средств рационального использования неисчерпаемых (например, солнечная энергия) и возобновимых ресурсов. Параллельно должна происходить разработка и совершенствование соответствующего законодательства и других нормативных документов.

В пределах каждой очереди устанавливают последовательность действий, так как одновременно решить все задачи оказывается непосильным даже для стран с мощной экономикой. В США в конце 60 — начале 70-х годов XX в. основной упор был сделан на скорейшее снижение загрязнения воздуха, затем вод и т.д. Выбор приоритетов в экологической политике затрагивает интересы разных групп населения: горожан, крестьян или жителей разных регионов. Поэтому принятие плана действий, в котором одни области оказываются в очереди первыми, а другие — последними — непростой процесс, требующий 1) ясной аргументации, 2) демократической формы принятия решения, 3) распределения усилий так, чтобы все стороны имели возможность внести свой посильный вклад и тем самым приблизить решение наиболее важных для них экологических, социальных и экономических проблем.

Принципиально важной фундаментальной основой эффективности экологической политики является *открытость информации*, связанной с потенциально опасным воздействием на окружающую среду и человека. Это положение неоднократно обсуждалось на международных форумах и в 1998 г. было представлено в Орхусской конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды.

Национальная экологическая политика Российской Федерации все еще находится на стадии формирования. Слабое развитие в России государственной программы поэтапного решения основных экологических проблем — ее серьезный изъян, свидетельствующий об отсутствии у правительства возможности перейти от авральному стилю управления страной к предупредительному планированию. Без принятия ответственного и достаточно детального долгосрочного национального плана действий по окружающей среде любые отдельные достижения в области обеспечения экологической безопасности будут ненадежны.

Главные составляющие экологической политики

Разработка экологической политики государства должна происходить в режиме продуктивного обсуждения предложений и рекомендаций правительством, парламентом и общественностью.

В России более 20 властных структур имеют отношение к решению экологических проблем (табл. 20.1). Как следует из представленной схемы (табл. 20.2), их структурное взаимодействие затруднено, при этом отсутствует объединяющий орган, ответственный за разработку и последующую корректировку экологической политики.

Таблица 20.1

**Основные государственные органы исполнительной власти в области
экологического управления в России в 2005 г.**

(Фомин, 2005)

Органы комплексного экологического управления	
МПР	Министерство <i>природных ресурсов</i> Российской Федерации (МПР России)
МСХ	Министерство <i>сельского хозяйства</i> Российской Федерации (Минсельхоз России)
МЗСР	Министерство <i>здравоохранения</i> и социального развития Российской Федерации (Минздравсоцразвития России)
МЧС	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, <i>чрезвычайным ситуациям</i> и ликвидации последствий <i>стихийных бедствий</i> (МЧС России)
Органы отраслевого экологического управления	
АВР МПР	Федеральное агентство <i>водных ресурсов</i> (Росводресурсы) в ведении МПР России
АЛХ МПР	Федеральное агентство <i>лесного хозяйства</i> (Рослесхоз) в ведении МПР России
АНП МПР	Федеральное агентство по <i>недропользованию</i> (Роснедра) в ведении МПР России
АР МСХ	Федеральное агентство по <i>рыболовству</i> (Росрыболовство) в ведении МСХ России
АСХ МСХ	Федеральное агентство по <i>сельскому хозяйству</i> (Россельхоз) в ведении МСХ России
АКН МЭР	Федеральное агентство <i>кадастра</i> объектов недвижимости (Роснедвижимость) в ведении Минэкономразвития и торговли России

Окончание табл. 20.1

АГК МТ	Федеральное агентство геодезии и картографии (Роскартография) в ведении Минтранса России
АСЖКХ МР	Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Росстрой) в ведении Минрегионразвития России
ФМБА МЗСР	Федеральное медико-биологическое агентство (ФМБА России) в ведении Минздравсоцразвития России
Органы функционального экологического управления	
РГМ	Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)
РТН	Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор)
РПН МПР	Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор) в ведении МПР России
РСХН МСХ	Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) в ведении Минсельхоза России
РСЭН МЗ	Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) в ведении МЗСР РФ
РС МЭР	Федеральная служба государственной статистики (Росстат) в ведении Минэкономразвития
РТР МПЭ	Федеральная служба по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование) в ведении Минпромэнерго России
ФСБ	Федеральная служба безопасности Российской Федерации (ФСБ России)
МВД	Министерство внутренних дел Российской Федерации (МВД России)
МОН	Министерство образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России)

В парламенте вопросы экологического управления рассматриваются главным образом в двух комитетах Государственной думы — Комитете по природным ресурсам и природопользованию и Комитете по экологии. Оба комитета представляют проекты законов, но не занимаются разработкой единой многосторонней программы экологической политики, хотя опыт рассмотрения

**Примерное распределение отраслевых и функциональных полномочий
в области экологического
(Фомин,**

Госорганы	Природные объекты и комплексы,			
Главные функции экологического управления	<i>КШ, ИЭЗ</i>	<i>ООПТ и др. эко- системы</i>	<i>Земли и почвы</i>	<i>Недра</i>
Выработка экополи- тики и правовое ре- гулирование	МПР	МПР	МЭР, МСХ	МПР
Координация и кон- троль деятельности агентств и служб	МПР, РПН	МПР, РПН	МЭР, МСХ, РСХН	МПР, РПН, РТН
Контроль и надзор в установленной сфере	РПН, РТН	РПН	РСХН, РСЭН	РТН, РПН
Управление госиму- ществом и оказание гос. услуг	АНП, АР	МПР	АКН и др. ФА (по видам земель)	АНП
Экологическое плани- рование	МПР, АНП, АР	МПР	МЭР, МСХ, АКН,	МПР, АНП
Экологическое нор- мирование и стан- дартизация	МПР, РТН, РТР	МПР, РПН	МЭР, МСХ, РСЭН, РСХН, РТР	МПР, РТН, РТР
Экологическая экспертиза	РПН, РТН	РПН	РПН, РТН	РПН, РТН
Экологическое ли- цензирование, кво- тирование и разре- шения	РПН, РТН		РСХН	РТН
Экологическая сер- тификация			РПН, РСХН, РСЭН	
Мониторинг окру- жающей среды (Экомониторинг)	РГМ, РПН, АНП, АР	РГМ, РПН	РСЭН, РСХН	АНП, РТН

Таблица 20.2

и компетенций между федеральными органами исполнительной власти России управления в 2005 г.

2005)

подлежащие экологическому управлению

<i>Воды</i>	<i>Леса и др. флора</i>	<i>Животный мир (фауна)</i>	<i>Генофонд и микрофлора</i>	<i>Атмосфера и озоновый слой</i>	<i>Зоны ЧЭС и ЭБ</i>
МПР	МПР	МПР, МСХ	МПР, МЗСР, МСХ	МПР, РГМ	МПР, МЧС
МПР, РПН	МПР, РПН	МПР, МСХ, РПН, РСХН	МПР, МЗСР, МСХ, РПН, РСН, РСХН	МПР, РТН	МПР, МЧС
РПН, РТН	РПН, РСХН	РПН, РСХН	РПН, РСН, РСХН	МПР, РТН	МПР, МЧС, РТН
АВР	АЛХ	АР, АСХ	ФМБА, АСХ	РГМ, РТН	МЧС
МПР, АВР	МПР, АЛХ	МПР, МСХ, АР, АСХ	МПР, МЗСР, МСХ	МПР, РГМ	МПР, МЧС
МПР, РСЭН, РТН, РТР	МПР, РПН, РТР	МПР, МСХ, РПН, РСХН	МПР, МЗСР, МСХ, РПН, РСЭН, РСХН	МПР, РТН, РТР	МПР, МЧС, РТН, РТР
РПН, РТН	РПН	РПН	РСЭН, РСХН	РТН	РТН
РПН	РПН	РПН, РСХН	МЗ		
РПН, РСЭН	РПН			РТН	
РГМ, РПН, РСЭН, АВР, АР	АЛХ, РПН	РПН, РСХН, АСХ	РСЭН, РСХН, ФМБА, АСХ	РГМ, РТН	МЧС, РТН

Госорганы	Природные объекты и комплексы,			
Экологический учет (кадастры, реестры, регистры объектов и ресурсов, ГИС)	АНП, АР	РПН	АКН, АСХ	АНП
Экономические меры (налоги, платежи, сборы, акцизы, взыскания за ущерб и т.д.)	ФНС и др. соответствующие органы	ФНС и др. соответствующие органы	ФНС и др. соответствующие органы	ФНС и др. соответствующие органы
Меры эколого-правовой ответственности	МВД, РПН, РТН	МВД, РПН, РТН	МВД, РПН, РТН	МВД, РПН, РТН
Экологическое образование (в т.ч. переподготовка и ПК)	МПР, МОН и др. органы	МПР, МОН и др. органы	МПР, МОН и др. органы	МПР, МОН и др. органы

Примечание: расшифровку условных

отдельных долгосрочных федеральных целевых программ (например, ФЦП “Отходы”, “Экологическая безопасность России” и др.) у них имеется.

Со стороны общественности в разработке государственной экологической политики принимают участие опытные организации, такие, как Центр экологической политики (<http://www.ecopolicy.ru>), Всероссийское общество охраны природы, Международный социально-экологический союз (<http://www.seu.ru>), “Эко-Согласие” (<http://www.ecoaccord.cis.lead.org>), Российское представительство WWF (Всемирного фонда дикой природы) (<http://www.wwf.ru>), но на сегодняшний день этого недостаточно. Необходимо широкое участие и ряда других многопрофильных экологических организаций.

Таким образом, основные составляющие, необходимые для разработки государственной экологической политики, включающей стратегию, план и программу действий, в настоящее время имеются. Однако их взаимодействие до сих пор не налажено.

Россия опасно отстает в этом отношении от многих стран и недостаточно активно выполняет рекомендации мирового сообщества, сформулированные в 1992 г. на конференции в Рио-де-

Окончание табл. 20.2

подлежащие экологическому управлению					
АВР, РТН	АЛХ	АСХ, РПН	ФМБА, АСХ	РГМ, РТН	МЧС, РТН
ФНС и др. соответствующие органы	ФНС и др. соответствующие органы	ФНС и др. соответствующие органы	ФНС и др. соответствующие органы	ФНС и др. соответствующие органы	ФНС и др. соответствующие органы
МВД, РПН, РТН	МВД, РПН, РТН	МВД, РПН, РТН	МВД, РПН, РТН	МВД, РПН, РТН	МВД, РПН, РТН
МПР, МОН и др. органы	МПР, МОН и др. органы	МПР, МОН и др. органы	МПР, МОН и др. органы	МПР, МОН и др. органы	МПР, МОН и др. органы

сокращений см. в табл. 20.1.

Жанейро. Учитывая эти рекомендации, Президентом России были подписаны соответствующие указы. Проводилась и некоторая практическая работа в этом направлении. Однако даже к Всемирному форуму 2002 г. в Йоханнесбурге, рассматривавшему результаты осуществления подобных стратегических программ различными государствами, Россией был подготовлен лишь формальный документ.

Основные инструменты экологической политики

К началу XXI в. в практической сфере накопилось много эффективных приемов рационального экологического управления с использованием организационных, экономических и правовых механизмов, в упрощенной форме представленных в табл. 20.3, где различные “инструменты” экологической политики ранжированы по формальным признакам: I — информационные, II — предупредительные и III — принудительные меры. Поэтому последовательность их применения и взаимодействие необходимо пояснить.

Таблица 20.3

Применяемые (выделены серым фоном) и перспективные методы экологической политики и средства экологического управления
(Марфенин, Фомин, 2003)

Информационно-идеологические	Предупредительные методы				Принудительные	
	административные		финансово-экономические стимулы (средства)	экономические меры взъясания и изъятия (средства)	меры пресечения и ответственности (средства)	
	административно-правовые средства	административно-контрольные средства				
экологический учет, статистика кадастры, реестры и т.д.						
мониторинг ОС (экомониторинг)	экологическое законон и др. акты	экологический контроль	экологические инвестиции	экологические налоги	запреты вредных работ	
экологическое прогнозирование	нормативы и стандарты	экологический аудит	природоохранн ые субсидии	экологические платежи	ограничения деятельности	
моделирование и ГИС-технологии	экологическое лицензирование, декларации и разрешения		дотации природоохранн ых мер	экологические штрафы	приостановка лицензий	
оценка воздействия (ОВОС) и экориска	экологическая экспертиза и др. виды экспертиз (ведомственные)		льготные кредиты	компенсации экоущерба	арест нарушителя	
экологические исследования (НИОКР)	экологическая сертификация и другие системы сертификации		зачеты экологических платежей	экологическое страхование	отстранение от работы	
экологическое образование, просвещение	экологические программы	квотирование воздействий	экологические займы	экологические облигации	судебные решения	
экологическая реклама и маркировки	планы экоразвития и др.	другие методы и средства	амортизация и др. ускоренная и др.	другие взъясания, изъятия и т.д.	смешанные и иные методы	

1. Информационные меры

Дальновидная экологическая политика основывается на детальной и достаточно полной информации:

- об имеющихся природных ресурсах;
- о типах и силе антропогенного воздействия на окружающую среду и самого человека;
- о предельно допустимых нормах воздействия на человека и экосистемы.

Поэтому качество информационного обеспечения во многом предопределяет реализм разрабатываемой программы действий. Исходя из собственного и зарубежного опыта, в нашей стране еще в 1970–1980-е годы была проведена огромная работа, позволявшая обеспечить все три информационных блока.

Кадастры. Сведения об имеющихся природных ресурсах сводятся в специальные кадастры. В государственные кадастры природных ресурсов собраны сведения об экономических, экологических, организационных и технических показателях состава и категорий пользователей, количественного и качественного состояния этих ресурсов, об их экологической и экономической оценке. В соответствии с российским законодательством ведутся кадастры: земельный, водный, лесной, месторождений и проявлений полезных ископаемых, объектов животного мира, особо охраняемых природных территорий, лечебно-оздоровительных ресурсов природы. Как особая разновидность кадастра редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных может рассматриваться *Красная книга* РФ. Кроме того, в научном плане рассматривают детериорационные (об ухудшении среды), промысловые кадастры и др. К прочим кадастровым документам также относят различного рода государственные регистры (например, потенциально опасных химических и биологических веществ, Российский регистр гидротехнических сооружений) и реестры (в том числе опасных производственных отходов, опасных производственных объектов и др.).

Степень антропогенного воздействия на окружающую среду измеряется инструментально методами мониторинга окружающей среды, учитывается на основании государственного *статистического учета и отчетной документации* природопользователей, а также отражается в *экологическом прогнозировании и расчете экологических рисков*.

Государственный статистический учет включает количественные характеристики наличия, состава, состояния и использования

всех компонентов окружающей среды, их изменения под влиянием естественных природных процессов и антропогенной деятельности, а также характеристики природоохранной деятельности и ее результатов, выявление на этой основе тенденций и закономерностей этих изменений. Статистический учет строится по компонентному признаку и охватывает статистику тех же объектов, которые описываются соответствующими кадастрами, однако по сравнению с ними использует значительно большее число показателей и математико-статистические методы обобщения результатов. Статистический учет ведет Федеральная служба государственной статистики (см. табл. 20.1), которая публикует ежегодные отчеты и частично размещает информацию на сервере www.gks.ru.

Предельно допустимые воздействия на человека и экосистемы (экологическое нормирование) определяются из всей совокупности наблюдений в природе и лабораторных опытов. В этой части можно использовать знания, накопленные всем человечеством.

Экологическое нормирование — это установление показателей качества природной среды и предельно допустимых воздействий на нее, при соблюдении которых не происходит деградации экосистем, гарантируется сохранение биологического разнообразия и экологическая безопасность населения.

В систему экологических нормативов сегодня входят:

- *нормативы качества* окружающей среды (ОС), устанавливаемые в форме предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных химических и биологических веществ, а также микроорганизмов, загрязняющих ОС, и нормативы предельно допустимых уровней (ПДУ) вредных физических воздействий на ОС, а также на человека (в последнем случае — “санитарно-гигиенические нормативы”);
- *нормативы вредного воздействия* на ОС, определяющие предельные размеры вредных воздействий на природу, устанавливаемые для отдельных источников таких воздействий, в том числе “производственно-хозяйственные” нормативы ПДВ и ПДС, нормативы ПДУ шума, вибраций, магнитных полей, радиации, предельно допустимые нормы применения ядохимикатов в сельском хозяйстве и лимиты размещения отходов, а также “нормы экологического воздействия” в узком смысле (предельно допустимые нормы нагрузки на ОС и др.);
- *нормативы использования природных ресурсов* (лимиты изъятия), устанавливаемые для предупреждения полного уничтожения или истощения природных ресурсов с учетом их самовосста-

новления, предотвращения нарушений равновесия в окружающей природной среде, в том числе нормы землеотводов (без изъятия), требования к экологическим пропускам и нормативы безвозвратного изъятия поверхностных вод, расчетная лесосека, объемы допустимых уловов и т.д., кроме нормативов допустимого изъятия ресурсов недр;

- *нормативы санитарных и защитных зон* (“территориальные нормативы”), включающие санитарно-защитные зоны для всех промышленных предприятий, в особенности для ядерных объектов (включая зоны наблюдения), водоохранные зоны (включая прибрежные защитные полосы), округа санитарной охраны;
- *вспомогательные экологические нормативы* (стандарты) — нормы и правила, устанавливаемые с целью обеспечения единства в употребляемой терминологии и в организационно-правовом регулировании экологической сферы деятельности.

Обладая сведениями о состоянии ресурсов и окружающей среды, а также экологических нормативах, можно попытаться определить степень напряженности антропогенного воздействия на природу и установить дальнейшую тенденцию. Однако в России эта работа только начинается.

Например, для планирования допустимых объемов и мест рубки леса надо использовать лесной кадастр. Имея ясное представление о состоянии лесов по территории страны и скоростях роста различных пород деревьев, можно уверенно планировать их долгосрочное хозяйственное использование и восстановление. В России лесное хозяйство было уже давно поставлено на научную основу, ведется мониторинг лесов, что позволяет оперативно получать информацию об их состоянии. Однако в последние годы возросла несанкционированная рубка леса, которая далеко не всегда находит отражение в отчетах лесничеств и поэтому не приводит к корректировке лесного кадастра. Примерно так же обстоит дело с учетом водных и особенно земельных ресурсов, а также многих полезных ископаемых.

Следовательно, работа по учету ресурсов и темпов их изъятия обязательно должна проводиться. Большую помощь в этом могут оказать геоинформационные системы (ГИС-технологии), которые позволяют наносить все сведения на картографическую основу, что облегчает учет совместного действия множества факторов: от климатических и ландшафтных до различных форм антропогенного воздействия и пространственных особенностей распределения биологического разнообразия. Применение ГИС-технологий

позволяет навести порядок в разрозненной информации, относящейся к одной и той же территории. Однако реальное использование этих передовых технологий возможно лишь после завершения кропотливого и дорогостоящего создания компьютерных баз данных.

На основе тщательного анализа антропогенных воздействий и природных ресурсов становится возможной разработка экологических программ на всех уровнях: от общегосударственного до муниципального. На государственном уровне определяются общие показатели допустимого изъятия ресурсов из природы и воздействия на нее. На подчиненных уровнях должны быть разработаны предложения по реализации этих требований. В Евросоюзе пришли к выводу о целесообразности смягчения централизованных требований с тем условием, чтобы сами исполнители находили способы наиболее удачного в местных условиях решения экологических проблем. Для этого необходимо обучиться уважительному диалогу между заинтересованными сторонами: населением, предпринимателями, экологами, органами исполнительной власти.

Важным условием продуктивности регулярных переговоров о судьбе территории должно быть паритетное распределение полномочий между разными сторонами. Пока население в России не научится использовать свои конституционные права и не найдет форм авторитетного представления своих интересов, до тех пор нам мало помогут опыт и рекомендации западных стран по более гибким методам осуществления экологической политики.

Разработка экологических законов и других нормативных документов становится главным инструментом экологической политики. В них определяется актуальный порядок ведения дел. За последние 15 лет в России были приняты десятки законов, сотни правительственных постановлений и тысячи ведомственных нормативных документов в области природопользования, охраны окружающей среды и экологической безопасности¹.

Система экологических законов хорошо структурирована. Головным является базовый Закон об охране окружающей среды. К нему примыкают фундаментальные ресурсные кодексы: Водный кодекс, Земельный кодекс, Лесной кодекс, а также специальные Федеральные законы "Об экологической экспертизе", "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и

¹ Большинство из них представлено в компьютерной базе данных "Гарант" или в базе данных BioDat (www.biodat.ru); многие из них имеются в прямом доступе на сервере Министерства природных ресурсов (<http://www.mnr.gov.ru/>).

техногенного характера”, “Об особо охраняемых природных территориях”, “Об охране атмосферного воздуха”, “О гидрометеорологической службе”, “О геодезии и картографии”, “О земельном кадастре”, “О животном мире”, “О недрах” и др. Для выполнения законов необходимы вышеуказанные природные кадастры.

Детали хозяйственных отношений проработаны в законах: “Об отходах производства и потребления”, “О разделе продукции”, “О плате за воду”, “О промышленной безопасности”, “О безопасности гидротехнических сооружений”, “О мелиорации”, “О селекционных достижениях”, “О генно-инженерной деятельности”, “Об использовании атомной энергии”, “О природных лечебных ресурсах, лечебно-оздоровительных местностях и курортах” и др.

Эффективность законодательства во многом определяется полнотой и своевременностью контроля за выполнением установленных норм. Эта цель может быть достигнута за счет налаживания системы: 1) экологического контроля, 2) экологического мониторинга; 3) экологической экспертизы, 4) административно-контрольных процедур типа экологического лицензирования и сертификации, 5) финансового регулирования, отчасти экологического аудита и других контрольных мероприятий.

Государственный экологический контроль осуществляют специальные ведомства: федеральные министерства (природных ресурсов, здравоохранения, по чрезвычайным ситуациям, сельского хозяйства), федеральные службы (по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, по экологическому, технологическому и атомному надзору и др.) и федеральные агентства (по недропользованию, рыболовству, атомной энергии и др.) и другие (см. табл. 20.1), которые ведут регистрацию, выдают разрешения на осуществление проектов и деятельности, участвуют в приемке готовых объектов и других мероприятиях. Важную роль играют прокуратура и специализированные подразделения Министерства внутренних дел.

Всесторонний экологический мониторинг позволяет независимо отслеживать состояние природы и степень антропогенного воздействия на нее, а иногда и источники отдельных воздействий. В России он осуществляется Единой государственной системой экологического мониторинга (ЕГСЭМ).

Экологический мониторинг — это система регулярных длительных наблюдений, предоставляющая информацию о состоянии окружающей среды для оценки ее параметров, имеющих значение

для человека и сохранения самой среды. Он включает несколько разновидностей, в том числе:

- 1) “мониторинг окружающей среды” — комплекс мероприятий по определению состояния биосферы, воздействий на нее и слежению за нарушениями экологического равновесия в ОС;
- 2) “социально-гигиенический мониторинг” — система организационных, социальных, медицинских, санитарно-эпидемиологических, научно-технических, методологических и иных мероприятий, направленных на организацию наблюдения за состоянием санитарно-эпидемиологического благополучия населения, его оценку и прогнозирование изменений, установление, предупреждение, устранение или уменьшение факторов вредного влияния среды обитания на здоровье человека;
- 3) “социально-экологический мониторинг” — система повторяющихся наблюдений за отношением населения (общественного мнения) к экологическим проблемам.

По масштабам обобщения информации различают: глобальный, национальный, региональный, локальный и импактный — “точечный” мониторинг источников загрязнения; по методам ведения — биологический, химический, геофизический, автоматический (чаще говорят “автоматический контроль”), дистанционный (космический, авиационный и др.). По объектам наблюдения экологический мониторинг подразделяется на биосферный, климатический, мониторинг океана, генетический, источников загрязнения, мониторинг земель, лесов, водных объектов и др.

Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ) включает ряд ведомств.

Министерству природных ресурсов России поручено проведение наблюдений за состоянием недр, а также организация и ведение мониторинга источников антропогенного воздействия на окружающую природную среду, мониторинга животного и растительного мира, мониторинга водных объектов, подземной среды и общая координация деятельности министерств и ведомств, предприятий и организаций в области экологического мониторинга.

Росгидромет осуществляет организацию и ведение мониторинга загрязнения атмосферы, поверхностных вод, морской среды, естественных почв, озонового слоя, околоземного космического пространства, а также слежения за радиационной обстановкой (совместно с Минобороны и Ростехнадзор).

Ростехнадзор проводит координацию развития и функционирования мониторинга геологической среды, связанного с использо-

ванием ресурсов недр на предприятиях добывающих отраслей промышленности, а также осуществление мониторинга промышленной безопасности, за исключением предприятий Минобороны и Федерального агентства по атомной энергии России.

Департамент санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава осуществляет мониторинг качества и воздействия факторов среды обитания на состояние здоровья населения.

Минобороны осуществляет мониторинг окружающей природной среды и источников воздействия на нее на военных объектах, а также из космоса.

Министерство сельского хозяйства обеспечивает создание и функционирование отраслевой подсистемы мониторинга окружающей природной среды на землях сельхозназначения. В его составе находится Департамент по рыболовству, производящий мониторинг рыбных ресурсов в подведомственных водных объектах, охотничьих и других животных, а также растений.

Федеральное агентство кадастра объектов недвижимости осуществляет мониторинг земель, а также его координацию в отношении других землепользователей.

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды должна обеспечивать доступность интегрированной экологической информации широкому кругу потребителей, включая население и общественные организации.

Предупредительный государственный контроль осуществляется и на стадии утверждения проектов новых предприятий или реконструкции старых. Для этого с 1994 г. в России введено обязательное сопровождение любого проекта специальным исследованием, выполненным на средства заказчика, в котором должна быть проведена "оценка воздействия на окружающую среду" (ОВОС). Данная процедура проводится для оценки не столько самих потенциальных воздействий, сколько их экологических последствий. Поэтому в рамках ОВОС выявляются экологические риски и обосновываются природоохранные мероприятия для их снижения до приемлемого уровня. При этом сама деятельность по разработке ОВОС является коммерческой и ранее лицензировалась, как и экологические исследования. Специально уполномоченные эксперты, привлеченные Министерством природных ресурсов (МПР), или сами специалисты данного министерства проводят критическую проверку представляемых на их рассмотрение материалов ОВОС и дают заключение экологического характера по проекту. В указанных законом случаях обязательно, а

в других по мере необходимости осуществляется государственная экологическая экспертиза.

По специальному закону **экологическая экспертиза** должна определить соответствие намечаемой деятельности экологическим требованиям и вынести заключение о допустимости реализации представленного проекта. Она является обязательной мерой охраны окружающей природной среды, предшествующей принятию решения, осуществление которого может оказывать вредное воздействие на человека или природу.

Помимо государственной существует еще и *общественная экологическая экспертиза*, которая фактически ничем, кроме нескольких довольно пространных статей указанного закона, не регламентируется, а также зависима от решения, придающего заключению общественной экологической экспертизы юридическую силу. Правила организации и проведения как государственной, так и общественной экспертизы детально прописаны в законе и соответствующих подзаконных актах Правительства и МПР России.

Эффективность экологической экспертизы во многом зависит от позиции представителей населения, которые должны заинтересованно и активно принимать участие в ее работе, проверять или по крайней мере знать представляемое заказчику заключение экспертизы.

Регулярная проверка выполнения экологических требований, норм и положений на предприятиях проводится в рамках **экологического аудита**, часто проводимого в отношении обращения с отходами. Благодаря введению законодательно установленной регистрации образующихся отходов на всех предприятиях становится возможным проследить по документам количество и способ их утилизации или переработки, выявить несоответствия и нарушения.

Экологический аудит во многом подобен бухгалтерской проверке, но значительно шире и сложнее классического финансового аудита. Надежность экологического аудита определяется сложностью фальсификации документов в связи с жесткой взаимозависимостью всех составляющих технологической цепи, а также благодаря проведению натурных измерений фактических показателей экологически значимой деятельности (т.е. разновидности экомониторинга). Количество и состав, например, отходов можно проверить и по косвенным показателям, таким, как количество полученного сырья, технологические возможности установленного на предприятии оборудования, договоры с субподрядчиками, обладающими лицензиями на переработку отходов, и др.

При таком комплексном подходе большое значение получают организационные процедуры (административное регулирование предупредительного характера): выдача лицензий, декларирование продукции и ее сертификация, паспортизация, маркировка поставляемых на рынок товаров и др.

Экологическое лицензирование является не только контрольной проверкой вида деятельности предприятия, но главным образом получением первичного разрешения для нее в устанавливаемых лицензией рамках. Иногда этими рамками могут служить сертификационные требования к продукции. Сейчас в России лицензируется в основном только деятельность в области природопользования, а из природоохранных работ — только обращение с опасными отходами. К сожалению, из сферы лицензирования выпали практически все виды экологических услуг и работ природоохранного характера (экоаудирование, экосертификация, экологический консалтинг и др.). Обычно лицензирование осуществляют те же государственные органы, которые проводят экологический контроль после экологической экспертизы лицензионных материалов.

Экологическая сертификация — это процедура выдачи государственными органами удостоверений о соответствии экологическим стандартам и требованиям готовой продукции или технологии ее производства. В российском праве экологическая сертификация определяется как деятельность по подтверждению соответствия сертифицируемого объекта предъявляемым к нему экологическим требованиям.

Экологическая сертификация, опирающаяся на заключения экологической экспертизы или экологического аудита, отличается от обеих этих процедур объектами, которые проверяются на соответствие экологическим требованиям. Так, если при экологической экспертизе анализируются проекты (намерения), а при экологическом аудите — реально функционирующие объекты (субъекты хозяйственной деятельности), то в случае экологической сертификации объектом анализа является *качество* продукции, услуги, работы и т.д.

По мере развития и совершенствования методов экологического управления постепенно все большую роль начинают играть добровольное стремление предприятий доказать свою приверженность современным стандартам экологичности. Эта тенденция учтена в виде разработки **международных стандартов ISO серии 14000**. В России их аутентичные переводы на русский язык приняты в качестве национальных стандартов ГОСТ Р ИСО серии

14000 (более 10 стандартов). Применение этих стандартов осуществляется по желанию самого предприятия. Они носят рекомендательный характер, не заменяют законодательных требований, а обеспечивают систему определения того, каким образом компания влияет на окружающую среду и как выполняются требования законодательства.

Организация может использовать стандарты ISO 14000 для *внутренних* нужд. Предполагается, что создание такой системы дает организации эффективный инструмент, с помощью которого она может управлять всей совокупностью своих воздействий на окружающую среду и приводить свою деятельность в соответствие с разнообразными экологическими требованиями. Стандарты могут использоваться и для *внешних* нужд, чтобы продемонстрировать клиентам, государственным органам и общественности соответствие системы экологического менеджмента современным требованиям. Наконец, организация может получить формальную сертификацию по ним от третьей (независимой) стороны. Как можно предполагать по опыту стандартов ISO 9000, именно стремление получить формальную регистрацию, видимо, будет движущей силой внедрения систем экологического менеджмента, соответствующих стандарту ИСО 14000 или 19000.

Несмотря на добровольность стандартов, считается, что в ближайшие 10 лет от 90 до 100% больших компаний, включая транснациональные компании, будут сертифицированы в соответствии с ISO 14000, т.е. получают свидетельство “третьей стороны” о том, что те или иные аспекты их деятельности соответствуют этим стандартам. Сертификация непременно станет одним из условий эффективного маркетинга продукции на международных рынках. Недавно ЕЭС объявило о своем намерении в скором будущем допускать на рынок стран Содружества только ISO-сертифицированные компании.

Среди других причин, по которым предприятию может понадобиться сертификация, можно назвать:

- улучшение имиджа фирмы в области выполнения природоохранных требований (в том числе природоохранительного законодательства);
- экономия энергии и ресурсов, в том числе направляемых на природоохранные мероприятия, за счет более эффективного управления ими;
- увеличение оценочной стоимости основных фондов предприятия;

- возможность завоевать или создать новые рынки “зеленых” продуктов;
- улучшение системы управления предприятием;
- интерес в привлечении высококвалифицированной рабочей силы.

По замыслу ISO, система экологической сертификации должна создаваться на национальном уровне. Судя по опыту таких стран, как Канада, ведущую роль в процессе создания национальной инфраструктуры сертификации должны играть национальные агентства по стандартизации, такие, как Росстандарт, Торгово-промышленные палаты, союзы предпринимателей и др.

II и III. Предупредительные и принудительные меры

Финансово-экономический механизм использует предупредительные и принудительные методы. К *предупредительным* методам относятся: экологические инвестиции, субсидии, дотации, кредиты, льготы по ним и другие, являющиеся стимулами выполнения определенных условий экологически рационального хозяйствования. К *принудительным* мерам относятся: штрафы, платежи, налоги и иные финансовые взыскания. Для России это относительно “молодые” методы, хотя некоторые из них (плата за природные ресурсы, оценка и прогноз запасов полезных ископаемых и других природных ресурсов, а также экономического ущерба в связи с природоохранными нарушениями и др.) применялись еще в СССР. Сегодня их дополняют другие инструменты экологической политики, в большей степени ориентированные на рыночные условия хозяйствования.

Особую группу методов и средств экополитики составляют *комплексные меры смешанного характера*, например обязательное экологическое страхование, которое является инструментом экономического взыскания и стимулирования одновременно, т.е. административно-экономической мерой.

Экономическая оценка стоимости природных ресурсов, эффективности природоохранных мероприятий, эколого-экономических ущербов и других лежит в основе управления с помощью финансово-экономических инструментов. Без знания стоимости разведанных запасов минерального и энергетического сырья и прогноза его рыночной цены Россия как в основном ресурсная страна сегодня не может полноценно планировать свою бюджетную, налоговую и вообще экономическую политику, в том числе внешнюю.

Именно на этих оценках базируются практически все программы социально-экономического развития нашего государства.

Важнейшим экономическим стимулом централизованного управления природоохранной и природоресурсной сферой жизнедеятельности общества могут быть государственные и муниципальные *программы эколого-экономического развития*, а также *целевые программы в области охраны окружающей среды*. Успешно используются также меры возвратного “софинансирования” рационального природопользования. *Инвестиционные кредиты* (особенно льготные) организациям-природопользователям, *субвенции* из федерального бюджета регионам и из бюджетов субъектов РФ муниципальным образованиям, выгодные условия для привлечения иностранных кредитов в разработку и добычу российских природных ресурсов на условиях раздела продукции, во многом похожих на *концессию*, государственные *займы* у крупных коммерческих и банковских структур на взаимовыгодных условиях — все это элементы реально работающих инструментов государственной эколого-экономической политики.

Фискальный механизм и экономические санкции включают в основном платежи, налоги и штрафы. За последнее десятилетие в российской экологической политике был внедрен принцип “загрязнитель платит” в виде *экологических платежей* за выбросы в атмосферу, сбросы в водные объекты и за отходы (образование, размещение, транспортировку, переработку и т.д.). Эта система платежей опробовалась с 1983 г., была внедрена в РСФСР в виде эксперимента начиная с 1989 г. и установлена на всей территории России в 1991 г. Первоначально установленные базовые ставки платежей в основном соответствовали уровню затрат, связанных с предотвращением выбросов и сбросов загрязняющих веществ в природную среду, в силу чего они стали важным стимулом к активизации природоохранной деятельности. Но в дальнейшем эта их стимулирующая роль неуклонно снижалась в связи отставанием индексации платежей от галопировавшей в те годы инфляции. Особенно это стало заметно после 1993 г., когда были введены в действие новые базовые ставки платежей за загрязнение. Например, к 1993 г. индексы цен производителей по сравнению с 1991 г. выросли в 200 раз, а индексация платежей — лишь в 5,5–5,9 раза. В последние годы предпринимались попытки вообще отменить эти платежи, но, будучи недостаточно эффективными, они тем не менее действуют.

Установление и сбор *природно-ресурсных налогов* является основной мерой эколого-экономического управления в России.

В структуре природно-ресурсных налогов до 70% составляет *налог за пользование недрами*, который является налогом на добычу полезных ископаемых (ставка от 3,8 до 16,5%).

Второе место (до 20%) в структуре природно-ресурсных налогов занимает *земельный налог*, который устанавливается за единицу земельной площади в расчете за год вне зависимости от результатов хозяйственной деятельности собственников земли, землевладельцев или землепользователей. Он исчисляется исходя из площади земельного участка и утвержденных ставок земельного налога, дифференцируемых для различных категорий земель (сельхозназначения, городских земель и др.) с учетом их кадастровой оценки, а также местных коэффициентов, устанавливаемых органами землеустройства, а также местного самоуправления (земли городов и поселков).

Наиболее тесно связанными с природоохранной деятельностью являются платежи за пользование водными объектами, фактически являющиеся *водным налогом*. На их долю приходится чуть менее 10% природно-ресурсных налогов. Согласно Федеральному закону "О плате за пользование водными объектами", налогом облагается применение сооружений, технических средств или устройств для забора воды потребителями, гидроэнергетики, лесосплава, добычи полезных ископаемых, организованной рекреации, размещения плавательных средств, коммуникаций, зданий, сооружений, проведения буровых, строительных и иных работ. Платежная (налоговая) база в зависимости от вида пользования определяется как объем забранной воды (60–370 руб. за 1000 м³ пресной воды), объем произведенной с помощью водного объекта продукции (например, 4–20 руб./тыс. кВт·ч вырабатываемой электроэнергии или 680–1400 руб./тыс. м³ древесины, сплавляемой плотами на каждые 100 км сплава), площадь акватории (5,2–21,9 тыс. руб. в год за 1 км² используемой акватории) и др. Ставки платы (налога) также дифференцированы в пределах, установленных Законом по бассейнам рек, озер, морей и экономическим районам, также различаются для разных групп водопользователей (население, объекты промышленности и др.). Существуют базовые (минимальные) за пользование и сверхлимитные (обычно повышенные в пять раз) ставки платы за воду.

Также особое природоохранное значение имеют ресурсные платежи (*налоги*) за пользование *лесным фондом*, учитывая важные средозащитные функции леса. При этом их доля в общей сумме природно-ресурсных платежей невелика (около 1%). Среди этих средств, взыскиваемых в соответствии с Лесным кодексом,

собственно налогом являются *лесные подати*, взимаемые за краткосрочное лесопользование (при заготовке древесины, второстепенных лесных ресурсов), а также для нужд охотничьего хозяйства, туристических или спортивных целей. В настоящее время основой установления конкретных ставок лесных податей являются “Минимальные ставки платы за древесину, отпускаемую на корню”, утвержденные Правительством РФ. Они дифференцированы по лесотаксовым районам для основных (лесообразующих) пород и по лесотаксовым поясам (для неосновных лесных пород) с учетом качества древесины и расстояния ее вывозки.

Отдельно следует остановиться на *природно-ресурсных платежах*, которые отличаются от налогов важными особенностями. Налог устанавливается законодательно, а платеж определяется администрацией. Налоги идут в бюджеты различных уровней, а платежи — в государственные внебюджетные фонды. Налоги поступают через Федеральное казначейство РФ, а платежи — через банки. Налоговые поступления могут раствориться в бюджете, а платежи должны быть использованы целевым назначением на охрану окружающей среды.

Природно-ресурсные платежи (ПРП), в отличие от “экологических” (ЭП), т.е. за загрязнение, выполняют не только стимулирующую, но и фискальную функции. При этом экономическая значимость природно-ресурсных платежей пока в России выше — поступления от них примерно на порядок больше, чем от экологических платежей. В 1998 г. по России ПРП составляли 1,01%, а ЭП — всего 0,12% от ВВП. Можно отметить тенденцию увеличения значимости ПРП в направлении из центральных регионов на север и восток, где наиболее выражена ресурсная составляющая экономики. Этот эффект достигает максимального уровня в нефтедобывающих районах Западной Сибири (3,15% для ПРП и 0,2% для ЭП), в частности по Тюменской области (5,3% ПРП и 0,3% ЭП).

Не все природно-ресурсные платежи являются налогами:

- регулярные платежи за пользование *недрами*, разовые платежи (при наступлении лицензионных условий в недропользовании), а также сборы и платежи за геологическую информацию о недрах, за участие в конкурсах и аукционах, а также за выдачу лицензии;
- арендная плата за *землю*, взимаемая со всех предприятий-природопользователей (за исключением случаев, особо предусмотренных законодательством: не взимается с воинских частей, пограничников и других субъектов, выполняющих государственные функции);

- некоторые платежи за *спецоводопользование*, включая и водоотведение, т.е. за загрязнение водных объектов;
- арендная плата при долгосрочном использовании участков *лесного фонда*, которая взаимоувязана с лесными податями (т.е. налогами).

Еще одной принудительной мерой взыскания являются многочисленные *экологические штрафы*, суть которых имеет не столько экономический характер, сколько воспитательный или устрашающий. Особенно это проявлялось в первом советском их варианте, введенном Кодексом РСФСР об административных правонарушениях, принятым Верховным Советом РСФСР 10-го созыва в 1984 г. и скорректированным в части пересчета размеров штрафов в 1992 г.

Существует еще один вид штрафов — “уголовные штрафы”, взыскиваемые по суду за совершенные нетяжкие экологические преступления. Установлено 18 составов уголовно наказуемых преступлений, сгруппированных в специальную 26-ю главу Уголовного кодекса (УК) РФ, называющуюся “Экологические преступления” (статьи с 246 по 262), а также уникальная для уголовного законодательства статья 358 “Экоцид”.

Перспектива дальнейшего развития финансово-экономических инструментов государственной экологической политики очевидно связана с упорядочением статуса всех природно-ресурсных платежей в связи с новым и продолжающим меняться налоговым законодательством, которое не предусматривает ресурсных платежей, а устанавливает только налоги. При этом земельный налог относится к числу местных налогов, а остальные ресурсные налоги (водный, лесной и связанные с недропользованием) — к федеральным налогам.

Представленная в общем виде картина формирующейся системы управления природопользованием и обеспечения экологической безопасности может служить примером принципиальных изменений, произошедших в мире и в нашей стране за считанные годы. Разрозненные и первоначально слабо взаимосвязанные усилия по охране природы и борьбе с загрязнением окружающей среды за короткий срок превратились в сложную систему со своим инструментарием, государственными институтами, совокупностью многочисленных нормативных документов. Само понятие экологической политики возникло недавно и мало знакомо за пределами профессионального круга экологов, юристов и управленцев. Однако уже сейчас для эффективного использования быстро набирающего мощь нового направления менеджмента необходима подготовка. Современные выпускники университетов по

специальностям “экология”, “природопользование”, “геоэкология”, “безопасность жизнедеятельности”, а также специализирующиеся в области экологического права юристы и в области экономики природопользования экономисты должны получить ясное представление об имеющихся возможностях экологической политики, без которых решить экологические проблемы невозможно.

Выводы

1. Разработанное в последние несколько десятилетий новое направление государственного управления рациональным природопользованием, экологической безопасностью и охраной природы, называемое экологической политикой, способно предотвратить экологический кризис с помощью организационных, правовых и экономических средств.

2. Основу управления природопользованием составляют базы данных о состоянии всех ресурсов, характере и степени загрязнения окружающей среды, состоянии здоровья населения, используемом на предприятиях оборудовании и применяемых ими технологиях и др.

3. С помощью законодательно учрежденных правил регистрации производственной деятельности, процедур получения лицензий, утверждения проектов строительства новых сооружений, проведения экологических экспертиз можно предотвратить недопустимые воздействия экономики на окружающую природу и здоровье населения.

4. Контроль за выполнением установленных нормативов должны осуществлять как государственные инспекции, так и население.

5. Введение и пропаганда экологической сертификации, паспортизации, проведения экологического аудита позволяют передовым производствам получить преимущества на рынке.

6. Экономическими методами с помощью экологических платежей и природно-ресурсных налогов государство в более гибкой форме заставляет производственный сектор экономики учитывать в своей деятельности экологические ограничения.

7. Международные стандарты, не являясь обязательными, тем не менее способствуют ускорению развития всех стран в направлении замены устаревших технологий современными.



ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ПРОСВЕЩЕНИЕ. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА

Основные вопросы

-
1. Почему для решения экологических проблем необходимо активное участие населения?
 2. В чем это участие может выражаться, как каждый из нас может способствовать экологической безопасности и охране окружающей среды?
 3. Что включает в себя экологическое образование?
 4. Чем различаются между собой экологическое образование, экологическое просвещение и экологическая культура?
 5. Когда впервые экологическое образование было признано на международном уровне приоритетным направлением при решении экологических проблем?
 6. Почему считается, что экологическое образование должно быть непрерывным?
 7. Какие цели стоят перед экологическим образованием?
 8. Какими методами можно добиться распространения экологической культуры среди населения?
-

Кризис традиционных устоев природопользования

Решение экологических проблем невозможно обеспечить усилиями одних только специалистов — экологов, управленцев, юристов, инженеров, законодателей — или же властными институтами общества. Для эффективного достижения цели — повышения экологической безопасности — необходимо активное участие всех людей вне зависимости от их социального или культурного статуса. В истории человечества имеются подобные примеры широкого привлечения населения для решения назревших проблем общества.

Так, по мере развития науки и все более широкого использования ее достижений в повседневной жизни в XVIII–XIX вв.

потребовалось ликвидировать неграмотность и поднять общий уровень образования во многих странах. В период социальных революций огромное значение имело расширение политической (идеологической) грамотности — способности рядовых граждан разобраться в происходящем и поддержать новации. Позже, в первой половине XX в., возникла необходимость всенародного повышения знаний о личной гигиене и ликвидации медицинской безграмотности. Во второй половине XX в. потребовалось значительно повысить общеобразовательный ценз населения в развитых странах для обеспечения адекватного соответствия сознания уровню технологических и социальных задач. Это выразилось во введении обязательного многолетнего школьного образования и в насыщении школьных программ новыми разделами. Параллельно возрастала доля населения, получившего высшее образование. Дошла очередь до ликвидации экологической безграмотности, что связано с глобальным кризисом природопользования, о котором теперь имеется достаточно полное представление.

Всю предыдущую историю люди не заботились о сохранности природы, в которой они обитали. Природные процессы были неизмеримо мощнее антропогенных и поэтому быстро стирали с лица Земли следы пребывания народов. Вода и ветер разрушали постройки. Деревья вырастали на месте пожарищ и вырубок, дикие травы в считанные годы заплотнялись брошенные поля. Все сооружения, создаваемые людьми, обязательно разрушались, как только за ними прекращался кропотливый и непрерывный уход. Все отходы человеческой деятельности исчезали бесследно в земле и воде. Природа всегда была во много раз сильнее человека, и людям приходилось с большим трудом отвоевывать для себя хотя бы временно более или менее комфортное и безопасное пространство. Вот почему в сознании всех народов утвердилось представление о том, что природа не нуждается в защите, а скорее, требует защита от нее самой.

Но человечество росло и развивалось, становилось все более сильным и технически вооруженным. В конце концов разрушительные процессы стали мощнее восстановительных. Наступил глобальный кризис природопользования, выражающийся в том, что традиционные способы хозяйствования оказались не соответствующими возможностям окружающего мира — ресурсам и емкости природы. Это опасное несоответствие заставляет нас пересмотреть привычные правила жизни, а в итоге изменить весь стиль *традиционного хозяйствования* для того, чтобы не разрушить биосферу, в которой мы обитаем.

Необходимо:

- научиться экономить любые природные ресурсы вне зависимости от того, дефицитны они или нет;
- заблаговременно рассчитывать все возможные последствия своей деятельности, принимая во внимание не только очевидные, но и самые невероятные;
- сменить гигантоманию на парадигму тотальной миниатюризации — поиска технологий, сводящих к минимуму энергетические и вещественные затраты;
- привыкнуть платить за то, что тебе лично уже совсем не нужно, например, за утилизацию отходов;
- в полной мере ощущать личную ответственность за любые нарушения правил рационального природопользования.

Пока человечество было слабосильным, его влияние на биосферу оставалось ничтожным. По мере научно-технического развития в руках людей оказались все более мощные орудия воздействия на природу. Поэтому важным условием их использования должно стать освоение правил безопасного обращения с опасными инструментами, способными превратиться в орудия уничтожения. Надо знать, какой вред и при каких условиях можно ожидать от применения разнообразных и столь многочисленных новинок, которые часто облегчают нашу жизнь, и надо задумываться относительно высокой потенциальной опасности реализации амбициозных проектов, которыми так увлеклось человечество в XX в.

Выполнение каждого из перечисленных пунктов дается нелегко, осложняя жизнь большинства людей дополнительными заботами, интеллектуальными усилиями, финансовыми обязательствами. Чтобы признать реальную необходимость выполнения этой программы, нужно ясно понимать ее целесообразность и отсутствие иных путей для безопасного развития не только всего человечества, но и каждого отдельного человека. Это может быть достигнуто главным образом с помощью экологического образования и просвещения.

Необходимость экологических знаний для обеспечения личной безопасности

В случаях, когда негативный результат наступает очень быстро, опасность очевидна. Чем больше времени проходит между действием и ответной реакцией, тем сложнее распознать причину

беды. Запаздывание реакции называется *“латентным эффектом”*. Так, у человека между заражением инфекцией и ее проявлением может пройти несколько дней и даже недель. В таком случае трудно вовремя распознать болезнь и начать ее лечить. Ученые, открывшие радиоактивные элементы, еще не знали об опасности, которую они представляют для здоровья. Большинство экологических опасностей также проявляется лишь с течением времени, и поэтому узнать о них на основании собственного опыта практически невозможно. Надо овладеть многообразными и не всегда простыми знаниями, чтобы научиться осознанно избегать потенциальной опасности.

К первым из них относятся правила личной гигиены, которым стали активно обучать население в конце XIX — начале XX в. Трудно было убедить простых людей не пить воду из ручья или колодца, а предварительно ее кипятить, потому что издревле считалось, что опасна тодько дурно пахнущая вода. Однако вибрионы холеры могут находиться в совершенно прозрачной воде без какого-либо запаха. Следовательно, надо иметь представление о возбудителях инфекционных болезней и способах их передачи от организма к организму.

После чернобыльской катастрофы не все соглашались покидать эти места, так как не могли поверить в реальную опасность радиоактивного загрязнения. Даже в самом Чернобыле во время аварии на АЭС люди вышли посмотреть, что происходит, а дети продолжали играть на улицах вместо того, чтобы моментально укрыться в домах и закрыть окна. Это пример не столько недостаточной грамотности — ведь образованному населению Чернобыля была хорошо известна опасность радиоактивного загрязнения, — сколько беспечного оптимизма, безграничной веры в удачу. Если событие происходит редко, то в его наступление перестают верить. Обычно считаются с такими законами природы, которые имеют однозначный и обязательный эффект. Другое дело, если негативный эффект наступает не всегда, тогда риск превращается в игру, а везение лишь укрепляет беспечный оптимизм до тех пор, пока не случится беда. Еще сложнее правильно отреагировать на ситуацию, которая никогда ранее не имела места, как это случилось в Чернобыле.

Еще один пример экологической безграмотности — это курение табака. Впервые табак был завезен из Нового Света в конце XV в. Его употребление постепенно вошло в моду, и считалось, что он обладает тонизирующим и обеззараживающим эффектами, а значит полезен для здоровья. В то время даже врачи нередко

становились пропагандистами новой панацеи. Привычка к курению стала распространяться в народе. Лишь в XX в. сначала заподозрили, а затем доказали связь между курением и многими заболеваниями организма, такими, как эмфизема легких, облитерирующий эндартериит, а самое страшное — рак легких. Однако большинство курильщиков не испугалось столь страшной угрозы, потому что рак легких возникает не у всех злоупотребляющих курением.

Недостаточно жесткая связь между причиной и следствием оказалась питательной почвой для оправдания собственной слабости характера. Относительно закоренелых курильщиков можно считать, что им трудно бросить курить, что они уже находятся в зависимости от табака. Однако каждый день в армию старых курильщиков вливаются молодые, которые слышали о потенциальной опасности курения (на каждой пачке сигарет имеется официальное предостережение), но пренебрегают этой информацией.

Каждый курильщик делает выбор между возможными негативными последствиями курения для здоровья и его позитивными сторонами (возможность регулярных перерывов в работе; коммуникация во время курения, когда устанавливаются и поддерживаются неформальные отношения между людьми; тонизирующий эффект курения, позволяющий сосредоточиться во время трудной интеллектуальной работы). Выбор человека в пользу вредной привычки означает, что позитивный результат курения для него важнее, чем негативный, так как последний им недооценивается.

Большинство экологических проблем возникло в результате такого же выбора между позитивными и негативными последствиями антропогенной деятельности. Долгое время быстрый материальный выигрыш населения от индустриализации и урбанизации был оправданием загрязнения воды и воздуха, от которого население страдало не сразу и не так сильно.

Экологическое образование позволяет людям понять, что мир, в котором они живут, значительно сложнее их поверхностного восприятия, что очевидные для них суждения совсем не безусловны. Экологические знания позволяют сделать намного безопаснее и здоровее жизнь, не только собственную, но и своих близких. Можно с уверенностью считать, что средняя продолжительность жизни россиян была бы в тех же условиях на 10–15 лет больше, а главное, здоровее, если бы население обладало более высокой социальной культурой, в которой экологические и медицинские базовые знания занимают важное место.

Роль населения в решении экологических проблем и обеспечении экологической безопасности

Существует еще одна не менее важная задача экологического образования. Без участия населения невозможно решение общегосударственных задач охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. Казалось бы, государственные инспекции при поддержке соответствующих законов должны самостоятельно справиться с поставленными задачами, однако это не так.

Решение экологических проблем требует дополнительных средств, что встречает сопротивление других претендентов на государственное бюджетное финансирование. Кроме того, аккуратное выполнение природоохранных норм обычно увеличивает себестоимость продукции, а значит, снижает ее конкурентоспособность на рынке. Поэтому рациональное природопользование и экологическая безопасность должны иметь сильных защитников, неусыпно следящих за выполнением уже принятых законов и настаивающих на дальнейшей разработке и совершенствовании законодательства и нормативных актов.

Специалисты-экологи могут предупредить о надвигающейся опасности и предложить способы ее нейтрализации, но они не имеют достаточного влияния при принятии государственных решений. Это функция парламентариев и государственных органов власти. Парламентарии в свою очередь вынуждены выбирать между множеством одновременно поставленных перед ними задач. В первую очередь рассматриваются срочные законы, которых, как правило, так много, что принятие остальных проектов откладывается на значительный срок, а тем временем появляются новые срочные законопроекты. Положительный выход от принятия экологических законов обычно проявляется спустя много лет, а любому депутату нужно отчитываться решенными проблемами перед своими избирателями ежегодно. Поэтому большинство из них вряд ли поставят экологию на первое место, по крайней мере до тех пор, пока ситуация не станет критической. Примерно так же обстоит дело с государственными чиновниками, основное внимание которых привлечено к решению срочных дел.

Нельзя недоучитывать и противодействия принятию экологических законов и их выполнению со стороны проигрывающих на этом сторон, к которым, к сожалению, относятся влиятельные и финансово состоятельные предприниматели. Поэтому эффективная защита экологических интересов населения и охраны приро-

ды остается в руках самого населения. В зависимости от гражданской зрелости общества и степени участия населения в решении как местных, так и общегосударственных задач вся система государственной экологической безопасности работает более или менее эффективно.

В Дании, Швейцарии и других странах традиционно высока культура участия населения в самоуправлении страной. Многие спорные вопросы выносятся на общенациональные референдумы, чтобы принять решение с учетом мнения каждого гражданина. В США избиратели по любому поводу обращаются непосредственно к своему представителю в парламенте или к президенту. По числу писем, полученных по тому или иному вопросу, законодатели судят о приоритетности проблем и учитывают это в своей деятельности, быстро откликаясь на массовые запросы избирателей.

В современной России есть все условия для демократического самовыражения своей позиции по любым государственным вопросам, но не хватает опыта и уверенности в эффективности коллективных усилий. Чем больше россиян будут принимать участие в государственном управлении, используя для этого предоставленные Конституцией и законами права, тем сильнее станет государство и тем быстрее будут приняты меры по защите интересов самих граждан или природы.

Без участия всего населения трудно осуществить контроль и за выполнением уже принятых законов. Наивны надежды на повсеместную автоматическую регистрацию датчиками отклонений в загрязнении воздуха или воды. Тем более нет средств автоматического контроля за несанкционированной вырубкой, браконьерства, строительства новых сооружений, не прошедших экологической экспертизы. Намного эффективнее, если само население осуществляет контроль и при обнаружении нарушений ставит в известность соответствующие инспекции, а если необходимо, то и прокуратуру. Обычно для этого создаются временные общественные организации, которые следят за выполнением требований, выставленных ими от имени населения, своевременно подают запросы, реагируют на ответы, представляют местных жителей в суде.

Трудно обеспечить объективность принимаемых государственных или местных решений, если при этом отсутствуют представители населения. Так, по федеральному законодательству на заседаниях государственной экспертизы имеют право присутствовать представители общественности. Однако во многих местах об этом просто не знают и не реализуют своих законных прав по защите интересов населения.

Население имеет возможность привлечь профессиональных юристов, экономистов, экологов, оплатив их услуги, для чего собирают добровольные пожертвования. Если необходимо, на средства населения заказывают проведение независимых экспертиз или публикацию статей в средствах массовой информации.

Экологическое образование призвано объяснить людям их права и возможности, научить правильно действовать для защиты долгосрочных интересов общества и стабильности природы, выступать законным оппонентом тех сил, для которых экологическая безопасность по экономическим причинам не является приоритетной целью.

Тбилисская декларация

В 1977 г. ЮНЕСКО и ЮНЕП от имени Организации Объединенных Наций провели в Тбилиси Первую Всемирную межправительственную конференцию по вопросам образования в области окружающей среды. Эта конференция стала наиболее важным событием, символизирующим пятилетие Стокгольмской декларации, принятой в 1972 г., — исторического документа, заложившего основы переориентации мирового сообщества от стихийного нескоординированного развития к планированию оптимального будущего человечества.

В 1972 г. было признано, что дальнейший экономический рост на основе рыночных принципов самоорганизации приведет к истощению природных ресурсов и недопустимому загрязнению окружающей среды, что формирующиеся идеалы общества потребления не соответствуют реальным возможностям биосферы. Обсуждались проблемы гармонизации социальных отношений, в том числе мирное существование, сдерживание гонки вооружения, признание прав человека и равенства всех людей, распространение демократической модели организации общества. На Стокгольмской конференции была сформулирована опасность возможной экологической катастрофы и приняты рекомендации о необходимости переориентации современного общества на иной тип экономики, считающейся с экологическими требованиями и ограничениями. Решить эту задачу в демократическом обществе без сознательной поддержки населения невозможно. Поэтому образованию отвели одну из главных ролей в предотвращении экологического кризиса.

К 1977 г. были сформулированы главные задачи и методы экологического образования. На Тбилисской конференции были

согласованы и приняты рекомендации членам международного сообщества по развитию экологического образования, которые содержатся в итоговом документе — Тбилисской декларации. В ней признано, что образованию следует играть ведущую роль в осознании проблем окружающей среды. Экологическое образование должно охватывать людей всех возрастов, на всех ступенях формального и неформального образования (принцип непрерывности экологического образования). Образование должно вовлекать человека в активный процесс решения экологических и социальных проблем, поощрять инициативу, чувство ответственности и стремление к построению лучшего будущего.

В декларации сформулированы три основные цели образования в области окружающей среды:

- 1) развитие ясного понимания и чувства озабоченности в отношении экономической, социальной, политической и экологической взаимозависимости в городских и сельских районах;
- 2) предоставление каждому человеку возможности получать знания, усваивать ценности, проявлять отношение, брать на себя обязательства и приобретать навыки, необходимые для охраны и улучшения окружающей среды;
- 3) создание новых типов поведения отдельных лиц, групп и общества в целом по отношению к окружающей среде.

Для достижения этих целей в рамках государственной политики рекомендовано:

- 1) предусмотреть меры по включению в учебные программы разделов по охране окружающей среды, экологической безопасности;
- 2) развивать соответствующие исследования для совершенствования экологического образования;
- 3) сотрудничать между собой, щедро делаясь передовым опытом;
- 4) использовать экологическое образование в качестве эффективного инструмента интеграции международного сообщества, роста взаимопонимания и укрепления мира.

В части работы с населением сформулированы следующие задачи оказания учебной помощи социальным группам и отдельным людям:

- обрести способность свободно ориентироваться в проблемах, связанных с окружающей средой;
- получить представления о разнообразии явлений в окружающей среде и понимание основных механизмов возникновения в окружающей среде проблем;

- приобрести необходимые ценностные установки по отношению к окружающей среде, а также мотивации к активному участию в улучшении и защите окружающей среды;
- обрести навыки выявления и разрешения проблем в окружающей среде.

Экологическое образование в области окружающей среды должно:

- рассматривать окружающую среду в целом — естественную и созданную, а также техническую и социальную (экономическую, политическую, техническую, культурно-историческую, моральную и эстетическую);
- быть непрерывным процессом, продолжающимся всю жизнь (начинаться на дошкольном уровне и продолжаться на всех этапах формального и неформального образования);
- иметь междисциплинарный подход, опираться на конкретное содержание каждой дисциплины, содействуя разработке целостной и сбалансированной перспективы;
- рассматривать основные вопросы окружающей среды с местной, национальной, региональной и международной точек зрения, с тем чтобы учащиеся хорошо понимали условия окружающей среды в других географических районах;
- сосредоточивать внимание на нынешнем и возможном будущем состоянии окружающей среды, учитывая при этом историческую перспективу;
- рассматривать в планах развития и роста аспекты окружающей среды;
- отводить обучающимся роль в планировании обучения и предоставлять им возможность принимать решения и отвечать за их последствия;
- помочь обучающимся выяснять симптомы и подлинные причины проблем окружающей среды;
- подчеркивать сложность проблем окружающей среды и, таким образом, необходимость развивать критическое мышление и навыки решения проблем.

В декларации содержатся рекомендации странам:

- осуществлять подготовку руководителей в области окружающей среды;
- разработать школьные учебные планы, отвечающие нуждам окружающей среды на местном, региональном и мировом уровнях;

- издать книги и научную справочную литературу для реализации учебных планов;
- определить методы и средства образования, включая аудиовизуальные пособия, необходимые для объяснения и популяризации учебных программ по окружающей среде.

Тбилисская декларация заложила крепкие основы развития экологического образования, что в значительной мере облегчило во всем мире и в нашей стране своевременную подготовку населения для осуществления в повседневной жизни новых принципов, соответствующих современной концепции устойчивого развития человечества.

Образование в интересах устойчивого развития

В 2005 г. в Вильнюсе была принята “Стратегия ЕЭК ООН для образования в интересах устойчивого развития”, разработанная Европейской экономической комиссией ООН. Суть стратегии состоит в том, чтобы перейти от простой передачи знаний и навыков, необходимых для существования в современном обществе, к готовности действовать и жить в быстро меняющихся условиях, участвовать в планировании социального развития, учиться предвидеть последствия предпринимаемых действий, в том числе и возможные последствия в сфере устойчивости природных экосистем. “Образование выступает одной из предпосылок для достижения устойчивого развития и важнейшим инструментом эффективного управления и развития демократии”.

Перестройка системы образования, по замыслу разработчиков “Стратегии...”, должна способствовать *развитию у населения навыков критического и творческого мышления в сочетании с воспитанием взаимного уважения к инакомыслящим, глубинного понимания демократических форм принятия согласованных решений и выполнения намеченных планов*. Предполагается ввести в учебный процесс целый ряд нетрадиционных тем, а также усилить междисциплинарность обучения для того, чтобы научиться ставить и решать комплексные социальные и экологические проблемы.

В “Стратегии...” перечислено 18 тем, из которых непосредственно к экологическому образованию относятся: 1) охрана окружающей среды, 2) управление природными ресурсами, 3) биологическое и ландшафтное разнообразие.

Однако из остальных 15 тем больше половины имеют немалое отношение к экологической политике, т.е. к методам успешного

управления природопользованием и обеспечением экологической безопасности:

- *сокращение масштабов нищеты*, без чего невозможно добиться демографического перехода, лежащего в основе решения всех экологических проблем;
- *гражданственность*, развитие которой стало неперенным условием эффективного самоуправления, обеспечивающего, в частности, и экологическую безопасность;
- *этичность*, которая в случае экологического образования обрачивается проблемой отношения человека к природе;
- *ответственность в локальном и глобальном контексте* неоспоримо признана важнейшим условием решения экологических проблем;
- *демократия и управление* стали формами наименее болезненного решения сложных социальных вопросов, в том числе затрагивающих и экологические последствия хозяйственной деятельности человека;
- понятие *безопасности* в последние десятилетия существенно расширилось, включив в себя как подразделение и экологическую безопасность;
- *права человека* включают в себя право на благоприятную окружающую среду, которое среди всех остальных прав оказывается наиболее сложно реализуемым;
- *здравоохранение* также вообрало в себя решение экологических проблем, а с профилактической точки зрения нуждается в обеспечении экологической безопасности для сохранения здоровья населения.

Образование для устойчивого развития фактически нацелено на общее повышение интеллектуального уровня населения, осваивающего все более сложные разновидности знаний, форм мышления и продуманных действий. В общем виде можно выделить несколько ступеней подобной эволюции личности.

Низшей ступенью является *обеспечение своей жизнедеятельности*, для чего необходимы соответствующие знания и навыки. Более высокий уровень предполагает элементарную *грамотность*, открывающую путь к самостоятельному получению знаний. На третьем уровне решающее значение приобретают *знания*: их глубина и объем. На четвертом уровне развития человек постигает противоречивость полученных знаний и *учится мыслить диалектически*, творчески, становится “конструктором”, создателем нового. На пятом получают развитие *прогнозирование, планирование*

и самокритицизм, которые в сочетании с глубокими знаниями, позволяют избегать ошибок упрощенного восприятия действительности. С высоким уровнем развития интеллекта обычно тесно связана и способность к взаимоуважению, терпимость, согласованность сложных действий.

В “Стратегии...” для устойчивого развития предусмотрены мероприятия, способствующие поэтапному достижению высшего уровня интеллектуального развития, соответствующие образовательные программы для различных групп населения.

Право на информацию о потенциальной экологической опасности

Фундаментальные права любого человека включают право на жизнь, свободу, личную неприкосновенность, неприкосновенность жилища, защиту чести и достоинства, свободу мысли и убеждений, свободу совести и вероисповедания, свободу передвижения и поселения, право на медицинскую помощь, получение бесплатного среднего образования и ряд других гражданских, политических, экономически и социальных прав.

Эти права человека в демократических государствах закреплены конституциями. В России также все перечисленные права человека считаются безусловными, в том числе и *право каждого на благоприятную окружающую среду* (ст. 42 Конституции РФ). В неблагоприятных для здоровья условиях становятся бессмысленными остальные права и свободы граждан. Загрязнение воздуха, воды, почвы, а также распространение недоброкачественных продуктов питания, воздействие повышенной радиации, шума, вибрации фактически лишают людей права на жизнь и подрывают их здоровье. Как правило, подобные неблагоприятные воздействия кому-то оказываются выгодными, так как связаны с производственной деятельностью, которая приносит доход владельцам или государству. Чем меньше владельцы производства расходуют средств на очистные сооружения, дополнительные энергетические затраты, усовершенствование технологии производства, тем ниже себестоимость продукции и выше ее конкурентоспособность на рынке. Получается, что жизнь и здоровье одних людей приносятся в жертву материальной выгоде других. Это худшая форма социального неравенства, на фоне которой рассуждения о соблюдении всех остальных прав человека выглядят кощунственными. Нельзя обосновывать ущемление экологических прав граждан высшими интересами самого государства. Население должно ясно

представлять степень угрозы своему государству, исходящей от запрета на использование опасных производств, от усложнения технологии и удорожания продукции, и только после этого демократическим путем решать вопрос о целесообразности смягчения экологических требований и норм. Человек сам вправе распоряжаться своей жизнью и подвергать себя риску, но другие не имеют права делать это за него.

Нельзя сравнивать риск от антропогенного воздействия с природными неблагоприятными воздействиями. Первые привнесены самим человеком, вторые существуют помимо его воли. Опасности для здоровья человека, исходящие от природы, такие, как ураганы, наводнения, молнии, являются естественной составляющей жизни, вне которой мы не можем существовать, и тем не менее на протяжении всей истории люди старались уменьшить риск ущерба от природных катастроф. Поэтому обратная тенденция — сознательное ухудшение условий существования — не имеет оправдания.

Разобравшись со значением права человека на благоприятную окружающую среду, неизбежно начинаешь понимать, что для его реализации прежде всего необходима достоверная и своевременная информация о состоянии окружающей среды, характере воздействия на нее различных производств и отдельных людей, планах на строительство (создание) новых производств или воздействий на природу. Только с помощью информации можно узнать о грозящих опасностях. Если во множестве других случаев люди самостоятельно способны распознать опасность (мчащийся по дороге автомобиль, пожар, наводнение, ураган, гололед), то в случае большинства экологических воздействий невозможно самим установить опасные концентрации загрязнителей в окружающей среде, а также наличие пищевых добавок и консервантов в пище, повышенные уровни электромагнитных полей, ионизирующей радиации или ультрафиолета.

Поэтому в Конституции РФ утверждается *право каждого на достоверную информацию о состоянии окружающей среды* (ст. 42).

Это право закреплено и международными решениями. В 1998 г. была открыта для подписания Орхусская конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды, согласно которой государство «для содействия защите права каждого человека нынешнего и будущих поколений жить в окружающей среде, благоприятной для его здоровья и благо-

состояния, гарантирует права на доступ к информации, на участие общественности в процессе принятия решений и на доступ к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды". Россия до 2005 г. еще не подписала эту конвенцию. Понятно, что доступность информации относительно опасных антропогенных воздействий на окружающую среду может стать причиной раскрытия коммерческих или государственных тайн, подчас защищаемых тем же законодательством.

Информация. Где предел государственной и коммерческой тайны?

В истории разных государств были периоды увлечения соблюдением государственной секретности. Полученный исторический опыт убеждает, что выгода от чрезвычайных мер была значительно ниже прилагаемых усилий, так как неприятель, как правило, обладал не меньшими возможностями для того, чтобы вывести необходимые ему государственные тайны. А собственное население чаще всего становилось заложником высших государственных интересов. Так было и в Советском Союзе, например, при производстве и испытании атомного оружия.

Считается, что по результатам химического анализа воды, воздуха и почвы вблизи предприятия можно установить характер его деятельности. Однако частные предприятия, охраняя коммерческую тайну своих технологий и не обладая государственными возможностями запрета на сбор проб и данных относительно их деятельности, все же ухитряются сохранить свои секреты.

По-видимому, использование запретов проще иных форм охраны государственных интересов. Потакание запретительным мерам относительно жизненно важной для населения информации не может идти на пользу ни государству, ни его гражданам. Если производство секретной продукции поставлено с учетом самых жестких экологических требований, то и сведения о характере и концентрациях загрязняющих веществ или иных опасных процессах не будут разоблачительными. Опыт последних трех десятилетий убедительно показал, что чем жестче экологические требования, тем интенсивнее научно-технический прогресс и тем здоровее экономика. Нельзя требовать для некоторых производств льготных условий работы — это порочно как с моральной, так и с экономической точки зрения.

Отставание общественного сознания от скорости научно-технического прогресса

Люди не сразу приспосабливаются к переменам. Порой адаптация проходит болезненно. Появление металлических перьев вызвало неприятие тех, кто писал гусиным пером; когда наступила эра шариковых ручек, многие продолжали пользоваться так называемыми авторучками, заправляемыми чернилами; когда на смену печатным машинкам пришли компьютеры, немало людей старшего возраста решили, что им эту машину не освоить. Кроме таких безобидных перемен существуют и социальные революции, когда в кратчайшие сроки меняется власть, а вместе с ней — нормы и правила жизни, происходит низвержение одних и головокружительный взлет других. В повседневной жизни каждому из нас мучительно трудно привыкнуть к потере друга, близкого человека. Порой жизнь теряет смысл в такой ситуации. Привычка и инерционность сильнее стремления к переменам. Умение вовремя перестроиться и вписаться в новые реалии меняющейся окружающей среды оказывается для нас жизненно важной чертой характера.

В последние столетия темп изменений в жизни населения экономически развитых стран постоянно нарастал в основном за счет стремительного научно-технического прогресса. Шок перемен исследован психологами и социологами. Они установили, что общественное сознание не поспевает за реальными переменами, происходящими в обществе. Люди в большинстве не только не способны вовремя оценить положительные стороны нововведения, но и всерьез проанализировать потенциально опасные последствия, даже если они не приемлют новаций.

Реклама, коммивояжеры, печатные статьи и даже специальные курсы призваны помочь населению быстрее освоить предлагаемые новинки, с тем чтобы стимулировать спрос на новый товар или предлагаемые услуги. Они способствуют ускорению адаптации населения к научно-техническому прогрессу в той его части, которая имеет коммерческое значение — зависит от массового потребительского спроса. Многочисленные другие достижения науки, медицины, инженерии остаются непонятыми простыми людьми, которые полностью доверяют специалистам по всем вопросам, включая и безопасность изобретенных и созданных ими устройств.

Необходимо учиться всю жизнь (непрерывное образование)

Все основное фундаментальное образование люди получают в школе. Часть общества продолжает обучение в университетах и институтах, где оно наряду со специальными знаниями получает и много общих, полезных в повседневной жизни. Считалось, что этих знаний будет достаточно человеку на всю жизнь. Однако по мере ускорения научно-технического прогресса становилось ясно, что накопленного в юности багажа знаний оказывается недостаточно для уверенной ориентации в дальнейшей жизни. Необходимо постоянно следить за новыми важными открытиями и переменами, особенно в сфере, затрагивающей наш быт.

В странах, которые в наибольшей степени испытывают на себе переменчивость конъюнктуры рынка, например в Нидерландах, большинство граждан за свою жизнь неоднократно меняет профессию, для чего проходит специальное обучение на курсах переподготовки кадров. Тем более важно не потерять ориентацию в области экологической безопасности. Всего 50 лет тому назад наступила эра массового использования антибиотиков, а спустя два десятилетия врачи уже знали, что применять антибиотики следует умеренно, так как к ним вырабатывается привыкание, а при частом употреблении может возникнуть аллергия. Такая же смена первоначального увлечения последующей волной опасений постигла неумеренное применение минеральных удобрений, пестицидов и многих других средств.

Не всегда разумно и возможно запретить все потенциально опасные вещества и технологии. Иногда их трудно заменить, в других случаях они оказываются опасными лишь при избыточном использовании. Следовательно, применение новых технологий требует обучения населения, которое в свою очередь бывает эффективным лишь при достаточном понимании физических, химических или биологических процессов, для чего необходима углубленная подготовка. Чем сложнее становится окружающая нас техника, тем более ответственно государство должно относиться к фундаментальному и прикладному образованию населения. Чрезвычайно опасен все возрастающий недостаток знаний населения об особенностях применяемой в быту техники и характере воздействий современных предприятий на окружающую среду.

Чем ниже образовательный ценз населения в экологических вопросах, тем больше оно полагается на мнение специалистов или тех, кто считает себя знающим человеком. Так рождаются

малообоснованные слухи и страхи по одним вопросам наряду с опасной беспечностью по другим. Малограмотное население легко становится марионеткой у тех, кто им управляет, и не способно к действенному контролю и участию в процессах планирования государственного развития.

Непрерывное экологическое образование призвано помочь каждому не отстать от времени, вовремя ориентироваться в переменах, сохранять возможность самостоятельного анализа и вынесения собственных обоснованных суждений по всем важным вопросам, а значит, полноправно и эффективно участвовать в управлении общественной жизнью.

Все сказанное относится не только к сфере экологии и охраны окружающей среды, но и ко всем остальным областям, от которых прямо или косвенно зависит благополучие людей: медицине, экономике, политике. Демократичное общество не может обойтись без заботы о постоянном росте осведомленности населения о происходящих переменах без того, чтобы большинство граждан имело достаточно знаний для глубокого понимания порой непрос- тых вопросов.

Междисциплинарность экологического образования

Экология в течение XX в. испытала ни с чем не сравнимое развитие, по мере которого из частной биологической дисциплины она превратилась в *меганауку*¹, включающую вопросы как всех естественных наук, так и большинства гуманитарных. Чрезвычайно высокий уровень междисциплинарности затрудняет понимание экологии без удовлетворительного владения знаниями разнообразных наук. Кроме того, междисциплинарность означает, что существует множество вопросов, которые находятся на стыке наук и недостаточно рассмотрены каждой из них. Поэтому экологическое образование требует согласования в преподавании различных учебных дисциплин, введения в них соответствующих разделов, необходимых для понимания экологических проблем, и в то же время разработки ряда специальных курсов для изучения и практического освоения междисциплинарных вопросов.

В начале развития экологического образования, в 70-е годы XX в., считалось, что необходимо готовить специалистов по охране окру-

¹ Меганаука — дословно “большая наука” — комплексное научное направление, основанное на содержании и методическом аппарате нескольких наук.

жающей среды в рамках классических наук, таких, как биология, химия, геология и др. В течение 80-х годов стало ясно, что такой путь недостаточен и что экологическое образование должно включать также отдельную междисциплинарную подготовку специалистов. В последующее десятилетие состав экологического образования и в особенности его междисциплинарной части в значительной мере прояснился и наполнился конкретным содержанием.

Содержание экологического образования

В русском языке наряду с понятием “экологическое образование” используют и другие названия, такие, как “природоохранное образование”, или “энвайронментальное образование”. В общем виде прикладное экологическое образование включает: 1) изучение возможных неблагоприятных последствий хозяйственной деятельности для природы и самих людей; 2) обучение населения способам уменьшения негативных последствий *антропогенных воздействий*; 3) изучение самой *экологии* как одной из фундаментальных основ рационального *природопользования*.

В современном понимании содержание полного экологического образования должно включать следующие разделы:

- основные сведения по общей экологии (реакции организмов, популяций и сообществ на факторы внешней среды, а также внутрипопуляционные процессы и закономерности развития сообществ);
- учение о биосфере, круговороте веществ, эволюции биосферы;
- демографические закономерности роста численности человечества;
- основные этапы эволюции хозяйственной деятельности человечества;
- знакомство с основными научными прогнозами дальнейшего развития человечества в связи с ограниченностью природных ресурсов и опасностью снижения устойчивости биосферы в результате значительного антропогенного нарушения природных механизмов саморегуляции, уменьшения биологического разнообразия;
- анализ проблемы истощаемости невозобновимых ресурсов, возможностей ресурсосберегающих технологий;
- энергетические ресурсы и проблема глобального изменения климата Земли в результате дальнейшего увеличения энергопотребления; стратегия экономии энергии;

- проблема загрязнения окружающей среды, неблагоприятного воздействия на экосистемы и здоровье людей; способы снижения загрязнения окружающей среды; малоотходные технологии;
- законодательные, экономические и организационные методы предотвращения экологического кризиса и обеспечения экологической безопасности;
- значение международного сотрудничества, образования и просвещения, участия общественности и роль каждого человека в решении экологических проблем;
- концепция устойчивого развития человечества, гармоничного сочетания экономического роста, экологической устойчивости и социального благополучия.

Все перечисленные выше разделы экологического образования выстроены в строгой логической последовательности так, что каждый следующий опирается на предыдущие и отвечает на возникающие в ходе обучения главные вопросы. Например, для выяснения характера и силы воздействия человечества на биосферу необходимо прежде всего иметь ясные представления о закономерностях изменения численности народонаселения. Затем о скорости истощения природных ресурсов по мере развития человечества. Потом отдельно о возможных запасах энергетических ресурсов, благодаря которым можно в значительной мере компенсировать недостаток того или иного материального ресурса. После этого возникает вопрос о трансформации потребляемых ресурсов в отходы и их воздействии на живое. Пытаясь получить затем ответы на вопросы: что делать? как сохранить ресурсы, избавиться от опасных загрязнений, обеспечить экологическую безопасность, устойчивость биосферы? — перейдем к организационным, экономическим и правовым аспектам совершенствования природопользования.

Порядок и основное содержание экологического образования структурировались постепенно и параллельно в разных странах на протяжении последних сорока лет. В России экологическое образование осуществляется комплексно — через различные учебные дисциплины, имеющие прямое отношение к изучению природы и всевозможных воздействий на нее. Соответствующие разделы после долгих дискуссий были включены в программы курсов природоведения, биологии, географии, химии, экологии, безопасности жизнедеятельности и др. Положительный эффект экологическое образование имеет при условии дополнения теоретического обучения практическими занятиями с целью выработки

навыков повседневного самоконтроля и умеренного использования природных ресурсов, электроэнергии, сельскохозяйственных и промышленных продуктов.

В процессе экологического образования приходится преодолевать барьер традиционного расточительного (потребительского) стиля жизни и активного ухода от коллективной ответственности за опасные последствия антропогенного воздействия на окружающую среду. Экологическое образование не ограничивается естественно-научными и техническими аспектами, а включает разнообразные гуманитарные вопросы: права человека, ответственность перед будущими поколениями, выбор приоритетов в жизни, отношение к другим живым существам и др.

В ряде стран, например в США, существуют специальные законы, регламентирующие и поддерживающие экологическое образование. В России теоретическим аспектам развития экологического образования уделяется много внимания: существуют специальные программы, публикуется учебная литература, проводятся экологические олимпиады для школьников, специальные конференции, общественные акции; издаются журналы "Вестник экологического образования в России" и "АсЭко". Разработаны образовательные стандарты подготовки специалистов в области охраны окружающей среды. Во многих вузах созданы кафедры соответствующей направленности. Тем не менее экологическое образование все еще находится в начальной стадии развития. Ни общество в целом, ни новая генерация молодежи в России еще не имеют ясного представления о необходимых правилах обеспечения экологической безопасности и охраны окружающей среды, хотя в передовых странах эта цель уже достигнута. В России надо активнее готовить квалифицированные кадры преподавателей и подробнее разрабатывать учебные программы, особенно в части практического применения полученных знаний. Каждый человек должен отчетливо понимать:

- как своими действиями он может способствовать целенаправленному сохранению (или же неосознанному разрушению) природного равновесия, начиная со своего жилища и заканчивая всей биосферой;
- как надо действовать при возникновении экологической опасности и какие нормы должны соблюдать те организации, которые имеют дело с потенциально опасными веществами;
- кто ответственен за обеспечение экологической безопасности в стране, регионе, округе.

Одного экологического образования для этого недостаточно, так как надо одновременно научить правильно действовать все население страны. Для этого используют все формы передачи важной информации, стремясь просветить население и способствовать росту его экологической сознательности.

Образование, воспитание, просвещение и культура

Экологическое образование — непрерывный процесс обучения, самообразования, накопления опыта и развития личности, направленный на формирование ценностных ориентаций, норм поведения и получение специальных знаний по охране окружающей природной среды и природопользованию, реализуемых в экологически грамотной деятельности.

Экологическое воспитание — то же обучение экологическим нормам поведения, но не теоретическим путем, а на практике в процессе развития ребенка на основе подражания жизненным установкам и поведению окружающих взрослых.

Экологическое просвещение — распространение экологических знаний и опыта, способствующих формированию экологической культуры.

Экологическая культура — наследуемый опыт жизнедеятельности человека в его взаимодействии с окружающей природной средой, способствующий здоровому образу жизни, устойчивому социально-экономическому развитию, экологической безопасности страны и каждого человека. Экологическая культура тесно связана с другими составляющими культуры, обусловлена мировоззренческой ориентацией человека, особенностями исповедуемой им морали, укоренившимися в его личности этическими нормами поведения.

Воспитание, образование и просвещение совместно призваны способствовать формированию экологической культуры у широких слоев населения.

В Федеральном законе “Об охране окружающей среды” сказано: “В целях формирования экологической культуры и профессиональной подготовки специалистов в области охраны окружающей среды устанавливается система всеобщего и комплексного экологического образования, включающая в себя дошкольное и общее образование, среднее, профессиональное и высшее профессиональное образование, послевузовское профессиональное образование, профессиональную переподготовку и повышение

квалификации специалистов, а также распространение экологических знаний, в том числе через средства массовой информации, музеи, библиотеки, учреждения культуры, природоохранные учреждения, организации спорта и туризма”.

Наибольший эффект в своевременном постижении безопасных со стороны экологии норм жизнедеятельности дает сочетание образования с воспитанием и просвещением. Совместно они призваны содействовать становлению массовой экологической культуры населения. Образование позволяет последовательно и полно передать теоретические знания, практический опыт, навыки.

В свою очередь *воспитание направлено на выработку нравственной позиции*. Имея достаточно знаний, эгоистичный человек тем не менее способен наносить вред окружающей среде и здоровью других людей, если считает, что эти действия выгодны лично ему. В безнравственной среде знания приносят мало пользы для всего сообщества. Высокая нравственность, включающая требовательность к самому себе, терпимость и внимание к окружающим, готовность оказания безвозмездной помощи и самопожертвования, закладывает крепкий фундамент благополучия социума. В том числе и экологические проблемы решаются быстрее и эффективнее в обществе с развитым гражданским самосознанием.

На примере экологических проблем достаточно просто показать, как эгоизм способен навредить всему обществу и в итоге ударить по тому человеку, который был уверен, что он от своих действий никак не пострадает. Экологическое воспитание не просто нравоучительно, а высокоэффективно в отношении интеллектуального и духовного развития.

Если проследить историческое развитие норм нравственного поведения в ходе эволюции человечества, то выявляется постепенное расширение сферы социальной ответственности от уровня рода и племени до масштаба государства и даже межгосударственных объединений. Это хорошо проявляется в подразделении людей на “своих” и “чужих”, в признании права на жизнь.

На современном этапе развития человечество вступило в новую эру, для которой характерно не только расширение социальной ответственности на все население нашей планеты без разделения по расовому, социальному и религиозному признакам, но и принятие на себя ответственности за сохранение благоприятных условий существования будущих поколений. Более того, теперь человечество не только признает ответственность перед людьми, но и считает этически обязательным сохранение разнообразия и богатства живой природы.

Таким образом, экологический кризис помог человечеству осознать недостаточность прежних норм нравственности, перейти на качественно более высокий уровень этического самосознания. Однако от признания передовой частью человечества новых этических норм до укоренения их в сознании большинства людей на Земле — огромная дистанция. Вот почему в наше время экологическое воспитание призвано решить сверхзадачу по значительному повышению нравственной культуры в обществе.

Экологическое просвещение в таких условиях оказывается необходимым и очень важным орудием повышения общей экологической грамотности, гражданского самосознания и нравственного роста населения. Если экологическое образование и воспитание осуществляются на основе давно установившегося института обязательного школьного обучения, то экологическое просвещение не может опираться на дисциплину и отчетность относительно усвоенных знаний и навыков. Оно может быть эффективным только при условии увлекательности. В то же время просвещение должно быть достоверным и не содержать ошибок. В отличие от установленной практики проверки достоверности информации в учебниках и научных работах, просвещение не лимитировано жесткими правилами рецензирования и научного редактирования, что и определяет его основные слабые стороны.

Просвещение обращено ко всем социальным группам населения, включая школьников и студентов, которые и так имеют возможность получить современные экологические знания при изучении соответствующих учебных дисциплин. Но для остального населения просвещение остается главным источником экологических знаний, большая часть которых появилась после окончания ими школы.

Итак, для осуществления грандиозных планов своевременной ориентации всего населения на охрану окружающей среды и рациональное ресурсосберегающее природопользование государству необходимо иметь единую комплексную программу экологического образования, воспитания и просвещения. Осуществляя ее, можно надеяться существенно повысить экологическую культуру населения.

Последовательность экологического образования

Общепризнано, что экологическое образование должно начинаться очень рано. Еще в дошкольном возрасте надо заложить основы уважительного отношения к природе. Важно, чтобы ребе-

нок не только научился замечать вокруг себя разнообразие живого, но и вовремя стал бережно к нему относиться. Многим детям надо самоутвердиться — показать свою силу и значимость. Часто они демонстрируют это, круша все, что попадаетеся им под руку, — растапывая траву и цветы, уничтожая насекомых и лягушек. Достаточно бывает объяснить “маленьким варварам”, что такое поведение свидетельствует о слабости и злобности и вовсе не вызывает восторга у взрослых, как “синдром господства над природой”, проявляемый с раннего возраста, слабеет.

Еще важнее прививать детям способность мысленно ставить себя на место другого существа и видеть себя глазами окружающих. Сосредоточенность на своих собственных потребностях — признак ограниченности умственного развития, характерная черта животного мировосприятия. В среде с примитивными интересами внимание к иным аспектам жизни может не выработаться вовсе. Такое существо не способно воспринять абстрактные категории, в том числе и заботиться о том, что прямо его самого скорее всего не коснется.

Умение представлять последствия любых событий, в том числе и своих действий, вырабатывается в каждом человеке на примерах. Простые истории с участием персонажей из окружающего мира способствуют духовному росту личности, отождествлению животных и растений с людьми, вырабатывают заведомо уважительное отношение к иным существам. Прекрасными примерами успеха ненавязчивого экологического воспитания могут быть сказки, детские мультфильмы, телепередачи с участием добрых персонажей, которые закладывают у детей основы бережного отношения к природе.

В дошкольном возрасте экологическое воспитание акцентируется на морально-этических категориях, рассматриваемых на примере “смены ролей” и на основе развития у ребенка воображения.

В школьный период развития личности все большую роль играет непосредственно знание. На уроках природоведения, географии, биологии дети не только узнают о природных процессах, разных странах, животных и растениях, но и получают первые сведения о хрупкости окружающей природы. В последние десятилетия в программы преподавания ряда школьных дисциплин были целенаправленно введены темы, имеющие непосредственное отношение к экологическому образованию. В старших классах экологические проблемы должны обсуждаться на уроках серьезнее и глубже. Важен конструктивный подход. При чрезмерном избытке информации о надвигающемся кризисе или катаклизме

реакция у еще незрелых в гражданском и личностном отношении молодых людей бывает неожиданно индифферентной. Срабатывает автоматическая самозащита сознания, не способного ответственно принять на себя решение непосильных проблем. Для школьника важен ясный ответ на вопрос: что делать? Поэтому на данном этапе экологического образования важнее призвать к конкретным посильным действиям, чем обсуждать глобальный характер надвигающейся катастрофы.

Экологические проблемы в старших классах можно затрагивать и анализировать на уроках безопасности жизнедеятельности, химии, физики, права, географии, на которых могут быть изучены не только негативные процессы антропогенного воздействия на окружающую среду, но и способы его предотвращения как в технологическом, так и в правовом отношении.

К сожалению, отдельный курс экологии в обязательной составляющей школьного образования не предусмотрен. Каждый регион или школа по собственному выбору решают вопрос о целесообразности преподавания экологии и охраны природы. Это означает, что не все выпускники школ имеют достаточное представление об экологических закономерностях, что в дальнейшем будет лимитировать понимание ими сути экологических проблем, которые не могут быть сведены к прямым воздействиям на человеческий организм. Опосредованное воздействие на людей через реакцию экосистем и биосферы в целом в итоге опаснее локального и прямого, однако для недостаточно образованного в экологии человека остается непонятным и поэтому несущественным.

Полученные на разных уроках отдельные сведения относительно экологических проблем и способов их решения должны быть интегрированы в специальном междисциплинарном учебном курсе, содержание которого примерно соответствует описанному выше. Такие дисциплины были включены в программы общеобразовательных школ во многих странах. По ним имеются учебники, в том числе иностранные (Небел, 1993). Однако в России подобный курс предусмотрен только в высшей школе.

В высшем образовании курс "Экология" начиная с 90-х годов XX в. включен в число обязательных фундаментальных дисциплин практически по большинству естественно-научных и инженерных специальностей. По существу, этот краткий курс (60–100 часов) совмещает в себе как основы общей экологии, так и панорамный курс об охране окружающей среды.

Специальное экологическое образование возникло в нашей стране с некоторым опозданием. Примерно 30 лет тому назад казалось, что подготовить квалифицированного специалиста, соче-

такого достаточные познания по множеству фундаментальных дисциплин, невозможно. Поэтому возобладала концепция профильной подготовки специалистов отдельно по биологии, геологии, химии, праву и т.д. В университетах в структуре традиционных факультетов появились соответствующие кафедры. В середине 1980-х годов для инженерных вузов была введена специальность “Охрана окружающей среды”. Однако решение многочисленных экологических проблем требовало универсальных специалистов, достаточно хорошо разбирающихся как в естественно-научных, так и в социально-экономических вопросах. Инженерных или узко-экологических подходов для этого было явно недостаточно.

В то время в западных университетах уже начали готовить кадры по интегральной программе, получившей название “Environmental Studies”, а выпускники пользовались большим спросом. В России к началу 90-х годов также возник спрос на профессионалов экологов-управленцев после того, как было создано Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов с обширной сетью подразделений — комитетов по экологии во всех субъектах Федерации, городах и районах.

Стало очевидным, что интегральные специалисты-экологи с управленческим уклоном должны иметь специальную подготовку вне традиционной классификации фундаментальных наук. Поэтому были разработаны образовательные стандарты по нескольким новым специальностям: “Экология”, “Геоэкология”, “Природопользование”, “Безопасность жизнедеятельности”, “Мелиорация, рекультивация и охрана земель”, “Комплексное использование и охрана водных ресурсов”, “Инженерная защита окружающей среды”, а также по программам выпуска бакалавров “Экология и природопользование” и “Защита окружающей среды”. Содержание экологического высшего образования в значительной степени определяется профилем специальности и вуза, но обязательно включает вопросы смежных наук.

Не получившие в свое время экологической подготовки специалисты и руководители различных учреждений в большинстве своем в соответствии с законом “Об охране окружающей среды” обязаны пройти дополнительное обучение на курсах повышения квалификации или переподготовки кадров: “Руководители организаций и специалисты, ответственные за принятие решений при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает или может оказать негативное воздействие на окружающую среду, должны иметь подготовку в области охраны окружающей среды и экологической безопасности” (ст. 73). Такие курсы имеют собственные программы обучения, в которых учитывается

специализация учреждений, посылающих своих сотрудников на повышение квалификации или переподготовку.

Итак, законодательством Российской Федерации предусмотрены все составляющие экологического образования, воспитания, просвещения, переподготовки кадров.

Выводы

1. Решение экологических проблем связано прежде всего с осознанием самим населением важности обеспечения экологической безопасности, охраны природы, изменения образа жизни согласно новым реалиям быстроразвивающегося мира.

2. Для этого необходимо своевременно компенсировать недостаток экологических знаний среди широких кругов населения, научить действовать сообразно экологическим ситуациям, выработать новые традиции экологически мотивированного поведения.

3. В 1977 г. на Первой Всемирной межправительственной конференции по вопросам образования в области окружающей среды были сформулированы цели и методы экологического образования, которым человечество следовало все последующие годы.

4. Было решено, что образование необходимо осуществлять одновременно на всех уровнях обучения — от дошкольного до переподготовки и повышения квалификации специалистов.

5. Экологическое образование должно быть непрерывным, т.е. осуществляться в течение всей жизни, так как именно в этой области происходит постоянное обновление знаний и навыков.

6. Экологическое обучение не должно быть пассивным, созерцательным. Поэтому необходимо одновременно создавать условия для активного участия граждан всех возрастных и социальных групп в решении экологических проблем и совершенствовании форм хозяйственной деятельности.

7. Для этого необходимо, в частности, обеспечить своевременное информирование населения о состоянии окружающей среды, о грозящих им или окружающей природе опасностях, о способах преодоления экологического кризиса.

8. Экологическое образование и просвещение, оторванные от других составляющих высокой нравственной культуры личности, не могут обеспечить население страны и человечества в целом должной степенью защищенности от порождаемого самими же людьми экологического кризиса.



МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Основные вопросы

-
1. *В чем состоит роль международного сотрудничества?*
 2. *Как соотносятся между собой международные и национальные действия?*
 3. *Когда развернулось международное сотрудничество в области охраны природы?*
 4. *В каких областях сейчас сосредоточено международное сотрудничество?*
 5. *Основные международные органы кооперации и международные организации по охране окружающей среды.*
 6. *Как международное сообщество может добиться выполнения своих решений?*
 7. *Как соотносятся между собой международные и национальные действия?*
-

Предыстория международного сотрудничества по охране природы

В настоящее время международное сотрудничество по охране окружающей среды приобрело логически заверченный вид как по основным направлениям, так и по формам организации. Однако этот результат оказался достигнут лишь спустя век после того, как стало ясно, что без взаимных обязательств государств невозможно уберечь природу от полного расхищения.

С середины XIX до начала XX в. промысел ценных диких животных достиг опасного уровня почти на всех континентах и океанах Земли. В плотно населенной Европе к этому времени уже были подорваны популяции многих видов крупных зверей, птиц и ценных рыб. Экономический взлет в Северной Америке в последней трети XIX в., сопровождавшийся вырубкой лесов на востоке, освоением запада, строительством железных дорог через ранее

недоступные территории, привел к вырождению прекрасной природы на глазах одного поколения. В Новом Свете наиболее ярким примером бездумного уничтожения ценнейших видов стало истребление бизонов (*Bison bison*). В Африке многочисленные цивилизованные охотники, вооруженные стрелковым оружием, охотились на слонов, львов, тигров и других животных, благодаря которым этот континент приобрел славу лучших охотничьих уголков мира.

Мировой океан стал ареной истребления китов и тюленей. В 1867 г. была изобретена пушка для отстрела китов разрывными гранатами и гарпунами. Когда-то героический промысел, связанный с большим риском для жизни китобоев, стал превращаться в безнаказанное уничтожение одного из чудес природы. Если раньше промысел китов регламентировался необходимостью доставки туш к берегу для последующей разделки и вытапливания жира, то с появлением в 1909 г. салотопных плавучих заводов отстрел китов стал намного более интенсивным. Началось беспощадное хищническое истребление гигантских морских млекопитающих (Бородин, 1915).

Если уничтожение фауны в развитых государствах еще можно было предотвратить собственными силами, то для сохранения живых ресурсов Мирового океана или природы отсталых стран Африки и Азии требовались согласованные международные усилия. Прежде других это поняли ученые, которые потребовали от своих правительств решительных действий по регламентации охоты на ряд видов, находящихся на грани истребления. В 1900 г. в Лондоне была представлена к подписанию Конвенция об охране дикой природы Африки. В 1910 г. на Восьмом Международном зоологическом конгрессе Поль Саразен из Швейцарии сделал доклад о мировой охране природы и предложил немедленно создать Комиссию для подготовки предложений для подписания государствами соответствующего международного соглашения и созыва Международного съезда по охране природы. Первый съезд был проведен в Швейцарии в 1913 г. Он заложил основы развития научно обоснованной охраны природы во всех развитых странах. Во многих странах, включая Россию, стали создавать особо охраняемые природные территории, а в 1933 г. в Лондоне была заключена Конвенция о сохранении фауны и флоры в их природном состоянии и в том же году Конвенция об охране флоры и фауны на Африканском континенте.

В начале XX в. возник первый прецедент рассмотрения вреда, наносимого предприятием одного государства другому государ-

ству. В 1896 г. в Канаде, недалеко от границы с США, в г. Трейле был построен медеплавильный завод, дым которого стал наносить урон сельскому хозяйству на прилежащих американских территориях. Дело рассматривалось в суде, который в заключении указал, что ни одно государство не имеет права использовать свою территорию или разрешать использовать ее таким образом, чтобы дымом причинять ущерб территориям другого государства, собственности или лицам, находящимся на территории другого государства. Кроме того, суд принял решение о возмещении ущерба пострадавшим фермерам и о ликвидации загрязнения воздуха в будущем (Сперанская, Третьякова, 1995). Этот случай долгое время оставался единственным в практике международного права вплоть до второй половины XX в.

В 1921 г. в Женеве была заключена Конвенция об использовании свинцовых белил в малярном деле, запрещавшая распыление свинцовых белил, так как они вредят здоровью.

Если в первой половине XX в. вопросы охраны природы, охраны труда и нанесения экономического ущерба загрязнением окружающей среды не рассматривались взаимосвязанно, то теперь их надо объединять в единый “пакет” и относить к категории международного права в области охраны окружающей среды. Так разрозненно и медленно закладывались основы международного экологического права вплоть до окончания Второй мировой войны. Во второй половине XX в. этот процесс стал ускоряться в соответствии с нарастанием экологического кризиса. Большую роль сыграла в развитии международного сотрудничества в области охраны окружающей среды Организация Объединенных Наций (ООН), основанная в 1945 г.

Роль ООН в развитии международных отношений в области охраны окружающей среды

После завершения Второй мировой войны возникло несколько международных организаций, сыгравших впоследствии важную роль в становлении “биосферного” мышления. Прежде всего это Организация Объединенных Наций, созданная в 1945 г., которая оказалась намного дееспособнее своего предшественника — Лиги Наций. Теперь уже трудно представить себе без участия ООН серьезную консолидацию мирового сообщества, выработку методов и инструментов принятия согласованных решений, смягчения конфликтов, исследования перспектив развития человечества. ООН развернула последовательную и целенаправленную деятельность по

политической интеграции человечества, в том числе и для решения надвигающихся социально-экологических проблем.

После основания ООН в 1945 г. при ней была создана ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), в задачи которой входили изучение продовольственных ресурсов и разработка программы обеспечения человечества продовольствием. Благодаря ее деятельности мир узнал об истинных масштабах недостатка пищи: примерно треть человечества хронически недоедала и голодала. Дефицит продовольственных ресурсов стал одним из первых грозных признаков возможной трагедии при быстром росте народонаселения Земли. Благодаря организационным усилиям ФАО уже в 1950-е годы была развернута беспрецедентная кампания обучения населения слаборазвитых стран современным агротехническим приемам, которая вскоре получила название “зеленая революция”.

В 1946 г. была создана Организация ООН по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) со штаб-квартирой в Париже. Одним из главных направлений ее деятельности стала охрана окружающей среды. “Курьер ЮНЕСКО” — популярный журнал, выходящий на основных языках мира, в том числе и на русском, стал источником свежих идей, новостей и разработок в области культуры, науки и охраны природы. Ежегодно ЮНЕСКО проводила конференции на актуальные темы. Оставаясь за пределами политических противоречий поляризованного мира, ЮНЕСКО стала мостом между капиталистическим и социалистическим лагерями, развивающимися и экономически развитыми странами.

В 1948 г. по инициативе ЮНЕСКО возник Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) — межправительственная научно-консультативная организация для сохранения природных богатств Земли и их рационального использования. В 1949 г. ООН провела Международную научно-техническую конференция по сохранению пищевых ресурсов, а в 1955 г. — Международную конференцию по охране живых морских ресурсов.

В 1958 г. в Женеве состоялась I Конференция ООН по морскому праву, на которой были приняты четыре конвенции, подготовленные Комиссией международного права: Конвенция о территориальном море и прилежащей зоне; Конвенция об открытом море; Конвенция о рыболовстве и охране живых ресурсов открытого моря; Конвенция о континентальном шельфе. На примере Мирового океана с “ничейной” акваторией, не принадлежащей государствам и не находящейся под их защитой, зародилась важная практика международного законодательства, сотрудничества

и признания неизбежности согласованных действий независимых друг от друга сторон. В Конвенции об открытом море уже содержалось положение о предупреждении загрязнения морской среды, которое в последующих международных документах, и особенно в Лондонской конвенции по предотвращению загрязнения моря отходами и другими материалами в результате сбросов (1972), Конвенции ООН по морскому праву 1982 г., было развито и детализировано.

В 1961 г. Экономический и социальный совет ООН (ЭКОСОС) принимает резолюцию № 810 о важности создания сети заповедников по всему миру. В том же году возник WWF — Всемирный фонд охраны дикой природы, который начал свою деятельность с финансирования природоохранной работы на Галапагосских островах, а затем помог сохранить множество видов, находившихся на грани полного уничтожения, в том числе и в нашей стране.

В то время как эти молодые международные организации делали свои первые шаги, мир вошел в период послевоенного экономического бума. В считанные годы был восстановлен предвоенный потенциал СССР, Германии, Англии, Франции, Японии, а экономика США безусловно доминировала над другими странами, разворачиваясь в течение 1950-х годов как тугая пружина. Противостояние двух сверхдержав — США и СССР — лишь подгоняло гонку не только вооружения, но и всех сфер экономики и научно-технического развития. Были проведены многочисленные испытания атомного оружия, построены первые атомные электростанции, запущены первые искусственные спутники Земли. В промышленности появились новые синтетические материалы, началось массовое производство пластмасс. В сельском хозяйстве получили распространение минеральные удобрения и пестициды.

Значительная часть ресурсов уходила на бесплодную гонку вооружения. Поэтому задачи разоружения и охраны окружающей среды оказались в послевоенной истории тесно связаны друг с другом. В то же время все очевиднее становилась опасность гонки ядерного вооружения с чередой испытаний атомных бомб и риском тотального “ядерного апокалипсиса” в случае начала третьей мировой войны. Отражением международной обеспокоенности стала Парижская конвенция об ответственности перед третьей стороной в области ядерной энергии, принятая в 1960 г. (с последующими поправками).

В течение 1950-х годов нерегламентированное экономическое развитие продемонстрировало столь яркие примеры варварского уничтожения природы, что просвещенная часть человечества стала

требовать принятия неотложных мер. Поэтому неудивительно, что в 1962 г. ЭКОСОС рекомендовал “Комплекс мер по охране и улучшению природной среды”, а Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию “Экономическое развитие и охрана природы”, в которой уже тогда был сделан упор на сочетание интересов развития общества и охраны окружающей среды. На следующий год в Москве было подписано соглашение о прекращении испытаний ядерного оружия в трех сферах (в атмосфере, космическом пространстве и под водой), которое в 1963 г. получило форму бессрочного договора, подписанного более 100 государствами. В 1968 г. был заключен Договор о нераспространении ядерного оружия, в котором среди прочих важных решений был и запрет на проведение атомных взрывов в мирных целях. В 1967 г. ведущие страны сочли необходимым заключить Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела. В нем, в частности в ст. IX, содержится обязательство при изучении и использовании космического пространства, включая Луну и другие небесные тела, избегать их вредного загрязнения, а также неблагоприятных изменений земной среды вследствие доставки внеземного вещества.

В 1966 г. Международный союз охраны природы и природных ресурсов издал первую Международную Красную книгу, в которой были приведены списки видов, находящихся на грани вымирания. Впоследствии аналогичные списки редких видов были составлены для разных регионов и стран. В СССР Красная книга была издана в 1978 г. В последние два десятилетия изучение и учет редких видов с периодическим пересмотром списка видов, находящихся на грани вымирания, стали постоянной обязанностью всех развитых стран.

С 1964 по 1974 г. под эгидой ЮНЕСКО была осуществлена Международная биологическая программа (МБП), внесшая огромный вклад в познание структуры и функционирования основных видов экосистем, их продуктивности, описания редких видов. Одновременно проходило Международное гидрологическое десятилетие. Тогда были организованы многочисленные научные экспедиции на суше и на море, позволившие за короткий период провести настоящую инвентаризацию ресурсов и состояния биосферы. В 1970 г., на 16-й сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО, была принята Международная программа “Человек и биосфера” (МАВ: “Man and Biosphere”), сконцентрировавшая внимание ученых на проблеме антропогенного воздействия на биосферу и ее устойчивость.

Начиная с 1970-х годов под эгидой ООН разворачивается научно обоснованное прогнозирование пути развития человечества с учетом социальных, экономических и экологических проблем. Человечество вступило в новую эру всемирной интеграции и планирования развития мирового сообщества. Вопросы охраны окружающей среды стали рассматривать во все большей взаимной связи с социальным и экономическим совершенствованием. Начало было положено на Конференции ООН по окружающей человека среде и развитию в Стокгольме в 1972 г. Продолжением стали крупные конференции в Рио-де-Жанейро в 1992 г. и в Йоханнесбурге в 2002 г., на которых сформировалась концепция устойчивого развития (см. гл. 24).

Международное сотрудничество переросло рамки решения конфликтных проблем, возникающих между государствами. Постепенно оно становится все более важным инструментом управления миром. Аналогичным образом более 100 лет тому назад происходило усиление федеративного начала в США с постепенной передачей все большего числа функций от местного управления (штатов) на федеральный уровень. Тем же путем в течение XX в. прошли и некоторые другие страны, например Австралия. Мы стали свидетелями первых шагов общеевропейской интеграции с созданием Европейского союза (ЕС).

Деятельность ЮНЕП

В 1972 г. по решению Стокгольмской конференции была образована Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП). С этого времени ЮНЕП стала штабом подготовки последующих согласованных действий мирового сообщества по предотвращению экологического кризиса, заменив на этом посту ЮНЕСКО, на долю которой остались вопросы более общей гуманитарной направленности.

Программа по окружающей среде использовала возможности ООН для привлечения внимания правительств всех стран к решению экологических проблем. ООН не может обязать государства следовать своим решениям, так как деятельность этой организации основана на добровольном согласии государств выполнить рекомендации, принимаемые большинством голосов на регулярно созываемых сессиях и ассамблеях ООН. На первый взгляд полномочия ООН кажутся слишком незначительными. Своевременное выявление назревающих проблем позволяет с опережением приступить к их разрешению, не дожидаясь фазы обострения, когда любые действия оказываются болезненными

в критической ситуации. Сформулировать проблему и понять ее истоки, а затем создать международные предпосылки как для согласованных, так и для самостоятельных поисков путей ее решения — вот основная миссия таких международных организаций, как ЮНЕП.

Для выполнения своих функций ЮНЕП использует, прежде всего, информационные ресурсы. Эта организация привлекает ведущих специалистов в качестве экспертов по актуальным вопросам охраны окружающей среды, геополитики, экономики и просвещения. С их помощью разрабатываются проекты международных рекомендаций и решений, которые затем рассматриваются на специализированных саммитах и широко распространяются по всему миру.

При решении любых сложных системных проблем, касающихся многих участников и множества сторон жизни людей, важно прийти к согласию относительно последовательности поэтапного достижения поставленных целей. Невозможно сразу справиться со всеми проблемами. Надо определиться, на каких вопросах сконцентрировать усилия вначале, а с какими придется подождать. Часто такой выбор дается с трудом, так как затрагивает интересы той или иной страны или группы населения.

Например, на Всемирном саммите в Йоханнесбурге в 2002 г. было решено сосредоточить международные усилия в ближайшее десятилетие на решение проблемы дефицита пресной воды и недостаточного количества чистой питьевой воды, хотя эти вопросы актуальны не для всех стран.

Раньше подобным же образом по инициативе и активной поддержке ЮНЕП в качестве приоритетных тем фигурировали трансграничный перенос загрязненных воздушных масс (1970-е гг.), борьба с опустыниванием (1970-е гг.), опасность истощения озонового слоя атмосферы Земли (1980-е гг.), сохранение биологического разнообразия (1990-е гг.), предотвращение потепления климата (1990-е гг.).

Важным результатом деятельности ООН в области охраны окружающей среды стало заключение ряда важных природоохранных международных соглашений: в 1989 г. — Конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением и Конвенции о гражданской ответственности за ущерб, причиненный при перевозке опасных грузов автомобильным, железнодорожным и внутренним водным транспортом; в 1990 г. — Международной конвенции по обеспечению готовности на случай загрязнения нефтью, борьбе с ним и сотрудничеству; в 1991 г. —

Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте; в 1992 г. — Конвенции о трансграничном воздействии промышленных аварий и Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер; в 1993 г. — Конвенции о гражданской ответственности за ущерб, нанесенный в результате деятельности, представляющей угрозу для окружающей среды. Общее число международных конвенций, заключенных по охране окружающей среды в течение XX в., неуклонно возрастало (рис. 22.1).

Международный правовой инструментарий с каждым годом становился все более конкретным и всеобъемлющим. Разработка

Число конвенций (аккумулятивно)

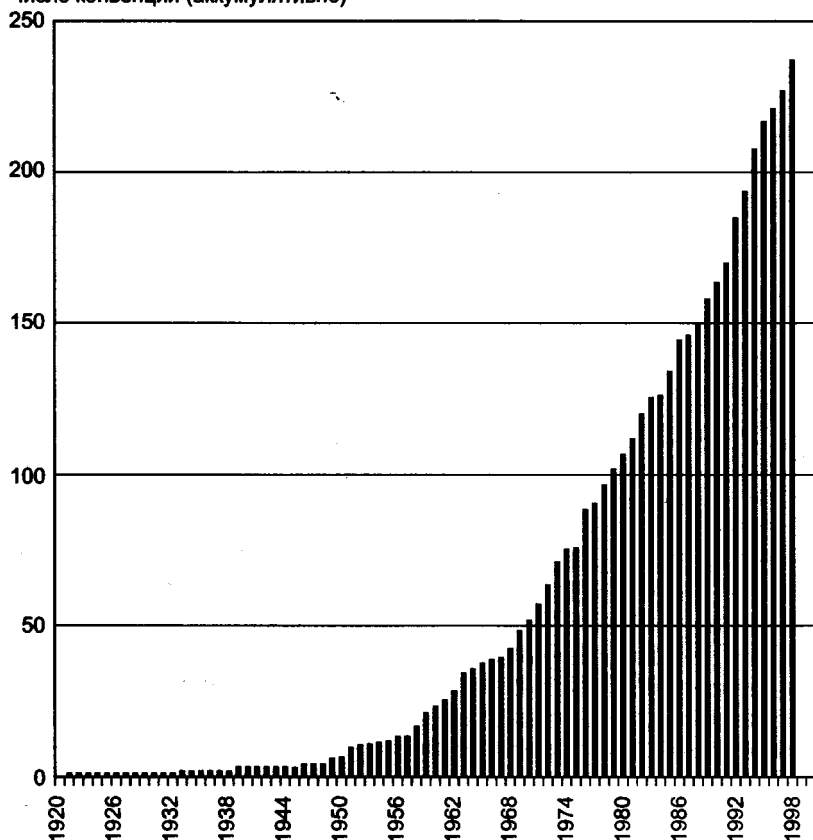


Рис. 22.1. Рост числа международных конвенций по охране окружающей среды во второй половине XX в. (Worldwatch Database, 2000)

и принятие международных соглашений, конвенций, деклараций оказывало большую помощь правительствам многих стран, избавляя их от необходимости самостоятельно исследовать сложные вопросы охраны окружающей среды; позволяя не повторять экологические просчеты экономического развития; облегчая правовые отношения между разными странами и компаниями.

ЮНЕП привлекает внимание на международном уровне и к решению менее масштабных задач, таких, как охрана прибрежных океанических экосистем или сохранение тропических лесов.

Для большей эффективности и согласованности действий ООН объявляет определенный год или даже десятилетие посвященными той или иной проблеме. За это время проводятся согласованные с оргкомитетом исследования разными странами, накапливаются впечатляющие результаты, что позволяет в короткий срок достичь значительного прогресса.

Даже очень простые, ни к чему не обязывающие международные акции вроде Дня Земли позволяют постепенно достичь широкой консолидации усилий среди населения и подготовить почву для узаконивания и укоренения новых правил жизни. Так, в настоящее время все больше городов присоединяется к проведению Международного дня без автомобиля (Car Free Day), когда в определенное воскресенье каждый год население этих городов старается не пользоваться автомобилями, продемонстрировав таким способом солидарность с теми, кто призывает снизить нагрузку от автотранспорта на окружающую среду. С подобных инициатив начинались акции за спасение слонов в Африке, тропических лесов, борьбы с курением, сортировки бытовых отходов и др. Спустя годы сортировка мусора вошла в практику большинства городов в Северной Америке, Европе, Австралии, Японии. Курение пошло на убыль. Борьба с браконьерством окрепла. Ежегодно в День Земли 22 апреля по всему миру высаживают все больше саженцев деревьев, чтобы таким способом бороться с обезлесением.

В арсенале средств международной деятельности имеются различные формы достижения взаимных договоренностей и планов действий: декларации, конвенции, договоры, моратории и др. С их помощью удается шаг за шагом приближаться к решению сложных вопросов, требующих согласованных и ответственных мер со стороны множества стран.

Декларация — официальное заявление, провозглашающее основные принципы внешней или внутренней политики государства, мирового сообщества или программные положения отдельных партий. Декларации, как правило принимаются в общих формулировках, не вызывающих возражений у соглашающихся

сторон. В них отсутствуют конкретные сроки и частные особенности выполнения сформулированных целей.

Декларация — это первый шаг к согласию и сотрудничеству. В ней определяются главные направления последующего развития и обходятся спорные вопросы.

Договоры могут иметь различные наименования (соглашение, декларация, пакт, протокол, конвенция и др.). Они заключаются между государствами и направлены на урегулирование отдельных международных вопросов путем создания взаимных прав и обязанностей в политической, экономической, научно-технической, культурной, таможенной и других областях. Договоры заключаются согласно Венской конвенции о праве международных договоров (1969).

Конвенция — обычно многостороннее международное соглашение по отдельному специальному вопросу, например по уменьшению производства озонразрушающих веществ или запрете на торговлю редкими видами растений и животных.

В форме договоров и конвенций конкретизируются обязательства, которые ранее, возможно, были сформулированы лишь декларативно.

Договоры и конвенции часто сопровождаются **протоколами**, которые принимают по мере необходимости дальнейшей конкретизации форм и сроков совместной деятельности, обязанностей сторон.

В международном праве используется также и форма моратория. **Мораторий** — это отсрочка исполнения обязательств или намерений. Например, при возникших сложностях с заключением полномасштабного договора о прекращении испытаний ядерного оружия правительства ряда стран, в том числе и СССР, объявили в одностороннем порядке мораторий на продолжение испытаний, демонстрируя таким образом готовность к реальному заключению соответствующего договора и выполнению договорных обязательств. Мораторий объявляется законом или постановлением правительства страны с указанием срока его действия, вида обязательств, а также территории, на которую он распространяется.

Как международное сообщество может добиться выполнения своих решений?

Независимость стран в выборе собственной политики и путей развития остается незыблемым принципом международной кооперации. Казалось бы, что ничто не может заставить какое-нибудь

государство, не согласное с решениями мирового сообщества, выполнить их. И действительно, можно привести множество примеров неподчинения отдельных стран решениям ООН. Однако проходит время, и, как правило, решение ООН оказывается принятым даже “строптивыми” странами. Почему так происходит?

У ООН и входящих в нее государств имеются разнообразные возможности воздействия на несогласных, оставшихся в меньшинстве. Прежде всего, это экономические рычаги. Все страны для ускорения развития нуждаются в иностранных инвестициях и кредитах. Крупнейшие кредиторы — Всемирный банк, Международный банк реконструкции и развития (МБРР), Международный валютный фонд (МВФ) и др. Они подчиняются рекомендациям ООН, а следовательно, становятся орудиями воздействия на тех, кто отказывается выполнять решения Генеральной Ассамблеи ООН или Международных конвенций, принятых по существующим правилам.

Важной составляющей международного сотрудничества является обмен инновационной информацией: патентами, новыми технологиями, консультациями экспертов и др. Отказ в предоставлении подобной информации может затормозить развитие любого государства, осложнив тем самым внутривнутриполитическую обстановку в нем.

Международное сообщество может также действовать через Всемирную торговую организацию, члены которой пользуются преимуществами при экспорте своей продукции. ООН может в крайнем случае объявить об экономической блокаде государства. Существует и множество более мелких способов влияния на государство, например, путем отсрочки уплаты им долгов, или отсрочки распространения на него ограничительных условий (запрет на посадку самолетов с высоким уровнем шума авиационных двигателей, или запрет на заход в порты судов, не оборудованных устройствами для сбора мусора, и т.д.).

Приведенные примеры дают некоторое представление о разнообразных способах международного влияния. В современном высокоинтегрированном мире любая форма изоляции государства разорительна для него и неизбежно порождает внутренний кризис, который может стать причиной смещения правительства собственным населением с изменением ориентации политиков на взаимодействие с остальным миром. Поэтому сопротивление решениям ООН рано или поздно становится невыгодным как экономически, так и политически.

Демократический способ решения противоречий включает терпение и внимание к доводам оппонентов как важное условие успеха. Лучше бывает подождать, пока созреют условия для претворения в жизнь рекомендаций, если они опережают развитие данной страны, чем навязывать их силой. Взаимное уважение всех стран вне зависимости от размеров и экономического потенциала — основополагающий принцип сосуществования и интеграции международного сообщества.

Роль международного сотрудничества в решении экологических проблем

Международное сотрудничество и помощь других государств не могут подменить собственные усилия правительства и населения страны по решению внутренних проблем. Справедливо считается, что снижение загрязнения воды, воздуха, почвы, продуктов питания являются прерогативой местных властей, а население должно ясно сформулировать свои требования и добиваться их выполнения. Также и решение проблемы постепенного истощения природных ресурсов относится к компетенции внутренней политики государств.

Иное дело, если загрязнение окружающей среды или истощение природных ресурсов затрагивает интересы других государств. Эти вопросы уже находятся в юрисдикции мирового сообщества. Исторически международное природоохранное право возникло по мере урегулирования споров относительно использования ресурсов Мирового океана за пределами экономических зон прибрежных государств. Затем стало необходимо внести ясность относительно отношений государств на “ничейных” территориях Антарктиды, а позже Луны. Испытания ядерного оружия породили новую задачу снижения риска радиоактивного загрязнения за пределами тех государств, на чьей территории или акватории производятся взрывы. Аналогичной задачей стал трансграничный перенос загрязненного химическими веществами воздуха.

Область компетенции международного природоохранного права постепенно расширяется. К настоящему времени пришлось решать сложные задачи снижения риска потери устойчивости биосферы. Это выразилось прежде всего в проблемах истощения озонового слоя атмосферы Земли и опасности быстрого изменения климата в результате антропогенного влияния. К этой же категории можно отнести и проблему постепенного снижения биологического разнообразия — оскудения генетического богатства живой

природы, накопленного в результате биологической эволюции на протяжении многих сотен миллионов лет.

Несмотря на то что международное сотрудничество по охране окружающей среды стремится не вмешиваться в решение внутренних экологических проблем, оно часто оказывается инициатором и ускорителем прогресса и в этой области. Если международное право включает требование компенсации убытка соседним государствам за нанесенный ущерб в результате переноса загрязненных воздушных масс, то, естественно, страна-загрязнитель вынуждена бывает быстрее построить или усовершенствовать имеющиеся очистные сооружения, или же сменить технологию производства на более современную и чистую.

Так же обстоит дело и в случае охраны биологических ресурсов, находящихся на грани уничтожения. Международные действия подталкивают государства к созданию заповедников, совершенствованию охраны, более активной пропаганде природоохранных знаний среди населения.

Соотношение международных и национальных действий

По условиям международного права любые договоры и конвенции должны быть ратифицированы государствами-участниками. Процесс ратификации включает обсуждение данного документа в законодательном органе и принятие соответствующего национального закона. Таким образом, международное решение становится обязательным и на национальном уровне. После принятия закона полагается проанализировать степень соответствия ему уже имеющихся законодательных актов и в случае необходимости видоизменить их таким образом, чтобы они не противоречили международной конвенции или договору. Следовательно, международные документы, ратифицированные парламентом страны, имеют более высокий правовой статус по сравнению с национальными.

Другие международные решения имеют рекомендательный характер. Они служат ориентирами для всех стран, ясно указывая направление развития мирового сообщества. Тем не менее к ним обычно относятся с большим вниманием. Для сохранения высокой степени интегрированности в мировой процесс развития необходимо поспевать за остальными, а значит, и своевременно создавать условия для выполнения даже рекомендательных решений. В этом случае страны имеют возможность получить целевую фи-

нансовую и интеллектуальную поддержку от лидеров. В нашей стране так, например, обстояло дело с задачей ликвидации химического оружия. Советский Союз подписал соответствующую конвенцию еще в 1975 г. и получил в дальнейшем экономическую помощь для реализации этого проекта. То же произошло и с реализацией конвенций о запрещении выпуска озонразрушающих веществ, сохранении биологического разнообразия, сохранении лесов и др.

Контроль за выполнением международных решений осуществляется несколькими способами. В некоторых случаях для этого создают специальные международные комиссии, как, например, по вопросам вооружения, испытания ядерного оружия или работе атомных электростанций. При подписании соответствующих договоров и конвенций государства принимают на себя обязательство содействовать работе подобных комиссий и предоставлять им все необходимые сведения.

Все большие возможности контроля дают дистанционные методы — с космических аппаратов. Таким способом могут быть получены картографические материалы, отслежены изменения, например, площади лесов. Постепенно создается все больше датчиков и способов дистанционного определения различных параметров: от простых фотографий до измерения концентрации многих химических веществ.

Общественные международные природоохранные организации

Помимо профессиональных международных организаций в решении экологических и социальных проблем важную роль играют общественные организации. Большинство подобных объединений занимается отстаиванием интересов населения по вопросам сугубо местного характера, таким, как использование ближайших территорий, совершенствование инфраструктуры, обеспечение экологической безопасности и др. Они далеки от консолидации усилий на международном уровне. Однако есть и такие общественные организации, которые заняты вопросами, требующими международного сотрудничества. Например, охрана птиц недостаточно эффективна без учета отношения к ним в других странах, через которые пролегают пути их сезонных миграций. Этим обеспокоен *Международный союз охраны птиц*, а *Международный союз охраны природы*, основанный в 1948 г., сосредоточил усилия на пропаганде создания особо охраняемых территорий и спасения видов, находящихся на грани уничтожения.

Всемирный фонд охраны дикой природы (WWF — World Wildlife Fund) начал свою деятельность в 1961 г. с того, что привлек средства, собранные среди населения США, Канады и ряда европейских стран, для спасения отдельных видов диких животных, обитавших на Галапагосских островах, а затем распространив свою активность на охрану фауны Африки.

В 1963 г. WWF обеспечил стипендию студентам из 21 африканской страны в Колледже управления дикой природой Мвека (Танзания), где открылся первый курс по охране природы. В результате более 2000 выпускников стали основной силой в практическом осуществлении и управлении природоохранными проектами по всему континенту. WWF был в числе основных инициаторов Международной конвенции об охране водно-болотных угодий (Рамсарской конвенции), имеющих международное значение, которая была принята в 1971 г. Совместная программа WWF и Международного союза охраны природы TRAFFIC была создана в 1976 г. для мониторинга торговли дикими видами животных, растений, а также их частей. За 25 лет TRAFFIC выросла из единственного офиса в Великобритании в сеть представительств по всему миру. Программа была создана прежде всего для поддержания успешной реализации Конвенции по международной торговле редкими и исчезающими видами фауны и флоры (CITES), в список которой сегодня включено более 30 тыс. видов растений и животных и к которой присоединилось более 150 стран. TRAFFIC играет важную роль не только в обеспечении работы CITES, но и в сокращении нелегальной торговли продуктами дикой природы (рогами носорогов, слоновой костью, органами тигров, тропическими птицами и рыбами).

В 1975 г. WWF начал первую международную кампанию по спасению тропических лесов, в результате которой удалось собрать деньги и создать десятки охраняемых территорий — национальных парков и заповедников в Центральной и Западной Африке, Юго-Восточной Азии и Латинской Америке.

В начале 1980-х годов WWF выступил с инициативой по введению особого вида реструктуризации части долгов стран — “долгов за природу”. Фактически это схема зачета внешнего долга страны в обмен на дополнительное бюджетное финансирование природоохранных мероприятий страной-должником на своей территории. Такая схема уже была реализована во многих странах, например в Польше, на Филиппинах, в Мексике, Болгарии, Коста-Рике.

Проекты по сохранению амурского тигра и мест его обитания стали одним из первых серьезных шагов WWF в России. Несмотря на то что вид внесен в Россий-

скую и Международную Красные книги и добыча его запрещена, животные постоянно являлись объектом браконьерского промысла: ежегодно истреблялось около 50 особей. К середине 1990-х годов в Приморском крае и на востоке Хабаровского края оставалось всего 250 особей: амурский тигр вымирал буквально на глазах. Поэтому по инициативе и при финансировании WWF и других организаций была создана государственная инспекция "Тигр", объединившая девять бригад по борьбе с браконьерством. Их успех очевиден, по данным переписи, численность животных стабилизировалась и теперь составляет уже более 450 особей.

В 1994 г. благодаря усилиям WWF весь Южный океан в Антарктиде объявлен китовым заповедником. Его граница соединяется с южной границей заповедника Индийского океана. Эти охраняемые морские территории вместе занимают около 100 млн км², защищая от китобойного промысла почти одну треть мирового океана. Кашалоты и все усатые киты Южного полушария, за исключением полосатика Брайда, летом мигрируют к местам кормежки у берегов Антарктиды. Открытие заповедника сыграло решающую роль в восстановлении когда-то самых многочисленных популяций, сильно пострадавших от рук китобоев.

Международные организации типа *Гринпис* (1971 г.) возникли вначале для привлечения мировой общественности к серьезным проблемам, не находившим решения в правительственных структурах, например к необходимости полного запрета испытания ядерного оружия или охоты на китов. В 1971 г. небольшая группа экологов "объявила войну" американскому правительству, проводившему ядерные испытания на о. Амчитка (Аляска). Позже активисты Гринпис старались привлечь внимание к французским испытаниям ядерного оружия. Они направились в 1985 г. на собственном судне к месту планировавшегося очередного ядерного взрыва на атолле Муруроа, высадились на берег и находились там до тех пор, пока французское правительство не пошло на уступки после освещения в средствах массовой информации борьбы между небольшой организацией и мощной административной машиной Франции. Постепенно Гринпис расширила фронт своих действий, включив в него проблемы охраны дикой фауны и флоры, охраны лесов, предотвращения потепления климата и др.

Одна из наиболее активных и авторитетных общественных природоохранных организаций России — *Социально-экологический союз* был основан в 1988 г. В него вошли многие активисты дружин по охране природы. К настоящему времени эта организация стала международной, не только объединив усилия общественности на пространстве бывшего СССР и стран соцлагеря, но и распространившись на западные страны Европы, Северную Америку и Австралию.

Международный Зеленый Крест был создан в 1993 г. в соответствии с решением Конференции ООН по окружающей среде и развитию 1992 г. в Рио-де-Жанейро. Основные цели: экологическое образование и воспитание как основа устойчивого развития и

изменения системы ценностей, ликвидация последствий “холодной войны” для окружающей среды. Имеется российское отделение МЗК — Российский Зеленый Крест.

Международные общественные организации помогают консультациями, информацией, финансовыми средствами местным общественным природоохранным организациям в их деятельности, объединяя таким способом усилия разрозненных инициативных групп для решения трудной задачи сохранения биосферы.

Выводы

1. Международное сотрудничество необходимо прежде всего для согласования правил поведения на обширных пространствах, не принадлежащих государствам в Мировом океане, Антарктиде и космосе.

2. Международные договоры помогают принять справедливые решения в спорных ситуациях негативного экологического влияния одних государств на другие, как в случае с трансграничными переносами загрязняющих веществ по воздуху или в воде.

3. Заключаемые международные конвенции становятся обязательными для подписавших их государств после ратификации их парламентами.

4. Международное сотрудничество осуществляется как межправительственными структурами, так и общественными организациями, которые осуществляют действенный контроль за реализацией мер, направленных на усиление экологической безопасности и охраны природы.

5. С середины XX в. под эгидой ООН началась разработка международных программ, направленных на предотвращение новых экологических проблем, таких, как истощение биологических ресурсов, загрязнение Мирового океана, опустынивание, истощение озонового слоя атмосферы Земли, потепление климата и др.

6. Международное сотрудничество позволяет государствам действовать согласованно, ориентироваться на опыт передовых стран и заимствовать их достижения в области охраны окружающей среды.

7. Таким образом, международное сотрудничество в области охраны окружающей среды ускоряет решение экологических проблем.



УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

Основные вопросы

-
1. *Что означает понятие “устойчивое развитие человечества”?*
 2. *Когда оно появилось?*
 3. *Что делает мировое сообщество для достижения человечеством устойчивого развития?*
 4. *Каким образом можно совместить достижение двух целей: роста экономического благосостояния населения и сохранения природного разнообразия и богатства?*
 5. *Насколько реальной выглядит эта программная установка в современном мире?*
-

Планирование развития мирового сообщества

По мере того как человечество овладевало новыми знаниями, возрастали его возможности воздействовать на окружающий мир, увеличивалась сила влияния и риск случайной или даже сознательной провокации антропогенных катастроф: радиационного облучения, токсического загрязнения, крупных аварий с огромным количеством человеческих жертв. Социальная неустойчивость и безответственность во все времена были причинами войн, восстаний, революций. Однако по мере роста технической вооруженности обычный социальный эгоизм может вызвать все более страшные и непредсказуемые последствия — в основном через глобальные экологические перестройки и потерю устойчивости биосферы. Если в предыдущие периоды развития потеря социальной стабильности была чревата локальными катастрофами вплоть до исчезновения народов и государств, то в наше время приходится опасаться за судьбу всего человечества, так как войны, загрязнение окружающей среды, крупные техногенные аварии и просто ошибки в природопользовании стали мощнее и опаснее. Примерно 30 лет тому назад человечество осознало, что в

ядерной войне не может быть победителя, так как погибнет все человечество в результате наступившей “ядерной зимы”. В других сферах человеческой деятельности (не только в военной) преследование корыстных экономических или политических целей через реакцию биосферы может обернуться катастрофой для всех.

Развитие человечества на протяжении всей истории происходило стихийно, без какого-либо плана. Государства действовали, как правило, независимо, сообразно собственным интересам или в соответствии с временными договорами и альянсами. Никогда ранее обстоятельства не вынуждали к объединению усилий всех стран для предотвращения катастроф, подобной той, что грозит человечеству в наше время, если его развитие не подчинится экологическим, экономическим и военным ограничениям.

Реализовать подобную сверхзадачу очень трудно. Во-первых, для этого недостаточно знаний о том, какой путь развития можно считать правильным. Во-вторых, государства столь различны по своим экономическим возможностям, образовательному и культурному цензу населения, историческим традициям, а главное, по спектрам первостепенных проблем, которые им надо решать в первую очередь, что договориться о совместных действиях кажется нереальным. В-третьих, сам масштаб перестройки способов хозяйствования грандиозен. Наконец, сроки перестройки должны быть сжатыми, чтобы успеть добиться успеха раньше, чем инерция существующего экономического и социального развития не втянет человечество в водоворот трагических испытаний.

Поэтому действовать необходимо одновременно на разных организационных уровнях: от решения местных весьма конкретных и, по существу, небольших задач, которые были рассмотрены выше, до анализа глобальных проблем, возникающих на глазах или назревающих пока еще малоприметно. Приобретенный за последние десятилетия мировым сообществом опыт вселяет надежду на то, что справиться со столь грандиозной задачей можно, если понимать, что экономическое развитие должно считаться с социальными ожиданиями населения и экологическими ограничениями.

Анализ глобальных условий предотвращения экологического кризиса показал, что невозможно решить экологические задачи вне связи с экономическими и социальными проблемами человечества. Например, проектирование и строительство очистных сооружений не может избавить от опасного загрязнения окружающей среды, если ради частной экономической выгоды эти сооружения не используют. Вряд ли возможно сберечь жизненно

важные ресурсы в обществе, в котором каждый стремится удовлетворить прежде всего собственные сиюминутные потребности, не считаясь с интересами других людей и неизбежными негативными последствиями для потомков.

Зависть, жадность, социальный эгоизм порождают избыточное потребление материальных благ, ускоряя тем самым приближение экологической катастрофы. Нетерпимость и озлобленность становятся опасной почвой для социальной агрессии, конфронтации, войн. Нередко именно примитивная зависть порождает ненависть, выражающуюся порой в форме высоких идеологических или религиозных догм благородной окраски.

Для того чтобы не допустить подмены ценностей, необходимо их ясно сформулировать, т.е. дать ответ на вопрос об условиях дальнейшего благополучного развития человечества. Надо не только на деле решать возникающие экологические проблемы, но и уделить достаточно внимания, казалось бы, весьма общим вопросам выбора долгосрочных ориентиров, признанных всем мировым сообществом, чтобы развиваться согласованно и создавать все больше условий, облегчающих решение на местах любых экологических задач.

Экологическое благополучие больше всего зависит от социальной сбалансированности и стабильности. Под таким ракурсом экологические проблемы стали рассматривать с 1980-х годов в контексте возникшей тогда парадигмы "устойчивого развития человечества". Начало было положено раньше, в 1972 г., когда по решению ООН в Стокгольме была проведена всемирная конференция, на которой были проанализированы причины экологического кризиса.

Стокгольмская конференция — осознание надвигающегося экологического кризиса (1972)

В 1968 г. Генеральная Ассамблея ООН решила созвать в 1972 г. в Стокгольме первую Конференцию ООН по проблемам окружающей человека среды, на которой предполагалось выработать общие принципы дальнейших действий. Ситуация усугублялась обеспокоенностью общественности в связи со все возрастающими негативными процессами: увеличением опасности ядерных конфликтов, войн как следствия гонки вооружения и великого противостояния двух социальных систем, а также беспредельным ростом производства и потребления, загрязнения окружающей

среды, обусловленными не только экономическим прогрессом, но и ускоряющимся ростом народонаселения мира.

Стокгольмская конференция проходила на фоне возрастающей обеспокоенности на Западе непредсказуемостью развития рыночной экономики. Не следует также забывать, что в начале 70-х годов США потерпели поражение во вьетнамской войне, а экономика СССР была в апогее. В затянувшейся поединке двух систем большое значение получили аргументы, дополняющие военное и экономическое противостояние, т.е. социокультурные ценности, что нашло отражение в решениях всемирного форума. Равенство и свобода людей на Земле, осуждение всех форм дискриминации, права человека, социальное обеспечение этих прав стали безусловными императивами современности.

На Стокгольмской конференции была принята декларация, содержание которой поражает общечивилизационной гуманистической доминантой. В двадцати шести принципах сконцентрированы идеи свободы, равенства, мирного сосуществования, борьбы с бедностью, помощи развивающимся странам и тревоги за сохранение природных богатств для будущих поколений. Впервые раздельно воспринимаемые проблемы были представлены и проанализированы системно. Ведущее место в этом документе было отведено планированию. «Наступил такой момент в истории, когда мы должны регулировать свою деятельность во всем мире, проявляя более тщательную заботу в отношении последствий этой деятельности для окружающей среды», — провозглашено в преамбуле. Слово «планирование» употреблено в формулировках семи принципов из двадцати шести. Тогда еще не говорили об устойчивом развитии человечества, так как для этого не было оснований, но призывали мировое сообщество к консолидации усилий ради выживания цивилизации. Фактически предлагалось одуматься и переместить на второй план противостояние в идеологической, военной, религиозной или экономической сфере, уступив первое место решению насущных проблем совместного выживания. «Охрана и улучшение окружающей человека среды для нынешнего и будущих поколений стали важнейшей целью человечества...» (преамбула, п. 6). Это был поистине исторический документ, определивший характер перемен в мировом сообществе на несколько десятилетий вперед. Никто не обязан был его выполнять, так как не было голосования и процедуры ратификации, однако практически все государства, вне зависимости от их идеологической, экономической или религиозной специфики, сочли необходимым строить свои планы на будущее

и корректировать свою политику с учетом основных положений, указанных в декларации.

Практическим результатом Стокгольмской конференции стало создание в структуре ООН специального департамента — Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП).

На пути к Всемирному саммиту в Рио-де-Жанейро (1979–1992)

Первым международным документом, в котором содержалось упоминание об устойчивом развитии, была Всемирная стратегия охраны природы (ВСОП), разработанная под эгидой Международного союза охраны природы (МСОП), Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) и Всемирного фонда охраны дикой природы (WWF). Стратегию обсудили на конференции МСОП в Ашхабаде в 1979 г. и приняли в 1980 г. Вторая редакция ВСОП получила название “Забота о планете Земля — стратегия устойчивой жизни” (1981). В ней подчеркивается, что развитие должно базироваться на сохранении живой природы, должно защищать структуру, функции и разнообразие природных систем Земли, от которых зависят биологические виды. Для этого необходимо сохранять системы поддержания жизни (жизнеобеспечения), сохранять биоразнообразие и обеспечить устойчивое (неистощительное) использование возобновляемых ресурсов (Перелет, 2003).

В 1980 г. Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию “Об исторической ответственности государств за сохранение природы Земли для нынешнего и будущих поколений”, а в 1982 г. — через 10 лет после Стокгольмской конференции — на 37-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН была принята Всемирная хартия природы — совокупность программных положений, отражающих основные принципы взаимоотношений человечества с окружающей природной средой.

ВСЕМИРНАЯ ХАРТИЯ ПРИРОДЫ

Общие принципы

1. Природу необходимо уважать и не нарушать ее основные процессы.
2. Генетическая основа жизни на Земле не должна подвергаться опасности; популяция каждой формы жизни, дикой или одомашненной, должна сохраняться по крайней мере на том уровне, который достаточен для обеспечения ее выживания; необходимые для этого среды обитания следует сохранять.
3. Эти принципы сохранения природы применяются ко всем частям земной поверхности, суше или морю; особая защита должна обеспечиваться уникальным

районам, типичным представителям всех видов экосистем и сред обитания редких или исчезающих видов.

4. Используемые человеком экосистемы и организмы, а также ресурсы суши, моря и атмосферы должны управляться таким образом, чтобы можно было обеспечить и сохранить их оптимальную и постоянную производительность, но без ущерба для целостности тех экосистем или видов, с которыми они сосуществуют.

5. Природу необходимо защищать от разграбления в результате войны или иных враждебных действий.

На 38-й Генеральной Ассамблее ООН было решено создать специальную Международную комиссию по окружающей среде и развитию, которая начала работать в 1983 г. Ей было поручено подготовить предложения относительно принципов дальнейшего развития мирового сообщества в быстро меняющейся исторической обстановке. Комиссию возглавила премьер-министр Норвегии Гру Харлем Брундтланд. В работе комиссии приняли участие представители разных государств и организаций. Проект итогового документа был обсужден на национальных конференциях во многих странах. В 1987 г. работа комиссии завершилась публикацией доклада “Наше общее будущее”, в котором заострился вопрос о необходимости поиска новой модели развития цивилизации.

Этот документ имеет, безусловно, историческое значение, так как в нем получили преобладание международные устремления к социальной справедливости и объединению в противовес традиционной доминанте эгоистического противостояния частных интересов стран и групп. Поколение 1930-х годов, пережившее Вторую мировую войну, участвовавшее в преодолении ее ужасных последствий, получившее лидерство в 70–80-е годы, оказалось способным подняться над частными интересами ради гуманистических идеалов. С этого времени в средствах массовой информации появился термин “устойчивое развитие” (sustainable development), под которым стали понимать в формулировке Комиссии Брундтланд, такую модель движения вперед, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения такой возможности будущих поколений.

В 1988 г. в Женеве был образован “Центр за наше общее будущее”, который продолжил работу над определением приоритетов устойчивого развития. Так, в течение 80-х годов шаг за шагом формировалась новая концепция глобального планирования и управления на демократической основе с ориентацией на высшие гуманистические цели человечества.

Всемирный саммит в Рио-де-Жанейро (1992)

В июне 1992 г., через 20 лет после принятия Стокгольмской декларации, в Рио-де-Жанейро была проведена запланированная **Конференция ООН по окружающей среде и развитию (КОСР)**, в которой приняли участие 17 тысяч человек из 178 государств. Более 100 глав государств и правительств сочли необходимым выступить на этой конференции. Российскую делегацию возглавлял вице-президент России А.В. Руцкой.

На конференции были приняты два основных документа: Декларация Рио-де-Жанейро и “Повестка дня на XXI век” — план действий по достижению экологически устойчивого развития. Кроме того, многими участниками были подписаны две глобальные экологические конвенции — Рамочная конвенция по изменению климата и Конвенция по биологическому разнообразию, а также “Заявление о принципах лесоводства”.

Было решено создать Комиссию по устойчивому развитию ООН для отслеживания прогресса в выполнении итоговых документов конференции.

Важной особенностью саммита в Рио-де-Жанейро было широкое участие общественных организаций в обсуждении проблем планирования развития мирового сообщества. Одновременно с межправительственным форумом проходил форум общественных организаций, на котором был принят ряд так называемых “открытых документов”, выражающих мнение общественности, — 46 альтернативных договоров в различных предметных областях, таких, как: 1) декларации и общие принципы (включая проект Хартии Земли, Декларация народов Земли), 2) образование, коммуникации и сотрудничество; 3) альтернативные экономические вопросы; 4) потребление, бедность, продовольствие и выживаемость; 5) климат, энергия и отходы; 6) земельные и природные ресурсы, проблемы морей и океанов; 7) биоразнообразие и биотехнологии; 8) межотраслевые вопросы (положение молодежи, женщин, детей, расизм, милитаризм и т.д.).

Декларация Рио-де-Жанейро по окружающей среде и развитию отразила эволюцию мировых представлений по экологическим вопросам в течение 20 лет после Стокгольмской конференции. Эта декларация обращена в первую очередь к государствам, хотя ряд принципов имеет универсальное значение.

Принцип 1 постулирует центральное место людей в устойчивом развитии. Государство является гарантом обеспечения должного

качества окружающей природной среды и несет ответственность за нанесение вреда природной среде других государств за пределами его юрисдикции (*принцип 2*). Должны быть неразрывно увязаны цели социально-экономического развития, в частности борьбы с бедностью, и цели сохранения окружающей среды для нынешних и будущих поколений (*принципы 3–5*).

Подчеркивается важная роль всех государств и их сотрудничества в области охраны окружающей среды, включая проведение должной политики производства и потребления, демографических процессов, достижения экономического роста, экологически приемлемых торговых отношений, решения трансграничных и глобальных экологических проблем, отказа от перемещения экологически опасной деятельности и веществ в другие страны, а также отмечается особая ответственность развитых стран за состояние окружающей среды (*принципы 7–9, 12, 14*).

Особое значение имеют: общественное участие в решении экологических проблем (*принцип 10*), развитие экологического законодательства и нормативов (*принцип 11*). Государства должны использовать принцип экологической предосторожности: “В тех случаях, когда существует угроза серьезных необратимых экологических нарушений, отсутствие полной научной определенности не должно использоваться в качестве основания для того, чтобы откладывать принятие экономически эффективных мер по предотвращению экологической деградации” (*принцип 15*).

Государствам рекомендуется использовать экономические механизмы охраны природы, плату за загрязнение (*принцип 16*), использовать оценку воздействия на окружающую среду планируемой деятельности в качестве национального механизма экологической экспертизы (*принцип 17*), оповещать другие государства о стихийных и других бедствиях с трансграничными последствиями (*принцип 18*).

Важный вклад женщин, молодежи, коренных народов и местных общин отмечается в *принципах 21–23*. Выделены вопросы связи военных действий, мира и состояния окружающей среды, а также мирного разрешения экологических конфликтов (*принцип 24–26*). Важности партнерства между странами и совершенствования международного экологического права посвящен *принцип 27* (Перелет, 2003).

“Повестка дня на XXI век” базировалась на концепции устойчивого развития. В ней излагаются основные направления деятельности мирового сообщества по достижению устойчивого развития, а также указаны ориентировочные размеры необходимых для этого финансовых средств.

В "Повестке дня..." содержалась рекомендация каждой стране разработать национальную стратегию устойчивого развития на основе экономических, социальных и экологических планов, обеспечивая их согласованность. Одной из целей стратегии должно быть обеспечение социально надежного экономического развития, при котором осуществляются мероприятия по охране окружающей природной среды в интересах будущих поколений. Такую стратегию рекомендуется разрабатывать при широком участии всех слоев общества, она должна основываться на тщательной оценке нынешней ситуации и инициатив.

Принятые в Рио-де-Жанейро документы стали программными на все последующие годы. Международные комиссии следят за выполнением рекомендаций, анализируют причины затруднений, оказывают финансовую, консультативную и информационную помощь.

ПРОГРАММА ДЕЙСТВИЙ. ПОВЕСТКА ДНЯ НА XXI ВЕК (РИО-ДЕ-ЖАНЕЙРО, 1992)

Некоторые принципы

- Люди имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой.
- Современное развитие не должно осуществляться во вред интересам развития и охране окружающей среды на благо нынешнего и будущих поколений.
- Государства имеют суверенное право разрабатывать собственные ресурсы, но без ущерба окружающей среде за пределами их границ.
- Государства должны разработать международное законодательство о компенсации за ущерб, который деятельность, осуществляемая под их контролем, наносит за пределами их территорий.
- Государства должны применять принцип принятия мер предосторожности для охраны окружающей среды. В тех случаях, когда существует угроза серьезного или необратимого ущерба, отсутствие научной определенности не используется в качестве причины для отсрочки принятия экономически эффективных мер по предупреждению ухудшения состояния окружающей среды.
- Для достижения устойчивого развития защита окружающей среды должна составлять неотъемлемую часть процесса развития и не может рассматриваться в отрыве от него.
- Искоренение нищеты и неравенства в уровне жизни в различных частях мира необходимо для обеспечения устойчивого роста и удовлетворения потребностей большинства населения.
- Государства сотрудничают в целях сохранения, защиты и восстановления целостности экосистемы Земли. Развитые страны признают ответственность, которую они несут в контексте международных усилий по обеспечению устойчивого развития с учетом стресса, который создают их общества для глобальной окружающей среды, технологий и финансовых ресурсов, которыми они обладают.

- Государства должны ограничить и ликвидировать нежизнеспособные модели производства и потребления и поощрять соответствующую демографическую политику.
- Экологические вопросы решаются наиболее эффективным образом при участии всех заинтересованных граждан. Государства развивают и поощряют информированность и участие населения путем предоставления широкого доступа к экологической информации.
- Государства принимают эффективные законы по окружающей среде, разрабатывают национальные законы, касающиеся ответственности и компенсации жертвам загрязнения и другого экологического ущерба. В пределах своей юрисдикции государства оценивают экологические последствия предполагаемых действий, которые могут иметь значительные отрицательные последствия.
- Государства должны сотрудничать в создании открытой международной экономической системы, которая приведет к экономическому росту и устойчивому развитию во всех странах. Экологическая политика не должна использоваться для неоправданного ограничения международной торговли.
- Тот, кто загрязняет окружающую среду, должен нести за это финансовую ответственность.
- Государства уведомляют друг друга о стихийных бедствиях или деятельности, которые могут иметь вредные трансграничные последствия.
- Устойчивое развитие требует более глубокого научного понимания проблем. Государствам следует делиться знаниями и новыми технологиями для достижения целей устойчивости.
- Для достижения устойчивого развития необходимо всестороннее участие женщин. Необходимы также творческие силы, идеалы и мужество молодежи и знания коренного населения. Государства должны признавать и поддерживать самобытность, культуру и интересы коренного населения.
- Война неизбежно оказывает разрушительное воздействие на процесс устойчивого развития. Поэтому государства должны уважать международное право, обеспечивающее защиту окружающей среды во время вооруженных конфликтов, и должно сотрудничать в деле его дальнейшего развития.
- Мир, развитие и охрана окружающей среды взаимосвязаны и неразделимы.

Что означает понятие “устойчивое развитие человечества”?

“Устойчивое развитие” (sustainable¹ development) — это такая модель движения вперед, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения такой возможности будущих поколений.

¹ Английский термин “*sustainable*” имеет несколько иной оттенок, чем термин “устойчивый” в русском языке. Глагол “*sustain*” означает “поддерживать”, прилагательное “*sustained*” — “длительный”, “продолжительный”. Второй корень — “*able*” — это прилагательное “способный”. Поэтому в буквальном переводе “*sustainable development*” — это “способный к длительному развитию”. Присутствующий в русском переводе оттенок устойчивого, т.е. ровного, развития в международном значении понятия *sustainable development* не выражен так определенно.

В приведенном определении, принятом Организацией Объединенных Наций в 1980-х годах, рассматривается лишь один аспект устойчивости развития человечества — сохранение для будущих поколений всего, что необходимо для удовлетворения жизненных потребностей, т.е. всего, что мы сами хотели бы иметь, и прежде всего:

- пищевых, водных, минеральных, энергетических и др. ресурсов;
- здоровой окружающей среды;
- устойчивой биосферы;
- существующего биологического разнообразия, возникшего в результате эволюции жизни на протяжении всей истории существования ее на Земле.

Кроме приведенных условий обеспечения нормального существования наших потомков для реального устойчивого развития человечества необходимо решить и много других проблем: 1) справиться с конфронтацией между народами и не допустить войн; 2) изжить силовые приемы решения спорных вопросов; 3) преодолеть социальное расслоение общества на бедных и богатых; 4) реализовать повсеместно принцип равенства всех рас и национальностей; женщин и мужчин; различных религиозных конфессий; 5) победить криминал — враждебный большинству человечества образ жизни, проявляющийся в воровстве, убийствах, распространении наркотиков и др., т.е. в паразитировании на честных и трудолюбивых людях; 6) утвердить во всех странах демократический социальный строй, действенный механизм активного участия граждан в управлении страной, в развитии местного самоуправления; 7) содействовать дальнейшему распространению образования, способности самостоятельно проанализировать и понять любые насущные вопросы.

Если вдуматься, то каждому становится ясно, насколько взаимосвязаны проблема сохранения природы и устойчивости биосферы и перечисленные социальные задачи. Дефицит жизненно важных ресурсов порождает социальную нестабильность, так же как социальное неравенство и жизнь одних за счет других опираются на силу, ради которой в жертву приносятся любые ресурсы, приближая экологический кризис. Поэтому решение экологических вопросов нельзя рассматривать в отрыве от социальных. Однако на первый взгляд дальнейший экономический рост человечества может стать главным виновником истощения природных ресурсов и ухудшения состояния окружающей среды.

Противоречие между экономическим развитием и сохранением природы

Исторический опыт человечества содержит множество примеров, как подтверждающих тезис о разрушительном воздействии экономического развития на природу, так и опровергающих его. Приведем лишь некоторые из них.

Развитие сельского хозяйства со времени неолитической революции, т.е. перехода к оседлому образу жизни, сопровождалось вырубкой лесов для расширения полей или сооружением ирригационных систем для обеспечения посевов водой. И то и другое со временем приводило к истощению плодородия почв. Естественные экосистемы в тех же местах обычно существуют подолгу, пока не изменится климат. В них исторически установился баланс между поступлением в почву органических веществ и изъятием растениями необходимых для их питания биогенов. Искусственные экосистемы быстро истощают почву, так как изъятие биогенов идет быстрее, чем поступление мертвой органики, из которой они образуются. Нередко из-за крайнего снижения плодородия сельскохозяйственных угодий приходилось бросать обжитые территории и осваивать новые.

Второй пример связан с индустриальной революцией и последовавшей за ней научно-технической революцией, которые привели к ускоренному освоению разнообразных природных ресурсов: леса, минерального сырья, горючих ископаемых, а также к освоению новых территорий. Быстрое развитие промышленности сопровождалось сильным загрязнением окружающей среды, которое со временем становилось все более разнообразным, а часто и более токсичным.

Однако процесс совершенствования технологий позволял со временем значительно снизить негативное влияние антропогенной деятельности на природные экосистемы. Применение минеральных удобрений, выведение совершенных сортов и пород сельскохозяйственных растений и животных, создание автоматизированных животноводческих комплексов и птицеферм — все это позволило на меньшей территории получать большую продукцию.

Научно-технический прогресс привел к постепенной замене энерго- и металлоемких моделей более экономными. Даже в обычных бытовых печах коэффициент полезного действия увеличился в несколько раз после того, как инженеры всерьез занялись их усовершенствованием. Использование новых утеплительных ма-

териалов позволило значительно снизить затраты на отопление помещений. Более ответственное и полное вторичное использование ресурсов позволяет существенно снизить объемы потребления первичных ресурсов и уменьшить энергозатраты на производство из них необходимых материалов.

Применение компьютерных технологий помогло экономить во всем, начиная с раскройки материала при пошиве одежды и кончая сложнейшими проектами строительства крупных заводов, самолетов, кораблей; позволило максимально эффективно использовать транспортные пути, избегать лишнего перемещения материалов и товаров. Передача информации через спутники заменяет прокладку многих тысяч километров телефонных линий. Благодаря тем же спутникам можно построить карты любых местностей без тяжелых и продолжительных геодезических экспедиций, получить данные о метеорологической обстановке во всех частях света, что позволяет своевременно оповещать об ураганах и других опасных природных явлениях, подготовиться к ним и снизить материальные и людские потери.

Этот перечень впечатляющих достижений можно продолжать бесконечно, но надо признать, что пока не удалось добиться суммарного снижения антропогенного воздействия на природу по мере продолжающегося роста экономики. Растет перечень приспособлений, используемых в быту, материалов и продуктов, потребляемых в богатых странах, сокращается продолжительность использования одежды, бытовой техники, автомашин в силу их быстрого морального устаревания. Вполне пригодные для дальнейшего использования вещи и оборудование попадают на свалку, а их место занимают более совершенные. Экономия в одном перекрывается дополнительными затратами в другом.

Превышение роста производства над экономией материалов и энергии обусловлено особенностями современной экономической системы. В то время как экологи предостерегают относительно катастрофических последствий истощения невозобновимых природных ресурсов, экономисты решают свои задачи, не связанные с экологическими. Исторически возникший разрыв между решением экономических и экологических проблем стал главной причиной возникшего кризиса. В то же время опыт последних 30 лет свидетельствует, что при наличии достаточных экономических стимулов можно ожидать обеспечения материального благополучия растущего человечества при одновременном снижении суммарного антропогенного пресса на природу, к чему и следует стремиться.

Усилия международного сообщества по выполнению решений Рио-92

В соответствии с решениями саммита в Рио-де-Жанейро необходимо было на национальном уровне переходить к определению индивидуальных стратегий с учетом социально-экономического статуса каждой страны и ее особенностей. Далеко не все страны оказались готовы к планированию собственного долгосрочного развития и тем более такого развития, при котором следовало заблаговременно перейти к экономии имеющихся ресурсов и замене устаревших технологий современными.

Небольшое число стран, наиболее продвинутых в отношении охраны окружающей среды, предприняли интересные попытки детального анализа возможностей переориентации собственной экономики в соответствии с принципами устойчивого развития. Так, в Нидерландах в 1992 г. был разработан "План действий — устойчивые Нидерланды". Инициатива исходила от общественных организаций, которые смогли привлечь к работе специалистов. Перед ними была поставлена необычная задача: во-первых,

Таблица 23.1

Потоки потребляемой энергии на единицу
площади территории ряда стран в 1987 г.,
петаджоулей на 100 тыс. га

(<http://www.mtu-net.ru/lge>)

Страна	Удельный поток потребляе- мой энергии	Индекс антропо- генной нагрузки
Мир в целом	22	1
Нидерланды	914	41,5
Германия	418	19
Великобритания	355	16,1
Япония	352	16
СССР	25	1,1
Россия	16	0,7
Китай	24	1,1

определить объективные ограничения по влиянию экономики на окружающую среду пропорционально занимаемой площади; во-вторых, дать рекомендации о путях дальнейшего экономического развития страны с учетом сформулированных ограничений.

Проведенные авторами проекта расчеты показали, что Нидерландам придется значительно снизить свои энергетические расходы, так как при существующем развитии промышленности страна потребляет намного больше энергии, чем

должна была пропорционально занимаемой территории (табл. 23.1). Было предложено перепрофилировать наиболее энергоемкую промышленность, и в первую очередь сталелитейную; развивать опе-

режающими темпами общественный транспорт взамен индивидуальному; стимулировать перемещение на короткие дистанции пешком и на велосипедах и т.д.

Следует особо подчеркнуть, что стратегия устойчивого развития Нидерландов была построена из расчета не на душу населения, а на единицу площади. В этой стране на небольшой территории сконцентрировано относительно большое население, в среднем 395 чел./км², в то время как в Европе — 167, России — 8, США — 30 чел./км². Так что Нидерланды выбрали для себя самый “жесткий” вариант планирования устойчивого развития.

На первый взгляд может показаться, что такой подход весьма далек от практических интересов страны, но это не так. Следуя рекомендациям составителей национального “Плана действий”, Нидерландам придется переориентироваться с тяжелой промышленности на специализацию по информационным технологиям, малозатратным по потребляемой энергии и загрязнению окружающей среды, что поможет им удержаться в числе лидеров мировой экономики.

В Австралии национальная стратегия по экологически устойчивому развитию была разработана еще в 1992 г. Великобритания разработала стратегию устойчивого развития к 1994 г., США — к 1996 г. Европейский союз принял “Стратегию на пути к устойчивости” в рамках своей пятой экологической программы.

Некоторые страны (Швеция, Эстония) приняли специальные законы относительно реализации решений Конференции по окружающей среде и развитию.

Экологические факторы были включены в макроэкономические стратегии ряда стран (Коста-Рика, Гамбия, Китай, Танзания и др.). В других странах начали разрабатывать национальные “Повестки дня на XXI век”. Образованы национальные комиссии по устойчивому развитию, например, при президенте США, при премьер-министре Франции, в Норвегии, Швеции (Перелет, 2003).

В 1995 г. во Франции была проведена Европейская конференция национальных комиссий по устойчивому развитию с участием 25 развитых стран. Они разнообразны по своим функциям и полномочиям: от принятия решений, формулирования политики устойчивого развития, мониторинга ее реализации до выполнения консультативной роли, сбора информации и ее распространения, мобилизации ресурсов и средств, подготовки отчетов для правительства или выполнения роли форума для дискуссий и обмена мнениями. Почти во всех странах по крайней мере одно

министерство или ведомство включено в работу совета по устойчивому развитию, и почти во всех недавно созданных советах предусмотрено участие общественности, научных и деловых кругов.

Национальные стратегии устойчивого развития весьма различаются по стилю и направлению: в Великобритании — это сохранение окружающей природной среды, в Канаде — основные потребности человека, во Франции — перечень различных приоритетных тем. В основе Стратегии устойчивого развития США лежит тесная связь между экологическими, экономическими и социальными вопросами, понимание того, что некоторые показатели (занятость, производительность, зарплата, капитал и сбережения, прибыль, информация, знания и образование) должны расти, а другие (загрязнение окружающей среды, отходы и бедность) — сокращаться. В числе приоритетных для Совета по устойчивому развитию было выбрано восемь направлений, в числе которых — экоэффективность бизнеса, устойчивое сельское хозяйство, энергетика, транспорт.

После конференции в Рио-де-Жанейро под эгидой ООН было проведено несколько международных конференций по отдельным вопросам мирового развития: в Вене по правам человека (1993 г.), в Копенгагене по социальному развитию (1993 г.), в Каире по народонаселению и развитию (1994 г.), в Пекине по равноправию женщин, развитию и миру (1995 г.) и т.д. Было признано, что постоянно увеличивающийся разрыв между развитыми и развивающимися странами создает серьезную угрозу для процветания, безопасности и стабильности мира.

В июне 1997 г. в Нью-Йорке состоялась конференция ООН “Рио+5”, на которой были подведены итоги первых пяти лет работы в области перехода к устойчивому развитию в мире. В 2000 г. по инициативе ООН была разработана и затем принята Декларация нового тысячелетия (Перелет, 2003).

Еще через пять лет (2002 г.) в Йоханнесбурге (ЮАР) состоялась очередной Всемирный саммит — второй после Стокгольмского. Подготовка к нему проводилась так же масштабно, как и к саммиту в Рио-де-Жанейро, с широким участием правительственных, международных и общественных организаций. Было предложено сосредоточить обсуждение проблем устойчивого развития человечества на пяти основных темах: 1) вода и санитария, 2) энергетика, 3) здоровье населения, 4) сельское хозяйство, 5) биоразнообразие.

Всемирный саммит в Йоханнесбурге (2002)

Конференция на высшем уровне (или Всемирный саммит) по устойчивому развитию (ВСУР) проходила в Йоханнесбурге (ЮАР) с 26 августа по 4 сентября 2002 г. В работе саммита приняло участие около 22 тыс. человек из 191 страны: от правительств, межправительственных и неправительственных организаций, частного сектора, научных кругов. На конференции выступили 82 руководителя государств и правительств. Были приняты два документа: **Политическая декларация** (Йоханнесбургская декларация по устойчивому развитию) и **“План выполнения решений Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию”**.

Ведущее место в документах саммита отведено задаче искоренения бедности как главного источника социальной нестабильности, нравственного разложения и преступности. Бедность и материальная дискриминация — это питательная почва для нищеты и крайних форм морального перерождения: тунеядства, алкоголизма, воровства, насилия. Религиозный и социальный фанатизм особенно находят поддержку среди бедного населения, страдающего от отсутствия элементарных условий жизни: жилья, работы, социальной защищенности, медицинского обслуживания. Люди, оказавшиеся без работы и средств к существованию, фактически выброшенные из общества, живут только сегодняшним днем. Они отвыкают трудиться, не желают себя ограничивать и контролировать, не способны к самоанализу и самокритике, обвиняя во всем окружающих и поэтому оправдывая любые формы своей преступной деятельности (воровство, бандитизм, проституция). Нищета порождает безответственность ко всему, даже по отношению к собственным детям, которые, оказавшись на социальном дне общества, получают уродливое представление об окружающем их мире и сами становятся асоциальными личностями. Нищета всегда была рассадником зла.

Бедность напрямую связана со слабостью экономики страны. Недостаток рабочих мест — главный источник деградации населения. В современном мире подавляющее число рабочих мест требует квалификации и образования. Поэтому доступность образования — обязательное условие искоренения бедности. Йоханнесбургская декларация и “План выполнения решений...” призывают государства разработать национальные программы устойчивого развития, в которых необходимо предусмотреть обеспечение более широкого доступа бедной части населения к производственным ресурсам, государственным службам и учреждениям, в частности к

земле, водным ресурсам, возможностям трудоустройства, кредитам, образованию и здравоохранению.

Второе условие перехода к устойчивому развитию — это обеспечение равенства социальных возможностей в обществе на получение образования и устройство на работу.

Нельзя забывать, что лишение одной части населения права на равный труд, получение образования всегда было выгодно другой части населения, снижающего таким образом конкуренцию в своей среде. В то время как одни, получив доступ к образованию и выгодной работе, могут претендовать на завышенные оклады, другие вынуждены владеть жалкое существование, довольствоваться ничтожно малым и соглашаться на мизерную оплату своего труда. До сих пор в ряде стран сохраняется социальное неравенство женщин с мужчинами, а кроме того, родовые, кастовые и сословные различия. Все это создает дополнительные условия для социального расслоения, эксплуатации, роста материального благополучия одних за счёт других.

Мировое сообщество может бороться с социальными пережитками прошлого посредством распространения простых требований — обеспечения равного доступа к образованию и социальному обеспечению всего населения вне зависимости от пола, вероисповедания, расовой принадлежности и других различий. В принятом в Йоханнесбурге «Плане выполнения решений...» приводятся рекомендации, выполнение которых достаточно просто проверить:

- содействие равноправному доступу и полному участию женщин в процессе принятия решений на всех уровнях государственного управления;
- улучшение состояния здоровья и экономического благосостояния женщин за счет полного и равного доступа к экономическим возможностям, земле, кредитам, образованию и здравоохранению;
- обеспечение доступа коренного населения к экономической деятельности с помощью профессиональной подготовки, оказания технической помощи и создания кредитных учреждений;
- обеспечение общедоступного базового медицинского обслуживания, уменьшение экологических угроз для здоровья всего населения;
- обеспечение живущим в нищете доступа к сельскохозяйственным ресурсам;
- создание базовой инфраструктуры в сельской местности за счет улучшения транспортного обслуживания, обеспечения доступа на рынки, а также к рыночной информации и кредитам;

- содействие развитию микро-, малых и средних предприятий, в том числе путем подготовки кадров, повышения образовательного и профессионального уровня, уделяя особое внимание агропромышленности как источнику средств к существованию сельских общин;
- передача развивающимся странам технологий дешевого энергетического обеспечения населения за счет развития способов получения энергии из биомассы, установки ветрогенераторов, малых гидроэлектростанций и др.; ✓
- бесплатная передача методов и знаний по устойчивому ведению сельского хозяйства;
- борьба с опустыниванием и наводнениями посредством разработки системы раннего предупреждения о грозящих природных катастрофах, а также методов совершенствования хозяйственной деятельности с целью обращения вспять нынешней тенденции деградации земель и водных ресурсов;
- расширить доступ к санитарии в целях укрепления здоровья людей и сокращения младенческой и детской смертности, отдавая приоритет водоснабжению и санитарии в национальных стратегиях устойчивого развития.

Для охраны здоровья и окружающей среды необходимо обеспечить население чистой питьевой водой и санитарными услугами. В этой связи на саммите договорились сократить вдвое к 2015 г. долю населения, не имеющего доступа к безопасной питьевой воде, в основном за счет распространения среди населения соответствующих знаний и дальнейшего роста санитарных требований в государственных учреждениях, и прежде всего в школах.

Принято решение о том, чтобы к 2020 г. снизить, по крайней мере, на 100 млн число обитателей городских трущоб, предоставив им либо дешевое жилье, либо участки земли, а также кредиты для самостоятельного решения жилищной проблемы. Для этого необходимо одновременно устранить неоправданные нормативно-правовые препятствия обеспечения подобной программы и оказывать поддержку местным органам власти в их деятельности по ликвидации трущоб при разработке планов градостроительства.

Конференция признала, что для достижения глобального устойчивого развития необходимы коренные изменения в сложившемся порядке производства и потребления. Все страны должны поощрять устойчивые модели потребления и производства, не порывающие природных ресурсов и не наносящие вреда окружающей среде, причем развитые страны должны играть здесь ведущую роль. +

роль, помогая развивающимся. В “Плане выполнения решений...” содержится более 50 пунктов, конкретизирующих поставленную задачу. Достичь цели можно, используя организационные, экономические и информационные возможности, в частности поощряя долгосрочное планирование; следя за информированностью общества и поощряя его просвещение; обеспечивая обмен опытом; создавая фонды для финансовой поддержки прогрессивных разработок; разрабатывая новые технологии для передачи их заинтересованным сторонам; принимая международные стандарты; вводя экологически обоснованные условия осуществления свободной торговли между странами; запрещая вредные и опасные для человечества и биосферы в целом действия (производство или захоронение токсичных веществ); разрабатывая национальные программы повышения эффективности использования энергии; применяя процедуры оценки экологического воздействия и т.д.

Впервые для конференций подобного уровня рассматривалась противоречивая проблема глобализации мировых процессов. В Йоханнесбурге неправительственные и межправительственные организации и коммерческие структуры предложили более 300 конкретных проектов. На Саммите были достигнуты договоренностей о масштабном плане деятельности по решению проблем водоснабжения, энергетики, здравоохранения, сельского хозяйства и сохранения биоразнообразия.

Индикаторы устойчивого развития

В “Повестке дня на XXI век” (гл. 40), принятой на конференции в Рио-де-Жанейро, государствам было рекомендовано разработать количественные индикаторы устойчивого развития своей страны.

Индикатор — это средство, представляющее в упрощенном виде некую ситуацию, являющуюся частью сложного комплекса или системы. Они давно используются в различных областях знаний, например в экономике и на практике. Индикаторы всегда несовершенны, преломляя искомые характеристики через весьма субъективную оценочную призму, полностью зависимую от выбранных показателей и их “весовых” коэффициентов. Тем не менее применение индикаторов позволяет яснее отслеживать динамику по определенным показателям и проводить сравнение выбранных объектов, с тем чтобы по результатам такого формального анализа предоставить неформальный детальный комментарий, учитывающий индивидуальные особенности сравниваемых

объектов или ситуаций. “Индикаторы позволяют сориентироваться при принятии решения, когда необходимо выбрать один из множества разнообразных вариантов. Они помогают учитывать информацию естественных и социальных наук совместно, облекая ее в такие единицы информации, которые облегчают процесс принятия решения. С их помощью легче измерить и оценить степень продвижения к целям устойчивого развития, а также своевременно принять меры по предотвращению негативных социальных, экономических и экологических последствий” (Indicators of Sustainable development: guidelines and methodologies) (http://esl.jrc.it/envind/un_meths/UN_ME001.htm). С 1995 г. в Комиссии по устойчивому развитию ООН началась разработка индикаторов устойчивого развития, с привлечением государственных и негосударственных организаций, а в 1996 г. эта комиссия опубликовала документ, включавший 134 индикатора устойчивого развития, которые были систематизированы и разделены на несколько групп в зависимости от характеризующих ими аспектов устойчивого развития, а именно индикаторы социальных, экономических, экологических и институциональных аспектов устойчивого развития (табл. 23.2). В тексте документа имеются описания предназначения каждого индикатора, его отношения к устойчивому или неустойчивому развитию, связи с другими индикаторами, методы расчета и другие параметры.

Членом мирового сообщества предстояло трансформировать предлагаемую систему индикаторов к специфическим условиям своих стран.

В начале 1998 г. ряд стран опубликовал первые национальные отчеты по индексам устойчивого развития. Национальные приоритеты стран оказались настолько отличны, что количество индикаторов, признанных приемлемыми различными странами, сильно отличается. Например, Великобритания включила в свой отчет за 1997 г. только 41 индикатор из списка, предложенного ООН, Финляндия выбрала 57 индикаторов. Германия считает, что многие индикаторы, предложенные комиссией, не подходят для высокоразвитых стран.

В ходе испытания индикаторов выявились как их слабые стороны, которые отчасти предполагали разработчики, так и новые трудности. Во-первых, индикаторы должны быть направлены на оценку быстро изменяющегося взаимодействия общества и природы, которое до сих пор остается недостаточно изученным, что затрудняет разработку индикаторов. Во-вторых, не существует

Таблица 23.2

**Рамочные индикаторы устойчивого развития, разработанные Комиссией ООН
по устойчивому развитию**

(Indicators of Sustainable development: guidelines and methodologies (http://esl.jrc.it/envind/un_meths/UN_ME001.htm))

Социальные		
Тема	Подтема	Индикатор
Справедливость	Бедность (3)	% населения, живущего ниже прожиточного уровня
		Индекс Джини (концентрации доходов)
		Уровень безработицы
	Равенство полов (24)	Отношение между средней зарплатой женщин и мужчин
Здоровье (6)	Обесценность пищи	Обеспеченность пищей детей
	Смертность	Уровень смертности детей до 5 лет
		Ожидаемая при рождении продолжительность жизни
	Санитария	Доля населения, пользующегося канализацией
	Питьевая вода	Доля населения, получающего безопасную питьевую воду
	Медицинское обслуживание	Доля населения, получающего первую медицинскую помощь
		Иммунизация против инфекционных детских болезней
		Уровень применения противозачаточных средств
Образование (36)	Образовательный уровень	Доля детей, проучившихся пять лет
		Доля взрослого населения, получившего среднее образование
	Грамотность	Уровень грамотности среди взрослого населения
Жилище (7)	Жилищные условия	Средняя площадь жилья на душу населения
Безопасность	Преступность (36, 24)	Число зарегистрированных преступлений на 100 тыс. человек

Продолжение табл. 23.2

Тема	Подтема	Индикатор
Население (5)	Изменение на- родонаселения	Темп роста народонаселения
		Население городов: формаль- ное и неформальное
Экологические		
Тема	Подтема	Индикатор
Атмосфера (9)	Изменение кли- мата	Эмиссия парниковых газов
	Истончение озо- нового слоя	Потребление озонразрушаю- щих веществ
	Качество воздуха	Превышение ПДК по загряз- нителям воздуха в городах
Земля (10)	Сельское хозяй- ство (14)	Площади сельхозугодий, в том числе зерновых
		Использование удобрений
		Использование пестицидов
	Леса (11)	Лесистость (% лесов от общей территории)
		Интенсивность добычи древе- сины
	Опустынивание (12)	Территории, подверженные опустыниванию
Урбанизация (7)	Площадь городских офици- альных и неофициальных по- селений	
Океаны, моря и побережья (17)	Прибрежная зо- на	Концентрация водорослей в прибрежных водах
		Доля населения, проживаю- щего вблизи побережья морей
	Рыболовство	Добыча рыбопродуктов по ос- новным видам
Пресная вода (18)	Количество воды	Годовое потребление поверх- ностных и грунтовых вод
	Качество воды	Уровень БПК (биохимической потребности в кислороде) в воде
		Колититр в воде

Продолжение табл. 23.2

Тема	Подтема	Индикатор
Биоразнообразие (15)	Экосистемы	Площадь, занимаемая отдельными важнейшими экосистемами
		Охраняемая территория в % всей территории
	Species	Изобилие отдельных важнейших видов
Экономические		
Тема	Подтема	Индикатор
Экономическая структура (2)	Экономическая оценка	ВВП на душу населения
		Доля инвестиций в ВВП
	Торговля	Соотношение в торговле услугами и товарами
	Финансовый статус (33)	Соотношение долгов с ВВП
		Доля официальной поддержки развития (предоставляемой или получаемой) от ВВП
Потребление и продукция (4)	Потребление материалов	Интенсивность потребления материалов
		Годовое потребление энергии на душу населения
	Использование энергии	Доля потребления энергии от возобновимых источников
		Интенсивность энергопотребления
		Образование индустриальных и бытовых твердых отходов
	Образование отходов и их использование (19–22)	Образование опасных отходов
		Образование радиоактивных отходов
		Повторное использование отходов
	Транспорт	Среднее расстояние на душу населения в год перемещения на различных видах транспорта

Окончание табл. 23.2

Институциональные		
Тема	Подтема	Индикатор
Институциональные ограничения (38, 39)	Стратегическая реализация УР (8)	Наличие национальной стратегии УР
	Международная кооперация	Выполнение ратифицированных глобальных соглашений
Институциональная емкость (37)	Доступность информации (40)	Число пользователей Интернета на 1000 человек
	Коммуникационная инфраструктура (40)	Протяженность телефонных линий на 1000 человек
	Наука и технологии (35)	Доля расходов на исследования и разработки от ВВП
	Степень готовности к катастрофам	Экономические и человеческие потери вследствие природных катастроф

Примечание. Числа в круглых скобках соответствуют номерам соответствующих глав в "Повестке дня на XXI век".

единых методов в подходе к созданию самих индикаторов. В-третьих, с помощью количественных индикаторов сложно оценивать качественные характеристики. В-четвертых, региональные экологические и социально-экономические различия столь значительны, что это приводит к несопоставимости подходов в разработке индикаторов и затрудняет сравнение регионов, хотя для самого региона этот метод дает дополнительные возможности оценки происходящих со временем изменений в экономике, социальной сфере и состоянии окружающей среды по ряду ключевых показателей.

Тем не менее призыв к использованию количественных методов и сопоставимых индикаторов устойчивого развития был встречен с пониманием и энтузиазмом, так что к 2005 г. уже накоплен большой опыт в этом отношении. Наряду с системами индикаторов, разработанными международными организациями, произошла адаптация предлагаемых индикаторов и критериев оценки устойчивого развития к регионам разного масштаба — от больших стран до отдельных городов или даже небольших районов.

Что можно сделать, чтобы устойчивое развитие стало достижимым

Для реального перехода к устойчивому развитию необходимо эффективное взаимодействие институтов гражданского самоуправления на всех уровнях (государственном, региональном, местном), на всех основных направлениях (административном, общественном, научном, религиозном) и др.

На государственном уровне надо стремиться к сбалансированности развития страны с учетом текущего экономического положения, социальной проблематики и экологических ограничений, для чего необходимо уточнить теоретические принципы и практические формы их претворения в жизнь, т.е. разработать концепцию, стратегию и план действий по достижению устойчивого развития.

В 1994 г. вышел Указ Президента РФ “О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития”, подтвердивший приверженность России курсу на устойчивое развитие. В Указе одобрены два основных направления действий:

- решение текущих социально-экономических задач в неразрывной связи с осуществлением адекватных мер по защите и улучшению окружающей среды, сбережению и восстановлению природных ресурсов;
- реализация закрепленных Конституцией Российской Федерации прав граждан на благоприятную окружающую среду и прав будущих поколений людей на пользование природно-ресурсным потенциалом в целях поддержания устойчивого развития.

Затем наступило время разработки концепции устойчивого развития России, проект которой был обсужден в 1995 г. на Всероссийском съезде по охране природы и утвержден Указом Президента РФ в 1996 г.

Разработка стратегии перехода России к устойчивому развитию (более подробного документа) вызвала споры и затянулась на годы. Международными рекомендациями предусмотрена подобная трудность и предложено не торопиться с утверждением стратегии в ущерб ее проработанности и ясности.

В качестве промежуточных документов приняты “Основные направления социально-экономического развития РФ на период до 2010 года”, “Программа социально-экономического развития РФ на период до 2004 года” и “Стратегия социально-экономи-

ческого развития РФ на период до 2010 года". В 2002 г. принята обновленная редакция Закона РФ "Об охране окружающей среды", в котором отражены цели перехода к устойчивому развитию. Однако эти документы не могут заменить собой Стратегию устойчивого развития России.

В 2002 г. Правительством РФ была одобрена **Экологическая доктрина России**. В ней признано, что к числу основных факторов деградации природной среды Российской Федерации относятся:

- преобладание ресурсодобывающих и ресурсоемких секторов в структуре экономики, что приводит к быстрому истощению природных ресурсов и деградации природной среды;
- низкая эффективность механизмов природопользования и охраны окружающей среды, включая отсутствие рентных платежей за пользование природными ресурсами;
- резкое ослабление управленческих, и прежде всего контрольных, функций государства в области природопользования и охраны окружающей среды;
- высокая доля теневой экономики в использовании природных ресурсов;
- низкий технологический и организационный уровень экономики, высокая степень изношенности основных фондов;
- последствия экономического кризиса и невысокий уровень жизни населения;
- низкий уровень экологического сознания и экологической культуры населения страны.

В качестве стратегической цели государственной экологической политики признано поддержание целостности природных систем и их жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития общества, улучшения здоровья населения и обеспечения экологической безопасности страны. Для достижения этих целей необходимо сохранение и восстановление природной среды, устойчивое природопользование и снижение загрязнения окружающей среды и ресурсосбережение. В частности для обеспечения устойчивого природопользования необходимы:

- внедрение программ комплексного природопользования, включая экологически обоснованные методы использования земельных, водных, лесных, минеральных и других ресурсов;
- сокращение в структуре национальной экономики доли предприятий, эксплуатирующих природные ресурсы, развитие наукоемких природосберегающих высокотехнологичных производств;

- сохранение разнообразия используемых биологических ресурсов, их внутренней структуры и способности к саморегуляции и самовоспроизводству;
- максимально полное использование извлеченных полезных ископаемых и добытых биологических ресурсов, минимизация отходов при их добыче и переработке;
- минимизация ущерба, наносимого природной среде при разведке и добыче полезных ископаемых; рекультивация земель, нарушенных в результате разработки месторождений полезных ископаемых;
- внедрение систем обустройства сельскохозяйственных земель и ведения сельского хозяйства, адаптированных к природным ландшафтам, развитие экологически чистых сельскохозяйственных технологий, сохранение и восстановление естественного плодородия почв на землях сельскохозяйственного назначения;
- поддержание традиционной экологически сбалансированной хозяйственной деятельности;
- предотвращение и пресечение всех видов нелегального использования природных ресурсов, в том числе браконьерства, и их незаконного оборота.

Для снижения загрязнения окружающей среды и развития ресурсосбережения необходимы:

- поддержка производства товаров, рассчитанных на максимально длительное использование;
- внедрение ресурсосберегающих и безотходных технологий во всех сферах хозяйственной деятельности;
- технологическое перевооружение и постепенный вывод из эксплуатации предприятий с устаревшим оборудованием;
- обеспечение качества воды, почвы и атмосферного воздуха в соответствии с нормативными требованиями;
- сокращение удельного водопотребления в производстве и жилищно-коммунальном хозяйстве;
- поддержка экологически эффективного производства энергии, включая использование возобновляемых источников и вторичного сырья;
- развитие систем использования вторичных ресурсов, в том числе переработки отходов;
- снижение потерь энергии и сырья при транспортировке, в том числе за счет экологически обоснованной децентрализации производства энергии, оптимизации системы энергоснабжения мелких потребителей;

- модернизация и развитие экологически безопасных видов транспорта, транспортных коммуникаций и топлива, в том числе неуглеродного;
- переход к экологически безопасному общественному транспорту — основному виду передвижения в крупных городах;
- развитие экологически безопасных технологий реконструкции жилищно-коммунального комплекса и строительства нового жилья.

Приоритетные направления обеспечения экологической безопасности включают обеспечение безопасности при потенциально опасных видах деятельности и ситуациях, экологические приоритеты в здравоохранении, демографической и миграционной политике, предотвращение и снижение экологических последствий чрезвычайных ситуаций, предотвращение распространения чужеродных видов и генетически измененных организмов и предотвращение экологического терроризма и ликвидация его последствий.

Для успешной реализации поставленных задач недостаточно только международных или государственных решений. Они определяют направление для коллективного приложения усилий на всех уровнях государственного устройства.

На региональном уровне целесообразно проводить работу по инвентаризации имеющихся ресурсов, оценке характера воздействия на окружающую среду, оценке экологической безопасности и состояния здоровья населения. Полученная информация позволит выбрать наиболее выгодное и безопасное направление долгосрочного экономического развития региона. Важно принимать в расчет, что рыночная экономика обычно не учитывает экологических издержек. Если государство способно откорректировать ценообразование с учетом экологических потерь, то этим удастся сформировать объективные условия устойчивого использования ресурсов.

Привлечение общественных организаций к принятию решений относительно развития региона позволяет избежать многочисленных ошибок и сделать разрабатываемые планы более эффективными. Обязательным условием использования механизмов демократического управления является своевременное и полное распространение информации о состоянии региона и всех хозяйствующих субъектов, о проектах дальнейшего их развития.

Необходимо помнить, что устойчивое развитие страны и всего человечества является общей целью для подавляющего большинства людей. Этот огромный позитивный потенциал надо научиться использовать через достижение большего взаимного доверия, уважения и привлечения к общему делу.

Выводы

1. Предотвращение экологического кризиса тесно взаимосвязано с решением других социальных и экономических проблем современного мирового сообщества.

2. Сокращение потребления природных ресурсов и энергии требует перевооружения промышленности и сельского хозяйства, т.е. способствует научно-техническому прогрессу человечества, ускоряет смену устаревших технологий на более совершенные и таким образом содействует экономическому развитию и процветанию.

3. Современная экономика должна учитывать экологические ограничения, тогда она станет основной силой, способствующей не усугублению, а решению экологических проблем.

4. Эту цель невозможно достичь в отрыве от решения проблемы ликвидации нищеты и социальной дискриминации в экономически отсталых странах.

5. Мировое сообщество, целенаправленно разрабатывая методы объединения политических усилий разных стран, направленных на трансформацию и интеграцию рыночной экономики, предложило концепцию устойчивого развития человечества.

6. Устойчивое развитие человечества — это фундаментальная установка на развитие мирового сообщества в определенном направлении, определяемым экологическими требованиями сохранения устойчивости биосферы и благоприятной стабильной среды для всего населения нашей планеты.

7. Как показывает практика последних десятилетий, мировое сообщество вполне может справиться со столь трудной задачей и постепенно сбалансировать экологические требования с экономическими и социальными потребностями.

8. Экологическое образование позволяет всем людям осознать важность поставленных задач и тем самым способствует объединению усилий людей вне зависимости от их гражданской, социальной, религиозной принадлежности для достижения цели сохранения благоприятных условий существования на Земле для последующих поколений.



НООСФЕРОГЕНЕЗ (ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ)

Любой вид живых существ теоретически может размножиться безгранично. В реальной жизни этого не происходит, а всплески численности отдельных популяций случаются довольно редко. Это объясняется тем, что численность любого вида сдерживается ограниченностью необходимых для его жизнедеятельности ресурсов, и прежде всего пищи. Если пищи много, а конкуренция за нее между разными видами невелика, то возможно быстрое увеличение численности видов, для которых она составляет основу рациона, что приводит к трагическим последствиям. Раньше или позже все пищевые ресурсы оказываются использованными, и на смену изобилия приходят голод и мор. В каждом учебнике экологии приведены примеры таких “волн жизни”.

Человечество в течение большей части своей истории также зависело от подобных обстоятельств. Засухи и проливные дожди летом, а сильные морозы зимой случались достаточно часто. По данным летописей подсчитано, что в Европе за 2000 лет более 800 были экстремальными! (Бараш, 1989). С каждым таким годом связаны неурожаи, голод, а часто и эпидемии.

Однако постепенно люди во все меньшей степени зависели от природных ограничений. Они научились сами выращивать пищу, запасать ее, покупать в других странах и перевозить к местам лишения. Развитие сельского хозяйства позволило увеличить продуктивность угодий и получать значительно более высокие урожаи. Использование машин, удобрений, искусственного полива, селекции, химических средств защиты растений и множества других приемов снизило зависимость человечества от продовольственных ресурсов.

Количество людей на Земле стало увеличиваться с небывалой скоростью. За время жизни одного поколения (1930–2000 гг.) человечество увеличилось втрое: от 2 до 6 млрд чел. Даже две мировые войны и множество других тяжелых испытаний не предотвратили демографического бума. Численность каждого вида прежде всего зависит от ресурсов. Человечество научилось искать новые ресурсы, т.е. брать от природы все больше и больше. Ничего

подобного раньше в истории биосферы не было. Оставаясь одним из видов живых существ, человечество вышло из-под контроля природных регуляций.

Равновесие и устойчивость биосферы обеспечиваются в живой природе многочисленностью видов и сохранением паритета между ними — ничтожностью роли каждого отдельного вида (каждой отдельной “силы”). На этом основаны природные регуляции устойчивости биосферы. В естественных экосистемах, как бы бедны они ни были, всегда имеется дублирование на всех уровнях организации. Несколько десятков видов растений выполняет функцию продуцентов. За счет них живут десятки видов животных, питающихся растительной пищей, — первичных консументов. Такое же дублирование сохраняется и на более высоких трофических уровнях — среди хищников-консументов высших порядков и среди редуцентов, перерабатывающих падаль.

Дублирование проявляется в полной мере и на уровнях организации вида и популяции. Любой вид включает множество относительно самостоятельных популяций. Даже полное вымирание некоторых из них еще не подрывает существования вида: его ареал со временем снова может расшириться. Также и в каждой популяции имеется множество особей, способных к полной взаимозамене.

Дублирование на видовом уровне ограничивает роль каждого из видов в отдельности. Что бы ни произошло — увеличение численности вида или его вымирание, — экосистема в целом пострадает незначительно и ненадолго. Опасность роковых сбоев в функционировании биосферы сведена к минимуму прежде всего за счет ограничения роли всех ее составляющих.

Ни один представитель живого не получал ранее решающего преимущества в сообществах. Слишком интенсивное размножение отдельных видов, происходящее время от времени (саранча, лемминги, эпидемии), приводило лишь к локальным катаклизмам, но не могло сказаться на состоянии биосферы в целом. Можно сказать, что устойчивость экосистем и биосферы в целом регулируется в природе сохранением “паритета ничтожности” между всеми членами сообщества. Это и есть извечный и главный природный способ сохранения устойчивости внутренних процессов.

В настоящее время ситуация в корне изменилась. Один из представителей живого — человек — стал исключением из правила. Этот вид размножился необычайно. Овладев дополнительными рычагами интенсификации природопользования, человечество теперь реально угрожает устойчивости биосферы.

Человечество влияет на значительную часть энергопотоков, проходящих через биосферу. Если в начале XX в. естественные экосистемы были разрушены на 20% суши, то теперь — на 63% территории. Около 40% первичной продукции суши потребляется ограниченным числом видов, культивируемых людьми для своих нужд (Данилов-Данильян, Лосев, 1998).

Надеяться на всемогущество природы теперь уже нельзя. Природные механизмы недостаточны для сохранения биосферы, предотвращения ее разрушения изнутри. Естественные регуляции слепы — это “колебания маятника” с зашкаливанием по краям: для переключения процессов часто необходим катаклизм. Антропогенное регулирование — это предвидение катаклизмов; своевременное снижение скорости процесса; выбор между сиюминутной выгодой и долгосрочной устойчивостью. Отсюда — приоритет “устойчивого развития”. *Современные идеологии должны базироваться на выборе между краткосрочной и долгосрочной выгодой в природопользовании.*

В то же время человечество не вполне готово к решению новых задач. Традиционные нормы поведения людей соответствуют принципу ничтожности роли в биосфере каждого отдельного вида. В этом смысле наше мировоззрение и устройство общества все еще остаются на допотопном уровне, соответствуя природным регуляциям.

Исторически люди жили по животным правилам, подчиняясь естественным законам поведения, таким же, как и у других высших животных: сильные притесняли более слабых, плодовые племена брали верх над малочисленными, выживали наиболее приспособленные и агрессивные, а объединение имело целью противостояние в межвидовой и внутривидовой борьбе. Люди жили по природным законам и не отрывались от природы.

В будущем нельзя полагаться только на природные регуляции и экологические законы: они не рассчитаны на диспропорцию между видами. Признавая свершившийся факт принципиального изменения структуры биосферы вследствие непропорционального усиления роли одного вида, а также факт все уменьшающихся возможностей саморегуляционных процессов биосферы, человечество должно осознать, что вступило в новый период развития Земли, предсказанный В.И. Вернадским еще в 1940-х годах. *Хотим мы или нет, но биосфера объективно переходит в качественно новое состояние.*

Владимир Иванович Вернадский писал: “Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним,

перед его мыслью и трудом, становится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого... *Ноосфера* — последнее из многих состояний эволюции биосферы в геологической истории — состояние наших дней” (Вернадский, 1993).

Состояние ноосферы определяется не желанием человечества разумно жить, а принципиально новым соотношением биотических процессов в биосфере, при котором влияние одного из видов преобладает над остальными. Это создает объективную необходимость усиления разумного контроля природопользования как единственного механизма самосохранения человечества и гаранта последующего преобразования нашей жизни.

Теперь люди обязаны жить по другим правилам — не природным. В этом и заключается суть другого понятия — “*экологического императива*”, ставшего в последнее время широко известным благодаря трудам Н.Н. Моисеева (1988, 1999). Новое мировоззрение человечества должно быть сформулировано с учетом того, что один вид живого принимает на себя всю ответственность за соблюдение “правил безопасности на планете”, за сохранение устойчивого равновесия энергетических и материальных потоков.

Таких правил не было в природе, хотя зачатки их уже давно появились в истории человечества и нашли отражение в эволюции гуманистического мировоззрения — то в виде религиозных учений, то в форме социальных утопий и теорий, то в различных проявлениях светской культуры. На некоторых этапах исторического развития представления людей об их великой регулирующей роли были предельно наивны и самонадеянны. Это и города будущего утопистов, и научно-фантастические проекты писателей и ученых XIX–XX вв.

Тем не менее не может вызывать сомнений сам факт того, что человечество уже начало жить по законам, отличным от естественных природных, а его участие в регулировании этих процессов не имеет аналогов во всей истории Земли. Поэтому и возникла концепция “*коэволюции природы и общества*” (Моисеев, 1999), которая вовсе не означает возврата к технократическим утопиям. Она лишь призывает соразмерять развитие человечества с пределами устойчивости биосферы и возможностями самого мирового сообщества обеспечить регуляцию той части энергетических и материальных потоков, которые возникают по его вине и могут нанести непоправимый вред биосфере.

В первом докладе Римского клуба, получившем название “Пределы роста” (Meadows et al., 1972), было доказано, что развитие человечества по существующим правилам в скором времени неизбежно должно привести к глобальному коллапсу. Традиционно эгоистические приоритеты большинства обернутся трагедией для них же, если заблаговременно не перестроиться и не начать мыслить более общими категориями, прогнозируя наиболее вероятные последствия нынешнего экономического прогресса. Узкий эгоизм оказался смертельно опасен для всех. Космополитизм и заботы о судьбах всего человечества перестали быть уделом единичных моралистов и мыслителей.

Проведенные в 70-х годах расчеты экологических последствий атомной войны показали, что история закончится смертью всего человечества вне зависимости от мест бомбардировок. Эта теория получила название “ядерной зимы” (Моисеев, 1988). Просвещенное общество испытало шок, который заставил многих задуматься об общечеловеческом будущем, что в немалой степени способствовало распространению “нового мышления”.

Особенность нового мышления и его носителей — немалой части наших современников — заключается в том, что они ратуют не только за себя лично или членов своего клана, но и за весь мир. Эта идеология, по существу, не нова. В ней проявляются ростки гуманности, понимания всей относительности противостояния врагов, способности понять другого, признать его требования. Вместо размежевания и независимости групп, живущих по варварским природным законам заботы только о себе, постепенно в истории человечества еще несколько тысяч лет тому назад начало зарождаться новое мировоззрение — единства, целостности и уязвимости человеческого общества, нуждающегося во взаимодействии и взаимной поддержке, в добровольном отказе от социального неравенства, паразитизма сильных на угнетенных.

Идея бессмысленности вражды и личной победы в конкуренции с соплеменниками неоднократно ясно и глубоко осознавалась самыми мудрыми представителями человечества (Платон, Конфуций, Ганди и др.). Последователей такого мировоззрения всегда было меньше, чем явных или скрытых противников. Тем не менее со временем человечество признало эту парадигму. Распространились и утвердились в мире христианская, мусульманская и буддийская мораль вопреки разрушительным тенденциям искажения сути вероучения и использования его в корыстных групповых интересах. Появились другие формы миротворчества — светские, такие, как мирное сосуществование, нейтралитет и дви-

жение неприсоединения, а также специальные объединения и организации для поддержки миролюбия, например Красный Крест, Организация Объединенных Наций и др. История человечества накопила множество ярких примеров того, что отступление от заповеди мирного сосуществования дает людям лишь кратковременные преимущества и всегда оборачивается злом в долгосрочной перспективе.

После отмены рабства и крепостного права в XIX в. стало распространяться практическое признание всеобщего равенства людей. Это способствовало расшатыванию основ колониальной системы и краху колониализма в первой половине XX в. После Второй мировой войны была в принципе отвергнута идеология "избранности" каких-либо народов, осужден фашизм и геноцид во всех формах его проявления. Одновременно с этим стала слабеть идеология мировой революции с целью свержения капитализма и освобождения трудящихся.

Практической реализацией идей гуманизма стали распространение по всему свету доступного и всеобщего светского образования, признание равных прав женщин с мужчинами, появление системы социальной поддержки населения, включающей, в частности, нормирование продолжительности рабочего дня, обязательность оплачиваемого отпуска, пособия по нетрудоспособности и пенсии. Во многих странах из гуманных соображений отказались от применения смертной казни как высшей меры наказания, мотивируя это решение установленными случаями ошибок при вынесении смертного приговора. Ради сохранения жизни одного невинно осужденного можно обойтись без казни сотен по праву заслуживших ее преступников.

Если на заре истории человечества взаимная терпимость и забота признавались лишь в узком пространстве рода, то позже размеры общества, способного жить по принципу мирного сосуществования увеличивались, охватывая сначала отдельные государства, затем их объединения. Во второй половине XX в. уже только два основных колоссальных лагеря противостояли друг другу. На наших глазах завершилась эта историческая эпоха и человечество продвинулось еще дальше к общепланетарному объединению, по крайней мере в области соблюдения единых правил мирного сосуществования и соблюдения экологической безопасности. За полвека несовершенная Лига Наций сменилась более дееспособной Организацией Объединенных Наций, а мировое сообщество постепенно научилось влиять на своих членов, требуя выполнения принятых резолюций ООН.

Современное экологическое мировоззрение представляет собой следующий шаг развития гуманистической этики. Теперь уже речь идет не только о взаимном уважении между современниками, но и о заботе о благополучии будущих поколений, о сохранении биосферы — “общего дома”, в котором мы все живем вместе со множеством других населяющих ее видов живых существ.

Устойчивое развитие человечества означает прежде всего сохранение в течение неограниченно долгого времени стабильной и благоприятной для жизни людей окружающей среды, т.е. сохранение биосферы с ее установившимся круговоротом веществ, климатом, разнообразием природных сообществ, богатством всевозможных ресурсов. Эта цель должна быть достигнута при том, что само человечество вырастет примерно вдвое в течение XXI в.

Мир учится жить по новым правилам, соответствующим логическому продолжению эволюции гуманизма — его ноосферной фазе развития. Разрозненные принципы, представляющие собой сокровищницу человечества, которые нашли и успешно апробировали разные народы, мыслители, религии, могут быть объединены в единый гуманистический “кодекс жизни”. В нем взаимно дополняют друг друга христианское “не убий”; стремление гуманистов к образованности, человеколюбию и созиданию; утверждение принципов равенства и свободы; гражданственности и духовности; нынешний глобализм и забота о будущем всей планеты.

Ноосферогенез — это переходная стадия эволюции человечества между чередой эпох стихийного и несогласованного развития стран и народов к эпохе интеграции мирового сообщества в единую экономическую систему с согласованными социальными законами поведения, позволяющими избежать социальных кризисов, так как при современном уровне научных и технических возможностей любое злонамеренное или даже просто недостаточно ответственное использование научно-технических достижений может привести к глобальной катастрофе. Чтобы избежать такой участи, необходимо повысить экологическую культуру населения, для чего и введено в высшей школе повсеместно преподавание новой дисциплины “Экология”, содержание которой значительно шире аналогичной биологической дисциплины.



- Авакян А.Б. Что делать с волжскими водохранилищами? // Природа. 1999. № 2. С. 45–53.
- Авакян А.Б. Взгляд на каскад // Экология и жизнь. 2000. № 1. С. 48–51.
- Агаджанян Н.А., Турзин П.С., Ушаков И.Б. Окружающая среда и наше здоровье // Экология России. 1998. № 1.
- Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. М.: ЮНИТИ, 1998. 455 с.
- Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Природа — человек — техника. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 343 с.
- Алексеев В.В. Энергетический базис экономики и проблема введения энерговалюты в финансовую систему // Возобновляемые источники энергии: Лекции ведущих специалистов. М.: Географический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова, 2002. С. 27–55.
- Алексеевский Н.И., Гладкевич Г.И. Водные ресурсы в мире и в России за 100 лет // Россия в окружающем мире: 2003: (Аналитический ежегодник). М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. С. 114–145.
- Ален Р. Как спасти Землю: Всемирная стратегия охраны природы / Пер. с англ. М.: Мысль, 1983. 172 с.
- Андруз Дж., Бримблекуб П., Джикелз Т., Лисс П. Введение в химию окружающей среды. М.: Мир, 1999. 271 с.
- Аносов С. Минерально-сырьевой сектор России // Российская экономика: тенденции и перспективы: 1996 год. М.: Ин-т экономических проблем переходного периода, 1997.
- Арский Ю.М., Данилов-Данильян В.И., Залиханов М.Ч. и др. Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. 332 с.
- Бабаев А.Г., Дроздов Н.Н., Зонн И.С., Фрейкин З.Г. Пустыни. М.: Мысль, 1986. 318 с. (Сер. Природа мира).
- Бактериальная палеонтология. М.: ПИН РАН, 2002. 188 с.
- Бараш С.И. История неурожаев и погоды в Европе (по XVI в. н.э.). Л.: Гидрометеоздат, 1989. 237 с.
- Бараш С.И. Космический “дирижер” климата и жизни на Земле. СПб.: ПРОПО, 1994. 244 с.
- Батурин Г.Н. Рудный потенциал океана // Природа. 2002. № 5. С. 20–30.
- Бернштейн Л.Б., Силаков В.Н., Гельфер С. Л. и др. Приливные электростанции: В 2 т. / Под ред. Л.Б. Бернштейна. 2-е изд., перераб. М.: АО “Гидропроект”, 1994.
- Большов Л.А., Арутюнян Р.В., Линге И.И. и др. Чернобыльская катастрофа. Итоги и проблемы преодоления ее последствий в России. 1986–1999. М.: МЧС РФ, 1999.
- Бородин И.П. Мировая охрана природы: (Отчет академика И.П. Бородина о командировке в Берн на Конференцию по международной охране природы). Петроград: Типография М.М. Стасюлевича, 1915. 106 с.
- Браун Л. Покончить с голодом: вызов брошен // Состояние мира 2001. Докл. Ин-та Worldwatch о развитии по пути к устойчивому обществу / Пер. с англ. М.: Весь мир, 2003. С. 58–88.
- Будыко М.И. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977. 324 с.
- Букштынов А.Д., Грошев Б.И., Крылов Г.В. Леса. М.: Мысль, 1981. 316 с.
- Бурзин М.Б. Зачем шипы докембрийскому фитопланктону? // Природа. 1997. № 2. С. 98–110.

- Бэклунд П., Халлом Б., Леппякоски Э. Промышленные загрязнители и токсиканты // Балтийское море и его окружающая среда: урок 5. СПб.: Гидрометеоздат, 1996. 36 с.
- Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Русский космизм: Антология философской мысли. М.: Педагогика-Пресс, 1993. С. 305–306.
- Воробьев А.Е. Человек и биосфера. М.: Изд-во МГГУ, 1986. 213 с.
- Воробьева Е.А., Соина В.С., Звягинцев Д.Г., Гиличинская Д.А. Жизнеспособные экосистемы криолитосферы // Бактериальная палеонтология. М.: ПИН РАН, 2002. С. 155–168.
- Высторобец Е.Л. Атлас международного природоохранного сотрудничества. М.: Гаага, 2001. 52 с.
- ГЕО-3: Глобальная экологическая перспектива 3. ЮНЕП, 2002. 504 с.
- Гилева Э.А. О накоплении некоторых химических элементов пресноводными водорослями // Проблемы радиационной биогеоценологии / Тр. Ин-та биологии УФ АН СССР. 1965. Вып. 45. С. 5–31.
- Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995. 470 с.
- Горшков В.Г., Кондратьев К.Я., Лосев К.С. Природная биологическая регуляция // Изв. Русского геогр. об-ва. 1994. Вып. 6. С. 17–23.
- Государственный доклад. О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1994 г. / Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов. М.: Центр международных проектов, 1995. 339 с.
- Государственный доклад. О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1997 г. / Государственный комитет РФ по охране окружающей среды. М.: Государственный центр экологических программ, 1998. С. 606.
- Государственный доклад. О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1998 г. / Государственный комитет РФ по охране окружающей среды. М.: Государственный центр экологических программ, 1999. С. 574.
- Государственный доклад. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2002 г. / Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов. М.: Государственный центр экологических программ, 2003. С. 479.
- Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология. М.: Изд-во МГУ, 1992. 447 с.
- ГЭП-3: Глобальная экологическая перспектива-3. М.: ЮНЕПКОМ, 2002. 504 с.
- Данилов-Данильян В.И. Экологические мотивы становятся мощным средством конкурентной борьбы // Зеленый мир. 1997. № 21. С. 5–6.
- Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Высшая школа, 1998. 413 с.
- Добровольский Г.В. Почвенные ресурсы России за 150 лет // Россия в окружающем мире, 2002. С. 110–125.
- Жмур С.И., Розанов А.Ю., Горленко В.М. Литифицированные остатки микроорганизмов в углистых хондритах // Геохимия. 1993. № 1. С. 66–68.
- Заварзин Г.А. Становление биосферы // Природа. 2001. № 11. С. 988–1001.
- Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. 348 с.
- Зернов С.А. Общая гидробиология. М.; Л.: Биомедгиз, 1934. 503 с.
- Зернова Л. Нет ничего страшнее войны экологической // Природно-ресурсные ведомости. 2003. 17 июля // <http://www.eco-pravda.km.ru/smi/prv17il3.htm>
- Иванов В.И., Тимофеева-Ресовская Е.А., Тимофеев-Ресовский Н.В. О накоплении цезия пресноводными растениями // Проблемы радиационной биогеоценологии / Тр. Ин-та биологии УФ АН СССР. 1965. Вып. 45. С. 33–40.
- Игнатович Н.И., Рыбальский Н.Г. Что нужно знать о твердых бытовых отходах? М.: РЭФИА, 1995. 66 с.
- Израэль Ю.А. Мирные ядерные взрывы и окружающая среда. Л.: Гидрометеоздат, 1974. 135 с.

- Израэль Ю.А. Чернобыль-90 // Правда. 1990. № 107 (26190). С. 4.
- Ильенко А.И. Концентрирование животными радиоизотопов и их влияние на популяцию. М.: Наука, 1974. 168 с.
- Ильина С. От эликсира жизни до символа зла // Наука и жизнь. 1997. № 2. С. 75–76.
- Ильницкий А.П. Канцерогенные факторы жилища (эколого-гигиенические аспекты). М.: РАНКО-пресс, 1995. 62 с.
- Имбри Д., Имбри К.Т. Тайны ледниковых эпох. М.: Прогресс, 1988. 264 с.
- Исмаил-Заде А. Глубинные процессы и их поверхностные проявления // Наука и жизнь. 1998. № 1. С. 58–62.
- Кароль И.Л. Озонная “дыра” // Знание — сила. 1988. № 1. С. 8–11.
- Кароль И.Л., Киселев А.А. Озоносфера Земли в опасности // Экология и жизнь. 1996. № 1. С. 19.
- Кароль И.Л., Киселев А.А. Нужно ли менять “Боинг” и “Ту” на ковер-самолет? // Природа. 2001. № 5.
- Кароль И.Л., Киселев А.А. Оценка ущерба “здоровью” атмосферы // Природа. 2003. № 6.
- Клиге Р.К., Данилов И.Д., Конищев В.Н. История гидросферы. М.: Научный мир, 1998. 368 с.
- Клименко А.В., Клименко В.В. Виновато ли человечество в глобальном изменении климата? // Россия в окружающем мире — 1998. М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. С. 53–66.
- Клименко В.В., Клименко А.В., Андрейченко Т.Н. и др. Энергия, природа и климат. М.: Изд-во МЭИ, 1997. 215 с.
- Кляшторин Л.Б. Климат и перспективы рыболовства в Тихом океане // Рыбное хозяйство. 1996. Вып. 4. С. 37–42.
- Книпович Н.М. Гидрология морей и солоноватых вод (в применении к промышленному делу). М.; Л.: ВНИРО, 1938. 513 с.
- Ковда В.А. Научные и производственные проблемы мелиорации почв. М.: Наука, 1969.
- Колдобский А.Б. Ядерные взрывные технологии: когда с ними лучше, чем без них // <http://archive.lseptember.ru/fiz/1998/no33.htm>; 1.09.2004.
- Комаров И. Большая Волга: проблемы и перспективы // http://www.nasledie.ru/oboz/N06_96/6_08.NTM 1.08.2004.
- Коннет П. Мусоросжигание приводит к уничтожению ценных ресурсов и к загрязнению окружающей среды // http://www.greenpeace.org/russia_ru/ 1.08.2004.
- Кроммер Р. Рейн используют бережно // Экология и жизнь. 2001. № 2. С. 47–49.
- Куров Б.А. Как уменьшить загрязнение окружающей среды автотранспортом // Россия в окружающем мире — 2000. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. С. 169–192.
- Лалин В.Л., Мартинсен А.Г., Попов В.М. Основы экологических знаний инженера. М.: Экология, 1996. 176 с.
- Ларин В. Страна трех тысяч ветряков // Энергия. 1992. № 1. С. 10–13.
- Лебедев В.Г. Продовольственная безопасность и трансгенные продукты // Россия в окружающем мире — 2004. М.: Изд-во МНЭПУ, 2004.
- Лосев К.С., Горшков В.Г., Кондратьев К.Я. и др. Проблемы экологии России. М.: ВИНТИ, 1993. 348 с.
- Лосик Т.О. Медико-генетические аспекты хронического влияния малых доз радиации на организм человека. М.: Изд-во МГУ, 1994. 51 с.
- Малин К.М. Жизненные ресурсы человечества. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 136 с.
- Мартынов А.С., Виноградов В.Г. 1998 WEB-атлас “Здоровье и окружающая среда”.
- Марфенин Н.Н. Экология и гуманизм // Россия в окружающем мире — 2000. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000а. С. 29–49.
- Марфенин Н.Н. Экология и гуманизм // Экология и жизнь. 2000б. № 5. С. 6–10.

- Марфенин Н.Н. Биосфера и человечество за 100 лет // Россия в окружающем мире — 2001. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. С. 12–51.
- Марфенин Н.Н. Концепция “устойчивого развития” в развитии // Россия в окружающем мире — 2002. М.: Изд-во МНЭПУ, 2002. С. 126–176.
- Марфенин Н.Н. Императив ноосферогенеза // Ноосфера: реальность или красивый миф? М.: Новый век, 2003. С. 43–48.
- Марфенин Н.Н., Малютин О.И., Перцова Н.М. и др. Влияние приливных электростанций на окружающую среду. М.: Изд-во МГУ, 1995. 125 с.
- Марфенин Н.Н., Фомин С.А. Ресурсы экополитики в современной России // Россия в окружающем мире: 2003. М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. С. 32–62.
- Мархинин Е.К. Роль вулканизма в формировании земной коры. М.: Наука, 1967. 255 с.
- Медицинские последствия аварии на ЧАЭС: прогноз и фактические данные национального регистра. Обнинск: Медицинский радиологический научный центр РАМН, 2001 // http://www.ibrae.ac.ru/russian/15let_text.html; 3.09.2003.
- Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рендерс Й., Беренс В.В. III. Пределы роста. М.: Изд-во МГУ, 1991. 201 с.
- Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рендерс Й. За пределами роста / Пер. с англ. М.: Прогресс-Пангея, 1994. 304 с.
- Международный чернобыльский проект. Оценка радиологических последствий и защитных мер: Доклад международного консультативного комитета. М.: ИздАТ, 1991. 96 с.
- Меньшиков В.Ф. Радиоактивные отходы при производстве оружейных ядерных материалов в России // Ядерная энциклопедия. М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. С. 177–181.
- Меньшиков В.Ф. Россия с атомной энергетикой или без нее // Россия в окружающем мире: 1998 / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. С. 119–149.
- Миллер Т. Жизнь в окружающей среде / Пер. с англ. Т. 1. М.: Прогресс-Пангея, 1993. 256 с.; Т. 2. 1994. 336 с.; Т. 3. М.: Галактика, 1996. 400 с.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Хазиахметов Р.М. Чтобы прокормить человечество завтра // Природа. 1999. № 5. С. 3–11.
- Моисеев Н.Н. Экология человечества глазами математика. М.: Молодая гвардия, 1988. 252 с.
- Моисеев Н.Н. Ядерная зима // Ядерная энциклопедия. М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. С. 144–147.
- Моисеев Н.Н. Еще раз о проблеме коэволюции // Экология и жизнь. 1998. № 2. С. 24–28.
- Моисеев Н.Н. Быть или не быть ... человечеству? М., 1999. 288 с.
- Моисеев Н.Н., Александров В.В., Тарко А.М. Человек и биосфера: Опыт системного анализа и экспериментов с моделями. М.: Наука, 1985. 271 с.
- Мокиевский В.О., Спиридонов В.А. Что означают для России ее морские биологические ресурсы? // Россия в окружающем мире — 1999. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. С. 69–75.
- Монин А.С. История Земли. Л.: Наука, 1977. 228 с.
- Монин А.С. Популярная история Земли. М.: Наука, 1980. 224 с.
- Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 407 с.
- Народное хозяйство СССР за 70 лет. М.: Финансы и статистика, 1987. 766 с.
- Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир / Пер. с англ. Т. 1. М.: Мир, 1993. 424 с.; Т. 2. М.: Мир, 1993. 336 с.
- Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология. М.: МГУИЭБ, 2000. 504 с.

- Никонов А.А. Спираль многовековой драмы: аграрная наука и политика России (XVIII–XX вв.). М., 1995. С. 315.
- О состоянии окружающей природной среды города Москвы в 2002 году: Государственный доклад. М.: НИА-Природа: РЭФИА, 2003. 388 с.
- О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации за 1988–1998 годы: Приложение 2 к Государственному докладу “О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1998 году”. М., 1999. 134 с.
- Об охране окружающей среды. Сборник документов партии и правительства. М.: Политиздат, 1979. 352 с.
- Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
- Одум Ю. Экология. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.
- Одум Г., Одум Э. Энергетический базис человека и природы. М.: Прогресс, 1978. 379 с.
- Окружающая среда: Энциклопедический словарь-справочник. М.: Прогресс-Пангея, 1993. 639 с.
- Оорт Э. Круговорот энергии на Земле. Биосфера. М.: Мир, 1972. С. 26–59.
- Орлов М.С. Гидрогеология Москвы // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1997. Т. 72. Вып. 5. С. 18–25.
- Особо охраняемые природные территории Российской Федерации: Стат. сборник. М.: НИА-Природа, 2003. 135 с.
- Охотничье хозяйство СССР. М.: Лесная промышленность, 1973. 408 с.
- Пахомова Н.В., Эндрес А., Рихтер К. Экологический менеджмент. СПб.: Питер, 2003. С. 188–209.
- Первый Национальный доклад Российской Федерации “Сохранение биологического разнообразия в России”: (Выполнение Россией обязательств по Конвенции о биологическом разнообразии). Москва, 1997 // http://www.refia.ru/docs/bioreport/cont_r.html
- Перелет Р.А. Переход к эре устойчивого развития? // Россия в окружающем мире — 2003 / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. С. 10–31.
- Перельман А.И. Биокосные системы Земли. М.: Наука, 1977. 160 с.
- Пестициды: Справочник / Мартыненко В.И., Промоненков В.К., Кукаленко С.С. и др. М.: Агропромиздат, 1992. 368 с.
- Петриков А.В., Галас М.В. Сельское хозяйство России в XX веке // Россия в окружающем мире — 2001. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. С. 52–79.
- Петросян В.С. Современные проблемы экотоксикологии // Мат-лы конференции “Некоторые новые направления химической экологии” / Науч. труды МНЭПУ. Сер. Экология. Вып. 8. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. С. 60–75.
- Порфирьев Б.Н. Чернобыль: причины, оценки, последствия // Ядерная энциклопедия. М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. С. 264–267.
- Поустел С. Пути сбережения воды // Мир 80-х годов. М.: Прогресс, 1989. С. 318–340.
- Пурмаль В.П. Антропогенная токсикация планеты. Ч. 2 // Соровский журнал. Химия. 1998. № 9. С. 46–51.
- Разуваев В.Н. Погода и климат в России в XX веке // Россия в окружающем мире — 2001 / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. С. 163–193.
- Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Л., 1981. 543 с.
- Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания. Кн. 1: Народонаселение и пищевые ресурсы / Пер. с англ. М.: Мир, 1994. 340 с.; Кн. 3: Энергетические проблемы человечества. М.: Мир, 1995. 291 с.
- Редько Г.И., Редько Н.Г. История лесного хозяйства России. М.: МГУЛ, 2002. 458 с.
- Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
- Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 424 с.

- Розанов А.Ю., Хувер Е.А., Жегалло Е.А. Бактериальная палеонтология и астробиология // Бактериальная палеонтология. М.: ПИН РАН, 2002. С. 136–154.
- Розенберг Г.С., Краснощекоев Г.П. Волжский бассейн: экологическая ситуация и пути рационального природопользования. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. 249 с.
- Розенберг Г.С., Краснощекоев Г.П. Комплексный анализ пространственно-распределенной информации о состоянии экосистем Волжского бассейна // http://www.tgl.ru/~ecolog/work/st1/st_1.htm
- Россия в окружающем мире: 1998: Аналитический ежегодник / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. 316 с.
- Россия в окружающем мире: 1999: Аналитический ежегодник / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. 324 с.
- Россия в окружающем мире: 2000: Аналитический ежегодник / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. 328 с.
- Россия в окружающем мире: 2001: Аналитический ежегодник / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 332 с.
- Россия в окружающем мире: 2002: Аналитический ежегодник / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 2002. 336 с.
- Россия в окружающем мире: 2003: Аналитический ежегодник / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. 336 с.
- Роун Ш. Озоновый кризис. Пятнадцатилетняя эволюция неожиданной глобальной опасности / Пер. с англ. М.: Мир, 1993. 320 с.
- Руденко Б. Цена цивилизации // Наука и жизнь. 2004. № 7. С. 32–36.
- Рябцев И. Чернобыль: масштаб радиоактивного загрязнения и воздействие на живую природу // Ядерная энциклопедия. М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. С. 268–272.
- Савенко В.С. Геохимические аспекты устойчивого развития. М.: ГЕОС, 2003. 180 с.
- Сампат П. Пора перестать зависеть от добычи природных ископаемых // Россия в окружающем мире: 2003 / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. С. 159–188.
- Семенов Е.К. Грандиозные последствия далекого “Эль-Ниньо” // Россия в окружающем мире: 1999. М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. С. 197–213.
- Семенов С.М., Кунина И.М., Кухта Б.А. Тропосферный озон и рост растений в Европе. М.: Метеорология и гидрология, 1999. 201 с.
- Сивинцев Ю.В. Насколько опасно облучение? М.: Знание, 1988. 96 с.
- Систер В.Г. Экологическое состояние городских территорий. Ч. 4: Обезвреживание твердых отходов // Чистый город. 2004. № 2 (26).
- Снакин В.В. Экология и охрана природы: Словарь-справочник / Под ред. А.Л. Яншина. М.: Academia, 2000. С. 258.
- Соловьянов А.А. Озоновый кризис и Монреальский протокол // Россия в окружающем мире: 1998 / Отв. ред. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. С. 67–81.
- Состояние окружающей среды и природоохранная деятельность на территории бывшего СССР. От Стокгольма к Рио: Справочное пособие. Т. 1. М., 1994. 110 с.
- Сперанская Л.В., Третьякова К.В. Международное право окружающей среды (международное экологическое право). М.: Изд-во МНЭПУ, 1995. 44 с.
- Тарко А.М. Парниковый эффект и климат // Экология и жизнь. 2001. № 1. С. 48–51.
- Тимофеев-Ресовский Н.В. Структурные уровни биологических систем // Системные исследования: Ежегодник. 1970. М.: Наука, 1970. С. 80–136.
- Тимофеев-Ресовский Н.В. Биосфера и человечество // Тюрюканов А.Н., Федоров В.М. Н.В. Тимофеев-Ресовский: биосферные раздумья. М., 1996. С. 52–60.
- Тоффлер Э. Шок будущего / Пер. с англ. М.: АСТ, 2001. 560 с.

- Тугов А., Эскин Н., Летун Д., Федоров О. Не превратить планету в свалку // http://www.promeco.h1.ru/stati/40.shtml?for_print; 16.09.2004.
- Усачев И., Истирик Б., Шполянский Ю., Луначи М. Малая и нетрадиционная энергетика России // *Новости электротехники*. 2003. № 2 (21).
- Фашук Д. Моби Дик, прости! // *Наука и жизнь*. 2004. № 10. С. 94–103.
- Федоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспективы и перспективы. М.: Наука, 1993. 266 с.
- Федорчук В.П. Много ли у России минеральных ресурсов // *Россия в окружающем мире*: 1999. М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. С. 103–118.
- Федорчук В.П. Использование минеральных ресурсов в России в XX веке // *Россия в окружающем мире* — 2001. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. С. 144–162.
- Филатов Б.Н., Данилина А.Е., Михайлов Г.М., Киселев М.Ф. Диоксин (тревоги сегодня, трагедия завтра). М., 1997. 132 с.
- Фитуни Л.Л. Экономика использования ресурсов Мирового океана. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 108 с.
- Фомин С.А. Основные государственные органы исполнительной власти в области экологического управления в России в 2005 г. // *Россия в окружающем мире*: 2005. М.: Модус-К_Этерна, 2005.
- Чернобыльская катастрофа: Итоги и проблемы преодоления ее последствий в России 1986–2001. Российский национальный доклад. М.: МЧС РФ: Минсельхоз РФ: Минздрав РФ, 2001 // http://www.ibrae.ac.ru/russian/15let_text.html
- Чернова Н.М., Галушин В.М., Константинов В.М. Основы экологии. М.: Просвещение, 1997. 240 с.
- Чернышева Л.С. Оледенения, арктические льды и климат // <http://www.dvgu.ru/meteo/Intra/ChernLect.html>
- Чуенков В.С. Лесные богатства России // *Россия в окружающем мире*, 1999. М.: Изд-во МНЭПУ, 1999. С. 88–100.
- Щеглов А.И., Цветнова О.Б. Грибы — биоиндикаторы техногенного загрязнения // *Природа*. 2002. № 1.
- Экокультура: в поисках выхода из экологического кризиса: Хрестоматия по курсу охраны окружающей среды / Сост. Н.Н. Марфенин. М.: Изд-во МНЭПУ, 1998. 344 с.
- Экологическая обстановка в РСФСР в 1989 г. // *Проблемы окружающей среды и природных ресурсов*. Вып. 11–12. ВИНТИ, 1990а. 174 с.
- Экологически чистая энергетика / Автор-составитель А.А. Каюмов. Горький: Горьковский обл. совет ВООП и обл. молодежный экол. центр “Дронт”, 1990б. 76 с.
- Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Черноусов П.И. Промышленность и окружающая среда. М.: Академкнига, 2002. 469 с.
- Юфит С.С. Диоксины. Два мира. Нижний Новгород, 1996. 37 с.
- Юфит С.С. Мусоросжигательные заводы — помойка на небе. Промышленные полигоны — конец мусорному кризису. Диоксины в грудном молоке. Нижний Новгород: Изд-во НГМА, 1999. 84 с.
- Якимец В. Добыча урановой руды, обогащение урана и производство ядерного топлива: Ядерная энциклопедия. М.: Благотворительный фонд Ярошинской, 1996. С. 44–47.
- 2003 United Nations List of Protected Areas. IUCN. The World Conservation Union, UNEP World Conservation Monitoring Centre, 2003. 44 p.
- Atlas of the Environment. N.Y.: Prentice Hall Press, 1990. P. 53.
- Barnola J.M. Vostok Ice Core Provides 160,000-Year Record of Atmospheric CO₂ // *Nature*. 1987. Vol. 329. P. 408–414;

- Broecker W.S. Climate implications of abrupt changes ocean circulation // U.S. Global change research program Second Monday seminar series // <http://www.usgcrp.gov/usgcrp/960123SM.html>
- Cowles H.C. The ecological relations of the vegetation of the sand dunes of Lake Michigan // Bot. Gaz. 1899. Vol. 27. P. 95–117, 167–202, 281–308, 361–391.
- Europe's Environment: The Second Assessment. Data pocketbook. European Environmental Agency, 1998. P. 30–31.
- Flavin C. Creating a sustainable energy future // State of the World: 1988. Worldwatch Inst., 1988. P. 22–40.
- Houghton R.A., Woodwell G.M. Global climate change // Scientific American. 1989. Vol. 260. N 4. P. 36–44.
- Lambert M. Future Sources of energy (Tomorrow world). Wayland, 1986. 48 p.
- Lovelock J.E. Gaia — A New Look at Life on Earth. Oxford Univ. Press, 1979.
- Lovelock J.E., Margulis L. Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the gaia hypothesis // Tellus. 1974. Vol. 26. P. 2–10.
- Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W. III. The limits to growth: A report for the Club of Rome's Project on the predicament of Mankind. N.Y.: New American Library, 1972. 207 p.
- Michalski K.J. The "Green Revolution" in the agrarian strategy of neocolonialism towards the developing countries // Beitrage trop. Landwirtsch. Veterinarmed. 1986. Vol. 24. H. 4. P. 365–375.
- NEA. Review of the continued suitability of dumping site for radioactive waste in the North-East Atlantic. Paris: OECD Nuclear Energy Agency, 1985. 448 p.
- Nuclear Energy Prospects in Australia // Nuclear Issues Briefing, 2004. Paper 44 // <http://www.uic.com.au/nip44.htm>
- Olson J.S. Rates of succession and soil changes on southern Lake Michigan sand dunes // Bot. Gaz. 1958. Vol. 119. P. 125–170.
- Tranter N.L. The decline in mortality // Population and society 1750–1940. L.: Longman, 1985. P. 64–90.
- Vellinga P., Verseveld W.J. van. Climate change and extreme weather events. WWF, 2000. 46 p.
- Vital Signs, 2000. N.Y.; L.: W.W. Northon&Company, 2000. 192 p.
- Wood R.A., Keen A.B., Mitchell J.F.B., Gregory J.M. Changing spatial structure of the thermohaline circulation in response to atmospheric CO₂ forcing in climate model // Nature. 1999. Vol. 401. N 6752. P. 508.
- World resources: 1986. N.Y.: Basic Books Inc., 1986. 349 p.
- World resources: 1998–1999. Oxford University Press, 1999. P. 332.



Предметный указатель

- Аварии 323–324, 471–474
Австралия 87, 167, 193, 195, 214, 226, 228, 261, 263, 264, 297, 301, 302, 324–325, 326, 388, 433, 555, 558, 565, 581
Австрия 166, 302, 313, 324, 384, 428, 478
Автотрофы 86, 113–115
Адриатическое море 37
Азия 146, 193, 195, 206, 214, 226, 228, 250, 550
Азовское море 197, 245, 423
Азорские о-ва 198
Азот 24, 61, 83–87
Азотфиксация 85
Активный ил 415, 417
Аламоза (река) 261
Алжир 250, 276
Альдрин 360
Альпы 291, 418
Альтернативные источники электроэнергии 303, 312–313, 327, 343, 347, 350
Алюминий 256, 267, 358
Аляска 262, 277, 565
Америка (материк) 146, 154, 182
Аммиак 60, 84, 363, 398
Аммонификация 86
Амударья 233, 242–243, 250
Амчитка (о-в) 565
Анаполис (ПЭС) 338
Англия (Великобритания) 89, 112, 154, 161, 163, 164, 168, 193, 214, 262, 263, 297, 302, 321, 334, 336, 337, 338, 340, 366, 428, 429, 430, 464, 465, 470, 471, 472, 474, 478, 553, 564, 580, 581, 582, 587
Антарктида 23, 59, 129, 189, 195, 198, 223, 231, 290, 366–374, 561, 565, 566
Антропогенное воздействие 38, 107–109, 264, 306, 356, 492, 505, 507, 539, 554, 578
Аравийская пустыня 23
Аравия 250
Аральское море 233, 242–245, 250
Аргентина 192, 261
Ареал вида 100–101
Аризона 328
Арканзас (река) 234
Арктика 23, 24, 80, 223, 287, 354, 367
Архангельская обл. 476
Аскаридоз 397
Астеносфера 52
Астрахань 295
Атакама (пустыня) 24
Атлантический океан 31, 58, 195, 198, 334, 472
Атмосфера 24–25, 27, 30–31, 41–42, 59–64, 66, 79–80, 81–83, 85, 90–91, 289–290, 296, 306, 364–366, 379–380, 407, 474, 509
– происхождение 59
– состав 59–60
– структура 62–64
Африка 23, 146, 167, 193, 195, 204, 206, 211, 214, 226, 228, 231, 245, 250, 550, 558, 564
АЭС (атомные электростанции) 273, 300, 302–303, 308, 313–327, 319, 345, 406, 447, 473–474, 485, 553, 563
Бавария 437
Багдад 276
Базель 418
Байкал (оз.) (регион) (Прибайкалье) 128, 136, 244, 246, 395, 419–420, 489
Байкало-Амурская магистраль (БАМ) 420
Бактерии 68–69, 397–398, 409
Балаковская АЭС 315, 324
Банаба (о-в) 263
Бангладеш 168, 250, 292
Баргузинский хр. 128
Баренцево море 197, 334, 336
Барий 314
Барнаул 476
Батуми 476
Башкирия 345
Безопасность жизнедеятельности 11, 495, 520, 547
Беккерель 451
Белгород 476
Белое море 334, 340
Белоруссия 474, 476, 478, 483
Белоярская АЭС 319, 322
Бельгия 230, 318, 428
Бензол 399
Береза 122–123
Бериллий 44
Берлин 296
Беспозвоочные 42, 70–71, 125, 409
Бета-частицы 450
Бикини (атолл) 466
Бинген 418
Биогеоценоз 112, 115
Биогены, биогенные соли 401, 408, 416
Биологическое разнообразие (биоразнообразие) 94, 102, 109, 112, 123, 124–143, 203,

- 220, 243, 265, 295, 298, 374, 418, 492, 506,
531, 556, 561, 577, 598
- Биомы 175
- Биомасса 115–116, 174, 175, 202
- Биострома 70
- Биосфера 41–43, 49, 66, 68, 71–78, 494–495,
539, 554, 577, 598–599, 603
– прокариотная 68–69, 73, 86
– устойчивость б. 71–78
– эволюция б. 71–76, 92
- Биота 42, 49–51, 70, 86–87, 92, 94
- Биотоп 95, 111
- Биохимическая потребность в кислороде
(БПК) 398
- Биоценоз 110–111
- Ближний Восток 193, 274, 396
- Богота 460
- Болезнетворные агенты 396
- Болгария 166, 263, 564
- Бомба
– атомная 314, 315, 321, 326, 383, 455–
456, 465–466, 553
– водородная 455
- Бор 44
- Боржоми 462
- Бостон 339
- Бразилия 124, 168, 192, 205, 208, 210, 212,
213, 214, 259, 326, 389, 460
- Брахмапутра (река) 308
- Брянск, Брянская обл. 235, 477–478
- Бурунди 250
- Вазуэское водохранилище 238
- Ванадий 357, 450
- Вашингтон 182, 376
- Великие озера 395, 411, 417–418
- Вена 276, 376, 473, 474, 559, 582
- Венера 28
- Венесуэла 276
- Венеция 37
- Ветрогенераторы 343–345, 350
- Ветряные электростанции 343–346
- Взвесь 403
- Вид (биологический) 100, 117, 123, 130,
136, 204, 419, 598–599
- Виктория (штат в Австралии) 301
- Вильнюс 531
- Вирусы 396, 413
- Висмут 449, 463
- Владивосток 439
- Влажность 96
- Вода 43, 173, 223, 308
– запасы в. 223
– морская в. 23–24, 53, 91, 401
– физическо-химические свойства в. 54
- Водная оболочка Земли 53
- Водный транспорт 407–408
- Водоёмкость 230
- Водообеспечение (ирригации) 183, 226,
308, 312
- Водоподготовка 412–414
- Водопотребление 225–226, 228–231, 236,
237, 242–245, 247, 248, 252, 265, 406
- Водород 44, 333
- Водосбережение 242–245, 253
- Водоснабжение 237–238, 252, 309
- Водохранилища 228–229, 239–241, 252,
308–309, 312, 409, 420–421
- Возраст
– Солнечной системы 43
– Земли 43
- Волга (река) 238, 246, 248, 308–309, 313,
324, 420–422
- Волгоград 295, 310
- «Волны жизни» 106, 597
- Восточная Европа 193
- Восточная Сибирь 310, 367
- Вселенная 31, 43–44, 84
- Всемирная Стокгольмская конференция по
окружающей человека среде и развитию
(1972) 150, 171, 275, 528, 555, 569–571
- Всемирная стратегия охраны природы 571
- Всемирная торговая организация (ВТО) 560
- Всемирная Хартия Природы 571
- Всемирный банк 560
- Всемирный саммит по окружающей среде
и развитию в Рио-де-Жанейро (1992)
131–133, 212, 296, 496, 502, 555, 565, 573–
576, 580, 582, 586
- Всемирный саммит в Йоханнесбурге (2002)
230, 248, 496, 503, 555, 556, 583–586
- Всемирный фонд охраны дикой природы
(WWF) 295, 502, 553, 564, 571
- Вторая мировая война 303, 363, 386, 429,
430, 434, 551, 602
- Вторичное использование ресурсов, отхо-
дов (рециклинг) 266–269, 271, 428, 434,
442–443
- Выхлопные газы 281, 386–390
- Вьетнам 250, 435
- Гавайские о-ва 24, 263
- Газ природный 259, 273–275, 301, 389
- Газы вулканические 60, 88
- Галапагосские о-ва 263, 553, 564
- Галоны 364, 378
- Гамбия 581
- Гамбург 456
- Гамма-излучение 314, 445–447, 449–450,
453, 457, 467

- Ганг (река) 250, 308
 Ганновер 268
 Гейзер 341
 Гелий 44, 449
 Гельминты 396
 Генотип 99–101, 192, 363
 Геоинформационные системы (ГИС) 507
 Геотермальная электростанция (ГТЭС) 340–343, 345
 Геоэкология 11, 520, 547
 Гепатит инфекционный 397
 Гептахлор 360
 Германия 37, 164, 165, 168, 186, 191, 193, 208, 209, 210, 211, 214, 219, 245, 263, 264, 267, 271, 297, 302, 303, 350, 384, 388, 418, 428, 437, 478, 553, 580, 587
 Гетеротрофы 86
 Гигиена 155–157, 397, 524
 Гидросфера 27, 29–31, 41–42, 52–54, 66, 80, 90, 223, 225, 290, 403
 – происхождение г. 53
 Гидроэлектростанции (ГЭС) 273, 281, 300, 302, 303, 307–312, 333, 345
 Гипотеза Геи 77
 Глобальное изменение климата 287–299, 306, 390, 539
 Глобальные экологические проблемы 19, 492, 568
 Голодная степь 232
 Гольфстрим 32, 58
 Гомеостаз 76
 Горький (Нижегород) 309
 Горючие ископаемые 173, 257, 273–275, 282
 Гражданственность 532
 Грей 452–453
 Гренландия 60, 195, 223, 229, 287, 290, 292
 Греция (в т. ч. Древняя Греция) 156, 164, 297, 324, 478
 Грибы 70, 456, 467
 Гринпис 137, 565
 Грузия 462, 476
 Грунтовые воды 183, 231, 234, 237–239, 385, 408, 423, 431–432
 Давление 47
 Дальний Восток 310
 Дания 324, 343–344, 428, 434, 476, 527
 Дартмудский колледж 13, 268
 Дахла (пустыня) 24
 ДДТ 188–189, 360, 381
 Декларация Рио-де-Жанейро 558–559, 573–574
 Демографический взрыв 9, 144, 164, 597
 Демографический переход 153, 163–166, 171
 Денитрификация 84–85
 День Земли 558
 Дeterгенты 403
 Дизентерия 157, 396
 Диоксид серы (SO_2) 265, 270, 306, 357–359, 363, 382–384, 386–388
 Диоксины 357, 359–360, 399, 435–440, 443
 Дизельдин 360
 Днепр (река) 232, 240, 309
 Днепропетровск 309
 ДНК 87, 100
 Добсона единицы 366
 Добсона спектрофотометр 366
 Добыча
 – древесины 209–210, 218, 406–407
 Договоры 559
 Дождевые черви 70
 Доза
 – летальная 410
 – облучения 452, 454, 460, 461
 – поглощенная 451–454, 460
 – эквивалентная 451–454, 460, 462
 – экспозиционная 451–454
 – эффективная 451–453, 460, 462, 464–465, 481–482
 Дон (река) 240, 248
 Донбасс 262, 309
 Донецкая обл. 426, 476
 Дортмунд 303
 Дрова 273, 278, 351–352, 362
 Дублирование (функциональное дублирование) 76, 92, 116–117, 123, 598
 Европа 37, 135, 139, 154, 158–159, 167, 186, 195, 198, 206, 207, 210, 211, 214, 226, 228, 278, 294, 306, 308, 309, 381, 384, 385, 412, 420, 477, 478, 489, 549, 558, 565, 581, 597
 Европейский Союз 251, 269, 297, 438, 508, 555, 581
 Египет 24, 250, 397
 Енисей (река) 246
 Естественный прирост 152
 Железо 60, 256, 258, 259
 Женева 385, 551, 552, 572
 Живое вещество 41–43, 64–71
 Жизнь 21, 31–33, 38, 40–41, 44, 60, 65, 392
 Заболеваемость 483
 Загрязнение окружающей среды 264, 305, 353–356, 362–363, 390, 426, 471, 492, 540, 567, 594–595
 – воды 16, 108, 253, 265, 323, 392–409, 420, 430, 443, 497
 – воздуха 16, 265, 267, 293, 381–390, 430, 442, 497, 551

- классификация 355–363, 404–405
- почвы 16, 408, 478–479, 497
- продуктов питания 16
- радиационное 17, 305, 323, 324, 343, 395, 467, 471–473, 476, 478–479
- термическое 305, 343, 404
- Заказник 127, 136
- Закон
 - оптимума 97, 109
 - лимитирующих факторов 98, 109
- Законодательство, Закон, Федеральный закон 136–137, 440, 460, 481, 508–509, 547
- Западная Европа 193, 194, 231, 280, 303, 306, 313, 384, 388, 433
- Западно-Сибирская равнина 367
- Заповедники 127–129, 135, 218, 489, 564
- Запорожье 309
- Здравоохранение 532
- Зеленая революция 180–181, 199, 552
- «Зеленый пояс планеты» 211
- Земля (планета) 26–29, 34–35, 39, 340
 - происхождение 3. 43–45
- Земная корона 63
- Зиверт 452–453
- Зоопланктон 79, 408
- Иваньковское водохранилище 421
- ИЗА — индекс загрязнения атмосферы 386, 390
- Излучение
 - альфа 449–450, 453
 - бета 449–450, 453
 - гамма 314, 445–447, 449–450, 453, 457, 467
 - ионизирующее 444–447, 454, 459, 466, 484
 - радиоактивное 26, 323, 448, 452
 - рентгеновское 445–447, 451, 454–456
 - ультрафиолетовое 365, 373, 378, 445–447
 - электромагнитное 444–447, 484
- Изотопы
 - кислорода 290
 - радиоактивные 314–315, 321, 323, 403, 447–448, 449–450, 462–464
- Израиль 250, 276, 277
- Инд (река) 250
- Индий 450
- Индийский океан 58, 195, 263, 292
- Индикаторы устойчивого развития 586–591
- Индия 24, 151, 154, 159, 164, 167, 168, 180, 211, 213, 214, 228, 230, 250, 263, 308, 313, 340, 460, 465
- Индокитай 250
- Индонезия 37, 120, 151, 167, 168, 205, 208, 210, 213, 214, 262, 276
- Инфекции 155–159, 295, 298, 396–397, 407, 524
- Информация 139, 497, 505–515, 534–535, 548, 556
- Ионосфера 25, 365
- Иордания 235, 250
- Ирак 274, 276, 277, 285
- Иран 228, 274, 276, 277
- Ирландия 297
- Ирландское море 197
- Ирригация 154, 242–245, 307
- Иртыш (река) 233, 248
- Исеть (река) 471
- Исландия 198, 288, 295, 297, 341
- ИСО 14000 (международный стандарт) 513–515
- Испания 164, 166, 193, 318, 324
- Испытания ядерного оружия 465–469, 470, 553–554, 561, 563, 565
- Источники загрязнения вод 404–408
- Истребление (уничтожение) 107, 198, 207–209, 550, 563
- Истринское водохранилище 238
- Исчезновение видов (вымирание) 109, 130, 295, 550, 553, 554
- Италия 164, 166, 168, 261, 267, 302, 313, 324, 341, 428, 460, 478
- Ишим (река) 248
- Йемен 250
- Йессемитский национальный парк 489
- Йилири (река) 325
- Йод 314, 459, 476–477
- Йоханнесбург (ЮАР) 230, 248, 496, 582–584, 586
- Йоханнесбургская декларация по устойчивому развитию 583–584
- Кавказ 186, 288, 291
- Кадастры 505, 507, 509
- Кадмий 357–358, 398–399, 401, 428
- Казахстан 226, 242, 244, 250, 326, 397, 420, 466, 470
- Каир 582
- Калий 259, 447, 450, 462
- Калининград, Калининградская обл. 346, 488
- Калининская АЭС 315, 319
- Калифорния 240, 328, 341, 388
- Калужская обл. 477–478
- Кама (река) 309
- Камбоджа 250
- Камчатка 341
- Канада 119, 206, 209, 210, 213, 229, 230, 259, 267, 295, 325, 326, 334, 376, 395, 417, 418, 433, 515, 551, 564, 582

- Канализация
 – ливневая 407
 – стоки 158, 397, 414–417
 – очистка 414–417
- Канзас 182, 235
- Канейлиан (река) 234
- Каракалпакия 244
- Карачай (оз.) 395
- Картахена 193
- Картахенский протокол по биобезопасности 134, 192–193
- Карьеры 262
- Каспийское море 245, 421
- Катар 276
- Катастрофы 17
 – погодные 36–37, 597
 – природные 37, 293–294, 298, 308, 324
 – техногенные 471–473, 474–476, 477–479, 567
- Каховское водохранилище 240
- Кения 293
- Киев 309, 324, 474
- Кинтайр (река) 325
- Килиманджаро 291
- Киото 296
- Киотский протокол 296–297
- Кипр 328
- Киргизия (Кыргызстан) 157, 250, 295, 397
- Кислогубская ПЭС 336, 338
- Кислород 24, 42, 44–45, 59–62, 65, 69–70, 73, 75, **81–83**, 365, 398, 408–409, 418
- Кислотные дожди, кислотные осадки 306, 359, 362, 384–386, 395, 492
- Китай 146, 151, 154, 167, 168, 180, 186, 192, 199, 211, 213, 232, 250, 259, 263, 267, 274, 302, 303, 308, 311, 313, 340, 465, 466, 468, 470, 580, 581
- Кито 460
- Киты 197–198, 339, 550, 565
- Климатическая стадия сукцессии 122
- Климат 17, 33–36, 39, 292
- Колониальная система 146–147
- Колорадо 235–236, 261
- Колумбия 24, 193, 208
- Кольский п-ов 406
- Кольская АЭС 315, 319
- Командорские о-ва 346
- Комменсализм 97
- Конаковская ТЭС 421
- Конго 168, 265
- Кондиционеры 375
- Конституция России 251, 494, 533–534
- Консументы 115
- Контроль
 – радиационный 451
- Копенгаген 582
- Кора земная 46–48
- Коста-Рика 564, 581
- Костромская ТЭС 421
- Козволюция 354, 600
- Коэффициент рождаемости 152
- Коэффициент смертности 152
- Крайний Север 321, 351
- Кракатау (вулкан) 120–121
- Красная книга 129, 136, 505, 554, 565
- Краснодар 295
- Красный крест 602
- Кризис
 – перенаселения 148–150
 – природный 31–36, 39
 – нефтяной **275–278**, 283–285, 330–331, 463
- Криптон 314
- Круговорот веществ в природе 49, 55, 92, 390, 479, 539
 – азота 83–87
 – воды 55–59
 – кислорода 81–83
 – серы 89–92
 – углерода **78–81**, 205, 214, 290
 – фосфора 87–89
- Крым 232, 331
- Ксенобиотики 354
- Кубань (река) 248
- Кувейт 229, 250, 274, 276, 277
- Культурное запаздывание 7
- Курение 524–525, 558
- Курск, Курская обл. 235, 477
- Курская АЭС 315, 319
- Кюри 451
- Лантан 314, 450
- Лаос 250
- Лардерелло 341
- Латвия 166, 295
- Латинская Америка 167, 193, 204, 564
- Латентный эффект, л. период 379, 381, 436, 483, 524
- Ледники 35, 224–225, 291–292
- Ледниковый период 26, 34–35, 292
- Лейпциг 331
- Лекарственные препараты 161, 395, 404
- Лена (река) 246
- Ленинградская АЭС 315, 319
- Лес 83, 118, **201–206**, 212–216, 219–220, 270, 479
- Лесной Кодекс 216–217, 508, 517
- Лесной фонд 206, 213, 507, 517, 519
- Лесные подати 518
- Лесные пожары 122, **210**, 213, 220, 359

- Лесовосстановление 211–212, **215–216**
Лесостепь 116
Ливия 250, 276
Лига Наций 551, 602
Ликвидаторы 483
Лимитирующие факторы 98, 109
Литва 302, 303
Литий 44, 428
Литосфера 41–42, **45–52**, 66, 80, 81–82, 90
Литосферные плиты 47–51
Лихорадка 295
Лицензии, лицензирование 492, 504, 509, 513
Логон (река) 245
Лондон 362, 387, 402, 433, 550
Лос-Анджелес 387
Луизиана 262
Луна 554, 561
Лхаса 460
Лютетий 450
- МАГАТЭ** 473
Магма 46–47
Магнитосфера 63
Малагаскар 126
Макулатура 267, 442
Малайзия 208, 212, 262
Мальдивская республика 292
Мантия Земли 46, 52, 58
Маркировка 438
Марокко 230
Марс 28
Марсель 156
Массачусетс 339
Матайва (о-в) 263
Меганаука 15, 538
Медь 256, 258, 259, 267, 357–358, 407
Международное сотрудничество 549–566
Международные конвенции 131–133, 134, 193, 376, 385, 469, 534, 550–551, 552–553, 554–555, 556–559, 564, 566
Международный банк реконструкции и развития (МБРР) 560
Международный валютный фонд (МВФ) 560
Международный Зеленый Крест 565–566
Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) 552, 553, 563, 564, 571
Международный союз охраны птиц 563
Международный экономический и социальный совет (ЭКОСОС) 553, 554
Междуречье 154
Мезенский зал. 334, 340
Мезосфера 25, 63
Меконг (река) 250
Мексика 89, 274, 277, 302, 341, 564
Мексиканский зал. 58
Мелиорация, рекультивация и охрана земель 547
Меркурий 27–28, 44
Мерсей (река) (эстуарий) 338
Мессина 159
Метан 24, 60, 398, 409
Метеонаблюдения 289
Метеориты 43
Механизация сельского хозяйства 181
Микроорганизмы 43, 60, 70–71, 86, 363, 396, 414
Минамата (зал.) 400
Минерализация 70, 71
Министерства и ведомства 498–503, 510–511
Мировое сообщество 9, 20, 151, 212, 391, 487, 496, 502, 551, 555, 560, 562, 580
Мировой океан 23–24, 29–35, 52, 56, 58–59, 79–80, 86, 90, 128, 178, **194–199**, 201, 202, 219, 223, 258, 262, 263, 265, 274, 290, 291, 292, 298, 325, 336, 402, 403, 488, 550, 561, 566
Мичиган (оз.) (штат) 119–122, 418
Многоклеточность, многоклеточные организмы 74
Многоножки 70
Можайское водохранилище 238
Монблан 189
Монголия 210
Мониторинг
– лесов 507
– экологический 12, 490, 509–511
Монреаль 192, 377
Монреальский протокол 377
Морально-этические нормы 495
Мораторий 554, 559
Морское право 552–553
Москва (река) 238, 308
Москва 23, 158, 160, 235–239, 245, 309, 310, 390, 421, 429, 439, 440, 441, 461, 476, 488, 554
Московская обл. 238, 239
Мурманск 336, 346, 439, 488
Муруроа (атолл) 565
Мусломово 471
Мусоросжигательные заводы 426, 433–435, 437–440
Мутации 447, 455–456, 459
Мутуализм 97
Мышьяк 358, 398–399
- Нагасаки 455–456, 466
Нагорный Карабах 333
Наклон оси вращения Земли 26, 34–35

- Накопления (концентрации) эффект 479
 Налог экологический
 – водный 517, 519
 – земельный 517, 518
 – природно-ресурсный за пользование недрами 516–517, 518
 – природно-ресурсный за пользование лесным фондом 517–518, 519
 Намибия 326
 Население 103, 105, 138–139, 148, 226, 508, 526–528, 548
 Науру (о-в) 263
 Научно-техническая революция 146, 536, 578
 Национальные парки 12, 127, 128, 135, 218, 265, 489, 564
 Наше общее будущее (доклад) 572
 Нева (река) 308
 Невада (пустыня) 265, 466
 Нейтроны 314
 Нематоды 70
 Неолитическая революция 144–146
 Неон 44
 Непрерывное образование 537–538
 Нептун 28
 Нефть 259, 273–275, 283–285, 301, 305, 402
 Нефтяной кризис 275–278, 279–281, 283–285, 328, 330–331, 463
 Неэтилированный бензин 387
 Нигерия 167, 168, 208, 213, 262, 276, 277
 Нидерланды (а также Голландия) 164, 185, 193, 269, 292, 324, 418, 428, 537, 580–581
 Нижнекамская ГЭС 333
 Никель 256, 259, 357–358, 407
 Нил (река) 250
 Нитрат (NO_3) 85, 184–185, 357–358, 360
 Нитрит (NO_2) 85, 184, 358, 360
 Нитрификация 85
 Нитрозамины 184–185
 Новая Англия (США) 278
 Новая Зеландия 185, 193, 230, 297, 341
 Новая Земля 466
 Новосибирск 310
 Новый Свет 524, 550
 Новый Южный Уэльс (Австралия) 301
 Ноосфера 8, 600
 Ноосферогенез 597–603
 Норвегия 295, 297, 302, 313, 376, 474, 478, 572, 581
 Нормативы
 – качества 506
 – вредного воздействия 506
 – использования ресурсов 506–507
 – санитарных и защитных зон 507
 Нью-Йорк 265, 429, 433, 582
 Нью-Мексико 235–236
 Ньюфаундленд 198
 Нью-Хемпшир 268
 ОАЭ (Объединенные Арабские Эмираты) 235, 250, 274, 276, 277
 Обезлесение 130, 558
 Облучение 452, 456–458, 460–462, 466, 482–483, 567
 – внешнее 457–458, 465
 – внутреннее 457, 459, 461, 462, 464–465, 480
 Обнинская АЭС 315, 322, 326, 455
 Образование
 – непрерывное 496, 537–538
 – экологическое 9, 12, 13, 496, 522–531, 539–542, 548, 565
 Обратные связи 74, 76–77, 293
 Обь (река) 233, 246, 248
 Огаллала 234–235, 236
 Озернинское водохранилище 238
 Озон 25, 63, 83, 364–365–367, 374–377, 381
 – тропосферный 376, 381
 Озонирование 413–414, 416
 Озоновый слой, озоновый экран 63, 354, 365–374, 376–381, 391, 492, 556, 561
 Ока (река) 248
 Окапи (заповедник) 265
 Океания 206, 226, 228
 Оклахома 235–236
 Ок Теди (река) 265
 Оксиды азота (NO , NO_2 , N_2O) 24, 281, 305, 357–359, 374–375, 382, 386
 Оксид углерода (CO) (угарный газ) 60, 281, 358–359, 374, 382–383, 386–388
 Оледенение (ледниковый период) 33–35
 Олово 256, 262, 357
 Оман 250
 Омск 310
 Опал 70
 Опреснение 241
 Опустынивание 294, 556
 Орбита 26, 34–35, 293
 – радиус о. 26
 Организация объединенных наций (ООН) 134, 296, 496, 528, 531, 551–556, 560, 566, 569, 571, 577, 582, 587, 602
 Организация стран–экспортеров нефти (ОПЕК) 276, 277, 280
 Органика, органическое вещество, органические химические вещества 56, 71, 382, 402
 Органическое земледелие 191
 Орел, Орловская обл. 476, 477–478
 Орхус (Дания) 139, 497, 534
 Осадки 24, 55–56, 226, 231, 306, 384, 403

- Освещенность 24
Особо охраняемые природные территории (ООПТ) 128–129, 135, 509, 563
Ось вращения Земли 26, 34–35
– наклон о. 28, 34–35
Отходы 10, 356–357, 363, 441, 492, 502, 506
– жизнедеятельности 72
– захоронение 158, 323, 472
– кислородпоглощающие 357, 359, 397–398
– номенклатура 441
– промышленные 258, 264, 357
– радиоактивные 323, 325, 471–473, 485
– твердые бытовые 12, 356–357, 362, 425–430, 443, 558
Охота 130, 215, 488
Охотское море 334, 336–339
Охрана окружающей среды 10, 491, 496, 508, 516, 531, 547, 552, 556
Охрана природы 8, 13, 489, 520, 553, 564
Охрана и рациональное использование природных ресурсов 9
Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) 504, 511

Пакистан 167, 168, 250, 465
Памятник природы 127–128, 206
Папуа-Новая Гвинея 261, 265
Паразитизм 97
Париж 327, 456, 552, 553
Парниковые газы 62, 293, 296–298, 306
Парниковый эффект 38, 56, 80, 287–290, 298, 306
Паужетка (река) 341
Пекин 582
Пенжинская губа 334
Пенсильвания 323, 474
Период обращения планеты 28
Пермская ТЭС 421
Персидский зал. 274, 277
Перу 263
Пестициды 187, 188–191, 194, 357, 360, 394–395, 402–403, 405, 406, 423, 553
Пиролиз 439
Питание 153
Пищевые цепи 114–115, 403, 405
Планеты Солнечной системы 27–28
Плат (река) 234
Пластмасса 553
Платежи
– природно-ресурсные (ПРП) 518–519
– экологические (ЭП) 516–518
Платиновый фильтр 388
Плотность 47
Плотность населения 167–168

Плутон 28
Плутоний 314, 321, 459
Повестка дня на XXI век 125, 496, 574–576, 581, 586
Поволжье 308, 310
Позитрон 449
Поливинилхлорид (ПВХ) 361, 401, 438
Полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) (свалки) 362, 426–427, 429–434
Полипропилен 438
Полстирен 438
Полихлорированные бифенилы (ПХБ) 360, 399, 418
Полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) 360
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) 359–360
Полиэтилен 438
Полоний 447, 449, 455, 462–463
Польша 214, 263, 324, 476, 478, 564
Популяция 11, 93, 100–107, 130
Породы геологические
– магматические 46
– метаморфические 46
– осадочные 47, 79, 80
Португалия 164, 297
Потепление климата 35, 287–299, 556
Поти 476
Почва, почвенный слой 42, 70–71, 80, 155
– – уплотнение 181, 492
– – эрозия 181–183, 219
Предельно допустимые выбросы (ПДВ) 281
Предельно допустимые концентрации (ПДК) 386, 390, 409–410–411, 492, 506
Прецессия 34–35
Приливные электростанции (ПЭС) 300, 307, 334–340
Приморский край 565
Принцип биохимического единства 64
Принцип предосторожности 296, 298
Припять 475
Природопользование 9, 11, 140–142, 220, 487–491, 493, 508, 520, 539, 547, 593, 599
Продовольствие (продовольственная проблема) 11, 173–176, 178–180, 552
Продукты
– генетически модифицированные 192
– трансгенные 192
Продуктивность
– биосферы 174
– земледелия 176–180
– Мирового океана 194–199
Продукция
– биосферы 41, 174
– лесов 202, 205, 218
– первичная 78, 202

- Продуценты 72, 74–75, 115
 Прокариоты 62, 67, 73, 75, 91–92
 Промысел рыбы (рыболовство) 196–198
 Промышленная революция 146–148
 Пыль 244, 357, 383
 Пыльные бури 182, 244
 Пятигорск 439
- Радиационный фон 26, 306, 323, 461, 484–485
 Радиация 17, 323, 455, 475
 Радий 449, 454, 455, 456, 461–462
 Радиоактивность 447, 451, 454–455, 476
 Радиоактивные вещества, элементы 306, 322, 324, 382–383, 403–404, 426, 447, 451
 Радионуклиды 447–449, 462, 472, 479–480
 Радон 341, 447, 449, 461–465, 485
 Рак (онкология, лейкозы) 399, 456, 459, 467, 469, 483
 Рамочная конвенция ООН об изменении климата 296, 298
 Ранс (река) 336–338
 Растительный покров, растительность 34, 75, 80–81, 86, 203, 479
 Регистр 505
 Регуляция
 – охоты 488
 – рыбной ловли 488
 Резервы
 – природные 172, 258, 273
 – подземных вод 234–239
 Редуценты 70–72, 80, 86, 115
 Рейкьявик 341
 Рейн (река) 37, 412, 418
 Репродуктивный потенциал 103–104
 Ресурсоемкость 270
 Ресурсы
 – биологические Мирового океана 194–199, 488–489, 561
 – водные 11, 223–226, 230, 245–246, 310, 422–423, 577
 – природные 10, 12, 16, 148–149, 172–173, 271, 273, 491, 494, 497, 507, 531
 – возобновимые 11, 173, 255, 328, 352, 494, 497
 – лесные 11, 201, 209, 214, 217, 220
 – минеральные 254–255, 259, 262–266, 269–271, 299, 577
 – неисчерпаемые 173, 307–308, 333, 340, 342, 346, 497
 – невозобновимые 173, 271, 539
 – рыбные 196–198, 488
 – топливные 255
 – энергетические 11, 266, 272–275, 285, 299, 301, 327, 493, 539, 577
- Рим (в т.ч. Древний Рим) 156, 158, 362, 427
 Римский клуб 13, 149–150
 Рио-де-Жанейро 296, 496
 РНК 87
 Рождаемость 104, 151–152, 163–165, 169
 – снижение р. (причины) 162–163
 Роль населения 138–139, 512, 520, 521–524, 526–528, 541
 Россия 14, 129, 131, 134–137, 156, 158, 160, 165–170, 194, 206, 208, 209, 210, 211, 212–217, 220, 226, 230, 231, 235, 236, 237, 240, 245, 251, 252, 259, 262, 264, 274, 275, 285, 288, 295, 297, 302, 303, 308, 318, 319, 334, 341, 345, 346, 351, 366, 367, 385, 389, 390, 396, 405, 406, 407, 426, 428, 430, 439, 466, 470, 474, 477, 478, 481, 483, 488, 489, 497, 508, 515, 516, 527, 533, 540, 541, 546, 547, 550, 564, 580, 581
 Ростов-на-Дону 310
 Ргуть 358, 398–400, 426, 428
 Рубидий 450, 462
 Рузское водохранилище 238
 Румыния 214, 478
 Русь 154, 156, 157
 Рутил 262
 Рязань, Рязанская обл. 476–477
- Салехард 476
 Самарий 450
 Саммитвилль (прииск) 261
 Самоочищение воды 394, 411–412
 Саморегуляция природных процессов 16, 18, 74–78, 539, 599
 Санитарно-эпидемические станции, служба (СЭС) 159, 239, 489–490
 Сан-Пауло 212, 460
 Санкт-Петербург (а также Петербург) 235, 488
 Саратов 324
 Саскуэханна (река) 474
 Сатурн 28
 Саудовская Аравия 229, 235, 250, 259
 Свалки (см. полигоны ТБО)
 Свердловская обл. (Екатеринбургская) 472
 Сверхзвуковые самолеты 365–366
 Свинец 256, 259, 357–359, 387–389, 398–401, 407, 447–449, 463
 Севастополь 488
 Северн (река) 336, 338, 340
 Северная Америка 167, 193, 195, 198, 206, 214, 226, 228, 306, 384, 476, 549, 558, 565
 Северный ледовитый океан 233, 245, 287, 291, 292, 466
 Северный морской путь 287
 Северо-Крымский канал 232

- Селекция 154, 191–192, 199
Селен 358
Сельское хозяйство, с/х продукция 154–155, 179, 193–194, 199–200, 229, 236, 242, 252, 403, 405, 423, 426, 578
Семипалатинск 466
Сера 60, 89–92, 262, 306, 384–385
Сероводород 60, 91, 398, 409
Сибирь 157, 231, 233
Сибирская АЭС 322
Силикаты 46
Сингапур 250
Сирия 235
Сицилия 159
Скандинавия 165, 295, 345, 395
Словакия 478
Словения 478
Смертность 104, 152–154, 159–161, 163, 169, 483
– снижение с. (причины) 152–154
Смог 362, 381, 387
Смоленская АЭС 315, 319
Советский Союз (см. также СССР) 129, 185, 242, 284, 303, 324, 331, 341, 351, 366, 385, 389, 421, 468, 470, 535, 563
Сознание 536
Солнечная батарея (солнечная панель) 281, 331–333, 345
Солнечная система 27–28, 31, 34, 44, 39, 84, 298
Солнечная электростанция 330–331, 333
Солнечная энергия 26, 38, 58, 115, 173, 305, 327–334, 350, 365, 497
Солнечный свет 96, 278, 280, 293, 327–330, 365, 446
Солнце 26–27, 34, 44, 305, 327, 330
Социально-экологический союз 137, 502, 565
Сочи 439
Среда обитания 21, 23, 40, 72, 92, 95, 107, 130, 356
Средиземноморье 210, 280, 400
Средиземное море 334
Средний Запад (США) 182, 207, 234–236
Среднесибирское плоскогорье 367
Средняя Азия 156, 185, 232, 233, 234, 242
СССР (см. также Советский Союз) 13, 135, 182, 183, 185, 189, 192, 193, 213, 216, 233, 242, 251, 255, 263, 268, 274, 284, 303, 311, 321, 336, 338, 341, 351, 422, 423, 465, 466, 467, 470, 471, 473, 480, 488, 90, 491, 492, 515, 553, 559, 565, 580
Стабильность 21, 76, 263
– биосферы 38, 49, 487, 493
Статен Айленд (о-в) 429
Статистический учет 505–506
Стенобионты 98–99
Сток рек 224, 226, 240, 242, 245–246, 248, 309–311, 418, 421
Стокгольм 150, 171, 275, 569
Стокгольмская декларация 570
Стоки бытовые 407, 423
Сточные воды 230, 358, 406, 411, 414–416, 418–424
Стратосфера 25, 63, 364–367, 374–377, 381
Стронций 314, 459, 467–468, 472, 477, 480
Судан 250
Сукцессия 118–123
– первичная 118–122
– вторичная 122
Сулак (река) 248
Суперфосфат 89
Сухуми 476
США 13, 119, 126, 130, 149, 160, 165, 167, 168, 179, 182, 186, 192, 199, 204, 206, 207, 209, 210, 211, 213, 214, 229, 232, 234, 236, 237, 240, 245, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 267, 268, 271, 274, 275, 277, 278, 280, 283, 297, 302, 312, 318, 321, 326, 331, 334, 336, 337, 338, 341, 343, 347, 350, 363, 376, 385, 387, 388, 389, 395, 412, 413, 417, 418, 428, 429, 430, 433, 434, 435, 437, 442, 443, 460, 463, 464, 465, 466, 469, 470, 474, 489, 497, 527, 541, 551, 553, 555, 564, 581, 582
Сырдарья 232, 233, 242–243, 250
Табак 524–525
Таджикистан 244, 250
Таиланд 250, 262
Тайвань 476
Тайна
– государственная 535
– коммерческая 535
Тайга 116
Танзания 261, 564, 581
Ташкент 331
Тбилиси 476, 496, 528
Тбилисская декларация 528–531
Тверь 421
Твэлы 317, 321, 323, 474
Темп прироста популяции 104–106
Температура окружающей среды 21–23, 44, 96, 287–288, 293, 405
Термосфера 25, 63
Терроризм 17, 311, 326
Тертерская ГЭС 333
Техас 235–236
Техника безопасности 490
Теча (река) 395, 471
Течения океанические 30–32, 292
Тихий океан 31, 195, 198, 245, 263, 466, 476

- Тобол (река) 233, 248, 471
 Токсичность 358, 398–401, 413
 Токсичные вещества, соединения 264, 361, 435–436
 Томь (река) 248
 Торий 314, 447, 449–450, 460
 Торф 352
 Трансграничный перенос 385, 556, 561–562
 Трейл 551
 Три-Майл-Айленд (АЭС) 323, 474
 Тропосфера 25, 41, 62–63, 293
 Трофические цепи 114, 373
 Тугурская ПЭС 336–339
 Тугурский зал. 334, 336–339
 Тундра 116
 Тульская обл. 477–478
 Тургайская котловина 233
 Туркмениа (Туркменистан) 226, 244, 250, 466, 470
 ТЭС (тепловые электростанции) 273, 281, 300, 302, 303, 304–307, 308, 345, 384, 406, 447, 461
 Тюменская обл. 233, 472
 Тяжелые металлы 357–359, 382, 398–401
- Углекислый газ (диоксид углерода) (CO_2) 24, 114, 212, 218, 219, 288–291, 297–298, 305–306, 374, 382–383, 493
 Углерод 44, 78–81, 205, 214, 218, 219, 290, 460
 Уголь 79, 273–275, 301, 302, 357, 362
 Удобрения 183–185
 – азотные 86, 358, 402
 – минеральные 86, 183–185, 255, 356, 394–395, 401–402, 423, 553
 – фосфорные 409, 464
 Узбекистан 244, 250, 331, 397, 466, 470
 Уиндскейл (АЭС) 474
 Указ Президента РФ «О государственной стратегии РФ по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» 592
 Украина 240, 466, 470, 474, 478
 Ураганы 211, 294, 298
 Урал (горы, река) 310, 395, 422
 Уран 27, 28, 273, 301, 314, 324–325, 326, 447–449–450, 455
 Условия жизни 77–78, 95–99
 Устойчивое развитие человечества 9, 12, 19, 493, 496, 531, 555, 567–576–596, 603
 Устойчивость 8, 38, 479, 496, 554, 561, 577, 598
 Уэльс 164
- Факторы среды 95–98
 – абиотические 96–97
 – биотические 96, 97
 – лимитирующие 98
 ФАО 178, 208, 552
 Фанди (зал.) 334, 338, 339
 Филиппинские о-ва 376, 564
 Финляндия 209, 210, 214, 218, 230, 267, 295, 297, 302, 313, 318, 428, 442, 464, 476, 478, 587
 Фитопланктон 79, 311, 373, 402, 408
 Флай (река) 265
 Флорида 59
 Фолклендские о-ва 231
 Фосфор 416, 492
 Фосфоритовые конкреции 263
 Фотический слой 79, 81, 403
 Фотосинтез 69, 73, 81
 Франция 164, 165, 168, 186, 199, 207, 211, 214, 263, 267, 297, 302, 303, 313, 318, 321, 331, 334, 336, 338, 381, 460, 465, 466, 470, 471, 472, 553, 565, 581, 582
 ФРГ 189, 267, 313, 460, 464
 Фреоны 363–365, 375–376, 379, 381
- Хабаровский край 565
 Ханты-Мансийск 233, 476
 Харрисберг 474
 Харьков 309
 Хвей (река) 308
 Хемоавтотрофы 114
 Хиральная чистота 65, 67
 Хиросима 455–456, 466–467
 Хладоны 378
 Хлор 375–379, 412–413, 416, 435
 Хлордан 360
 Хлороформ 399
 Хлорфторуглероды (ХФУ) 363, 378–380
 Холера 396
 Хром 358, 398–399
 Хуанхэ 232
 Хьюстон 235
- Центральная Азия 250
 Центральная Америка 206
 Центральнo-Черноземный район 310
 Цезий 314, 459, 467–468, 476–478, 480, 482
 Цианобактерии 75, 81, 85
 Цивилизационный кризис 8
 Цимлянское водохранилище 240
 Цинк 256, 259, 357–358
 Циркон 262
 Цунами 37, 294
- Чад (оз.) 245
 Челябинская обл. 471–472

- Чернобыльская АЭС 315, 324, 455, 474, 476, 477, 485, 525
- Чернобыльская авария (катастрофа) 324, 455, 461, 474–476, 477, 481–484, 524
- Черное море 37, 197, 239, 334, 423
- Чехия 478
- Чехословакия 263, 384
- Чили 24
- Численность человечества (численность народонаселения) 10, 11, 144–149, 152, 164, 167–168, 256, 487, 540
- Шанхай 291
- Шари (река) 245
- Швейцария 166, 302, 318, 324, 366, 428, 478, 527, 550
- Швеция 164, 165, 209, 210, 214, 267, 295, 302, 318, 324, 376, 428, 464, 476, 478, 581
- Шистосоматоз 397
- Шпицберген 197, 288
- Щитовидная железа 459, 477
- Эврибионты 98
- Эвтрофикация водоемов 108, 240, 311, 402, 405, 408–409, 418, 492
- Экватор 261
- Экзосфера 63
- Экокультура 10
- Экологическая
- безграмотность 522–524
 - безопасность 18, 391, 491, 496, 502, 506, 508, 520, 526, 532, 541, 566
 - доктрина России 251, 593
 - грамотность 138, 524–525, 532
 - катастрофа 242–244, 324, 487, 528
 - культура 12, 495, 527, 542–544
 - пирамида 116
 - сертификация 504, 509, 513–515
 - экспертиза 504, 509, 512, 527–528
- Экологические
- платежи и налоги (см. налог, см. платеж) 504, 515–518
 - преступления 519
 - проблемы 9, 17–19, 497, 498, 525–526, 546, 555, 566
 - риски 505
 - факторы 95–98
 - штрафы 504, 515, 519
- Экологический
- аудит 12, 504, 509, 512
 - императив 600
 - кризис 8, 10, 13, 16–20, 33, 171, 242, 486, 551
 - мониторинг (см. мониторинг) 12, 490, 504, 509–511
- Экологическое
- воспитание 5, 42–543, 545
 - лицензирование 504, 509, 513
 - нормирование 506–507
 - образование 9, 12, 495, 496, 504, 521–531, 538, 539–542, 548
 - прогнозирование 504–505, 532
 - просвещение 138, 523, 542, 544, 548
 - управление 498–503
- Экология 10, 15, 520, 539, 546, 547, 603
- Экономическая оценка 515
- Экономия энергии 328, 349, 442, 514, 539
- Экополитика (экологическая политика) 12, 491–493–504, 519–520, 531
- Экоразвитие 10, 516
- Экосистема 38, 113, 117, 118, 123, 142, 311, 374, 479, 495, 540, 554, 578, 598
- Эксцентриситет орбиты 34
- Электрон 449
- Электроэнергия, электричество 273, 300–304, 312–313, 321, 326, 331–333, 336, 339, 341, 343–345
- Элементный состав 49, 66
- Эль-Ниньо 210, 294
- Эневейтак (атолл) 466
- Энергетическая стратегия России 351–352
- Энергия 29, 38, 55, 57–58, 67, 113–116, 222, 267, 270, 273, 275, 301, 305, 312, 321, 334, 442, 580
- Энергосбережение 275, 280–286, 299, 347–352
- Эри (оз.) 418
- Эстония 166, 295, 581
- Этика природопользования 140–142
- Этичность 532, 544
- Эукариоты 61–62, 70, 74, 91
- Эфиопия 168, 210, 250
- ЮАР 326
- Юго-Восточная Азия 130, 199, 204, 262, 564
- Южная Азия 204
- Южная Америка 23, 195, 204, 206, 208, 210, 214, 226, 228, 231, 294
- Южная Корея 263, 267, 340, 442
- Южная Африка 261
- Южный Аллигатор (река) 325
- ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде) 528, 555–558, 571
- ЮНЕСКО 178, 246, 420, 528, 552, 554
- Юпитер 27–28
- Ядерная зима 83, 383, 471, 568, 601

- | | |
|---|--|
| Ядерная ночь 471 | Япония 168, 199, 211, 214, 263, 267, 274, |
| Ядерное оружие 321, 383, 465–471, 554 | 278, 280, 281, 296, 297, 302, 313, 318, 328, |
| Ядерное топливо 317, 321, 325–326 | 341, 350, 388, 397, 400, 428, 429, 434, 460, |
| Ядерный реактор 315–318, 322, 401, 455, | 553, 558, 580 |
| 475–476 | Ярославль 310 |
| Ядохимикаты 188–190, 506 | Яуза (река) 238 |
| Якутск 23 | Яузское водохранилище 238 |
| Янцзы (река) 232, 308 | Ящик Сосюра 328–330 |

Учебное издание

**МАРФЕНИН НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

Зав. редакцией *Г.С. Савельева*

Редактор *Г.С. Савельева*

Художники *В.А. Чернецов, Н.С. Шувалова*

Художественный редактор *Ю.М. Добрянская*

Технический редактор *З.С. Кондрашова*

Корректор *Г.Л. Семенова*

Компьютерная верстка *О.А. Пелипенко*

Художественное оформление выполнено
Издательством Московского университета
и издательством «Проспект» по заказу
Московского университета

Подписано в печать 21.06.2006. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офс. № 1.
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 39,0. Уч.-изд. л. 41,3.
Тираж 3000 экз. Заказ № 18069. Изд. № 8111.

Ордена «Знак Почета»

Издательство Московского университета.
125009, Москва, ул. Б. Никитская, 5/7.

Тел.: 629-50-91. Факс: 203-66-71.

Тел.: 939-33-23 (отдел реализации)

E-mail: kd_mgu@rambler.ru

В Издательстве МГУ
работает служба «КНИГА — ПОЧТОЙ»

Тел.: 629-75-41

Отпечатано в ОАО «Саратовский полиграфический комбинат»
410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 59.
www.sarpk.ru