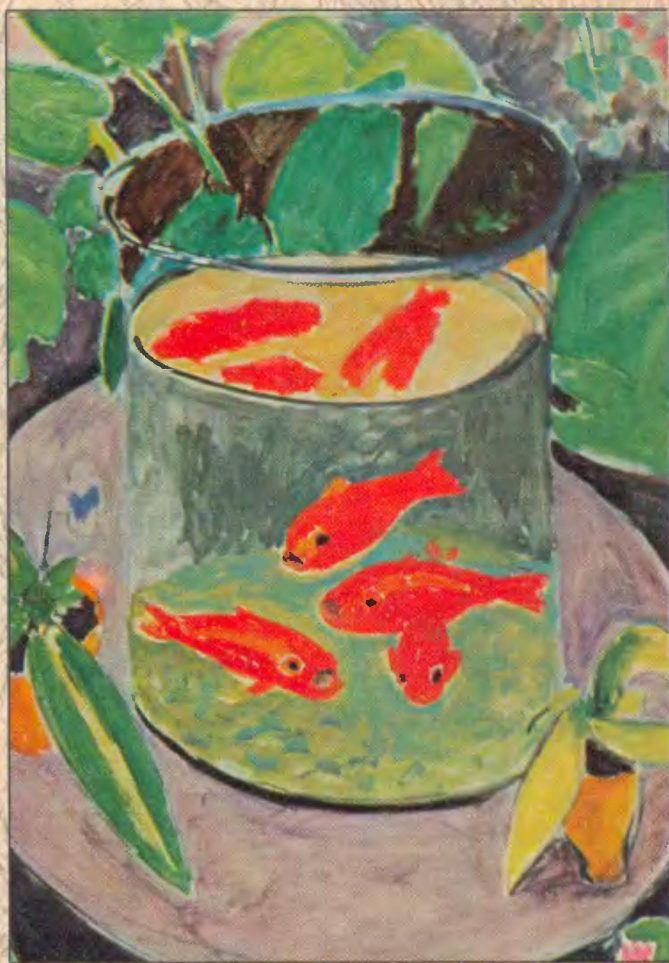


Новая
Университетская
Библиотека

ЭКОЛОГИЯ



УЧЕБНИК

Каменистые тропы науки – это горы литературы,
уступы книг, которые нужно прочесть, усвоить.
Но книги – это путеводитель, по которому можно
ориентироваться на дорогах науки.

А.Я. Янин, академик

ЭКОЛОГИЯ

Издание 2-е, переработанное и дополненное

Под редакцией Г.В. Тягунова и Ю.Г. Ярошенко

*Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по техническим специальностям*



Москва • «Логос» • 2005

УДК 502.

ББК 20.1

Э40

Авторы:

В.Н. Большаков, В.В. Качак, В.Г. Коберниченко, В.И. Лобанов,
А.В. Островская, В.Л. Советкин, Л.В. Струкова, Г.В. Тягунов,
Г.Д. Харлампович, И.Ю. Ходоровская, И.С. Шахов, Ю.Г. Ярошенко

Рецензенты:

член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор
В.Н. Чуканов (Институт промышленной экологии Уральского отделения РАН),

доктор технических наук, профессор *А.В. Хохлаков*
(Уральская государственная горно-геологическая академия)

**Экология: Учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / В.Н. Большаков, В.В. Качак,
Э40 В.Г. Коберниченко и др.; Под ред. Г.В. Тягунова, Ю.Г. Ярошенко. — М.: Логос,
2005. — 504 с.:ил.**

ISBN 5-94010-364-2

Даны современные представления о возникновении жизни на Земле, связанные с формированием биосферы. Описаны структура биосферы, закономерности существования и развития экосистем, взаимоотношения организма и среды, экология и здоровье человека, глобальные проблемы окружающей среды. Приведены подходы к моделированию экологических ситуаций и сценариев выхода из экологических кризисов. Значительное внимание уделено основам экологического права, профессиональной ответственности, международному сотрудничеству в области охраны окружающей среды, экологическим принципам рационального использования природных ресурсов и охраны природы, а также элементам системы управления качеством окружающей среды и концепции устойчивого развития в социальной сфере. Содержатся сведения об антропогенном и естественном загрязнении окружающей среды, дается представление об инженерных методах и средствах защиты окружающей среды от техногенных воздействий.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям и специальностям техники и технологии, в особенности в области горно-добывающих отраслей, энергетики, химии и нефтехимии. Представляет интерес для исследователей проблем экологии, а также для руководителей и специалистов организаций и служб в области защиты окружающей среды, конструкторских и проектных учреждений.

ББК 20.1

ISBN 5-94010-364-2

© Авторы, указанные на
обороте титульного листа, 2005
с «Логос», 2005

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	9
Раздел I. БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕК	18
Глава 1. Биосфера: возникновение, развитие, функции	18
1.1. Возникновение жизни на Земле: этапы формирования биосферы	19
1.2. Особенности функционирования живых организмов и живых систем	29
1.3. Строение и функции биосферы. Круговорот веществ	35
1.3.1. Строение и функции биосферы	35
1.3.2. Круговорот веществ	38
1.4. Энергетика биосферы и трофические цепи	44
Контрольные вопросы	52
Глава 2. Экосистемы: закономерности существования и развития	52
2.1. Структуры экосистем и их основные характеристики	53
2.2. Закономерности функционирования экосистем	60
2.3. Изменчивость и стабильность экосистем	66
2.4. Экология популяций	69
Контрольные вопросы	79
Глава 3. Взаимоотношения организма и среды	80
3.1. Экологические факторы среды обитания	80
3.1.1. Важнейшие абиотические факторы	81
3.1.2. Некоторые биотические факторы	85
3.1.3. Антропогенные факторы	89
3.2. Адаптация живых организмов. Закон толерантности	91
3.3. Лимитирующие факторы среды обитания	96
3.4. Коэволюция видов	98
Контрольные вопросы	101
Глава 4. Экология и здоровье человека	101
4.1. Генетическое и культурное наследие человека	101
4.2. Особенности развития экосистемы человека	109
4.3. Влияние среды обитания на здоровье человека	115
4.4. Энергетический и ресурсный потенциал взаимодействия человека и природы. Проблемы народонаселения	117
Контрольные вопросы	126
Раздел II. ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ	127
Глава 5. Естественное и антропогенное загрязнение окружающей среды	127
5.1. Химическое загрязнение	129
5.2. Физическое загрязнение	150
5.3. Биологическое загрязнение	163

5.4. Экстремальные воздействия на биосферу	166
Контрольные вопросы	169
Глава 6. Изменения в биосфере и их влияние	
на человеческое общество	169
6.1. Изменение природной среды	170
6.2. Проблемы урбанизации	170
6.3. Проблемы «бедных» и «богатых» стран	178
6.4. Экологическая обстановка в России	181
6.4.1. Природные факторы	182
6.4.2. Качество воздушной среды	186
6.4.3. Состояние водных объектов	187
6.4.4. Состояние ландшафтов и почвенного покрова	190
6.4.5. Особенности экологической обстановки в регионах	195
Контрольные вопросы	200
Глава 7. Экологические кризисы и катастрофы.	
Мера их опасности	201
7.1. Основные элементы экологического кризиса	202
7.2. Особенности современного экологического кризиса	207
7.3. Экологические катастрофы	209
7.4. Причины, порождающие экологические кризисы	213
Контрольные вопросы	220
Раздел III. ПРИРОДООХРАННАЯ ПОЛИТИКА	221
Глава 8. Основы экологического права	221
8.1. Экологическое право: источники, определение, объекты	221
8.2. Система управления охраной окружающей среды	229
8.3. Система управления качеством окружающей среды	
в хозяйственной деятельности	236
8.4. Международно-правовое сотрудничество	
в области охраны окружающей среды	244
Контрольные вопросы	249
Глава 9. Экологические принципы рационального	
использования природных ресурсов	250
9.1. Принципы и законы природопользования	251
9.2. Природные ресурсы. Их классификация	
и эколого-экономическая оценка	256
9.3. Материальные и энергетические ресурсы	262
9.4. Рациональное использование природных ресурсов	266
Контрольные вопросы	271
Глава 10. Элементы системы управления качеством	
окружающей среды	271
10.1. Оценка воздействия на окружающую среду.	
Экологическая экспертиза и экологический аудит	272
10.2. Нормирование в области охраны окружающей среды	275
10.3. Экологический мониторинг	280

10.4. Экологический контроль	292
Контрольные вопросы	295
Глава 11. Основы экономики природопользования	296
11.1. Социально-экономические аспекты природопользования ...	297
11.2. Планирование природопользования	304
11.3. Методы и механизмы экономического регулирования	311
11.4. Анализ эффективности природопользования на основе экобалансов	317
Контрольные вопросы	325
Глава 12. Моделирование экологических ситуаций и сценариев выхода из экологического кризиса	326
12.1. Общие подходы к глобальному моделированию	327
12.2. Глобальные модели первого поколения: прогнозирование ...	330
12.3. Глобальные модели второго поколения: нормативный подход	337
12.4. Глобальные модели третьего поколения: проблемно-прогнозный анализ	341
Контрольные вопросы	349
Глава 13. Концепция устойчивого развития и новый уровень деятельности человечества	350
13.1. Основные факторы, способствующие формированию концепции устойчивого развития	350
13.2. Начало перехода к устойчивому развитию международного сообщества	354
13.2.1. «Декларация по окружающей среде и развитию» («Декларация Рио»)	355
13.2.2. «Повестка дня на XXI век»	356
13.3. Социальные и экономические аспекты устойчивого развития	357
13.3.1. Социальные аспекты	357
13.3.2. Экономические аспекты	361
13.4. Мир после конференции в Рио-де-Жанейро	364
13.4.1. Анализ ситуации	364
13.4.2. Окружающая среда и социальные проблемы	366
13.4.3. Некоторые принципы реализации концепции устойчивого развития	368
Контрольные вопросы	371
Раздел IV. ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	372
Глава 14. Защита атмосферы	372
14.1. Загрязнение атмосферы и контроль ее качества	372
14.2. Классификация технологий и средств защиты атмосферы ...	378
14.3. Аппараты для очистки газов	388
14.4. Системы комплексной очистки газопылевых выбросов	400
Контрольные вопросы	405

Глава 15. Защита гидросферы	405
15.1. Показатели качества воды и их контроль	406
15.2. Промышленная классификация вод и систем водоснабжения	413
15.3. Технологии и средства защиты гидросферы	419
15.4. Примеры схем и систем защиты гидросферы	436
Контрольные вопросы	443
Глава 16. Защита литосферы	443
16.1. Классификация твердых отходов производства и потребления	446
16.2. Основные направления охраны и защиты литосферы	449
16.3. Технологии размещения отходов	452
16.3.1. Локальное размещение отходов	452
16.3.2. Централизованное размещение отходов	454
16.4. Технологии обезвреживания и утилизации отходов	458
Контрольные вопросы	465
Глава 17. Защита окружающей среды от физических воздействий	465
17.1. Защита от шума, инфразвука, вибраций	466
17.2. Защита от электромагнитных полей	472
17.3. Защита от ионизирующих излучений	476
Контрольные вопросы	480
Заключение	481
Библиографический список	484
Терминологический словарь	495

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы экологические проблемы стали неизбежными спутниками современной цивилизации. Острота этих проблем обусловлена активным вовлечением природных ресурсов в сферу хозяйственной деятельности человечества.

Существование любого общества обеспечивается не только простым воспроизводством материальных благ, но и увеличением их разнообразия, а также улучшением их качественного состояния. Процесс этот непрерывен. Именно он предполагает использование расширяющегося спектра природных, материальных и энергетических ресурсов. При этом ресурсы любого вида преобразуются путем применения различных технологий в продукт потребления. Однако на этом жизненный цикл продукта не завершается. Он продолжает «жить» в другом качестве — либо в виде вторичного сырья, поступающего снова в производство, либо в виде отходов, возвращаемых в природную среду. Если иметь в виду, что современная цивилизация располагает сотнями тысяч технологий (от способов добычи полезных ископаемых до производства необходимых для человека товаров), то приведенная схема весьма четко представляет процесс воспроизводства материальных благ, отражает процесс непрерывного обмена различных веществ и энергий между природной средой и человеческим сообществом.

В ходе такого обмена общество оказывает постоянное — и большей частью негативное — воздействие на окружающую природную среду, поскольку все используемые вещества и виды энергии являются компонентами природной среды, взаимосвязаны друг с другом и формируют природную систему. Поэтому извлечение любого из них не только затрагивает всю систему, но и вызывает в ней возмущения различной значимости, последствия которых могут проявиться сразу или в отдаленном будущем. Уровень таких, как правило, отрицательных последствий зависит от многих факторов и может оцениваться либо опытным путем, либо численно, да и то лишь в некоторых, весьма ограниченных случаях.

Деятельность человека в его взаимоотношениях с природой на сегодняшний день привела к очевидным для большинства людей Земли преобразованиям условий жизни. Последствия человеческой (антропогенной) деятельности красноречиво выражаются в следующем:

- изменяется ландшафт земной поверхности вследствие вырубки лесов, распашки степей, мелиорации, создания искусственных озер, морей, возведения мегаполисов, строительства дорог, каналов, трасс;
- изменяется состав природной среды, круговорот и баланс ее составляющих в результате изъятия полезных ископаемых, а также привнесения не только известных, но и новых, ранее неизвестных природе компонентов, загрязняющих продукты питания, среду обитания и организмы, ее населяющие;
- изменяется тепловой баланс Земли из-за накопления в атмосфере пыли и газов, создающих «парниковый эффект»;
- изменяется состав животного и растительного миров за счет снижения биоразнообразия на видовом, популяционном и экосистемном уровнях в результате как прямого истребления животных и растений, так и отрицательного воздействия на них антропогенной среды, а также благодаря созданию новых пород животных и сортов растений и их перемещению на новые места обитания;
- изменяются условия протекания природных процессов, их скорость, направленность, степень завершенности, что обусловлено преобразованиями ландшафтов, нарушениями режимов водотоков, атмосферных процессов и др.;
- изменяются связи в природных системах между структурами и компонентами, их составляющими, включая и видовое разнообразие флоры и фауны, что находится в прямой зависимости от загрязнения среды, изъятия ресурсов органического и неорганического мира, преобразования ландшафтов.

Появление локальных, региональных, глобальных изменений в окружающей нас природной среде требует разрешения экологических проблем и обусловлено прежде всего следующими причинами:

1) доведением до предела (а в некоторых случаях – исчерпанием) способности природы к самоочищению и саморегуляции, а также значительным сокращением запасов полезных ископаемых в силу их принципиальной ограниченности и невосполнимости;

2) несовершенством подавляющего большинства используемых, так называемых экологически грязных технологий в промышленно-

сти и сфере услуг, что определяется низким уровнем научно-технического прогресса и другими факторами, вследствие чего 90—95% используемых природных ресурсов поступает в отходы и лишь 5—10% полезно используется для удовлетворения потребностей населения;

3) недостатками в организационно-правовой и экономической деятельности государств, просчетами в экологическом воспитании и образовании жителей планеты; у большинства населения Земли сформировано потребительское отношение к природе, а проблема охраны окружающей среды человечество почти не волнует.

Постепенно идея охраны природы от разрушения и повреждения ее со стороны человека переросла в форму борьбы за рациональное ресурсопользование. Возникла необходимость планирования потребностей в ресурсах и организации работ по сохранению ресурсного потенциала как базы для непрерывного экономического роста.

Переход к пониманию необходимости сохранения естественной природы и стабильной окружающей среды начал осуществляться только во второй половине XX в. Осознание важности этой проблемы произошло прежде всего в тех странах, которые являлись крупными потребителями энергии и других природных ресурсов, а потому были основными загрязнителями окружающей среды. Своего рода точкой отсчета в осуществлении природоохранной деятельности, основанной на новом мышлении, следует считать резолюции Генеральной Ассамблеи ООН и ЮНЕСКО, принятые в декабре 1968 г. Их идеи были интегрированы в решения Стокгольмской конференции 1972 г. («Декларация принципов»). На конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992 г.) была принята «Декларация по окружающей среде и развитию», содержащая согласованные со 179 правительствами документы, определявшие права и обязанности стран в деле обеспечения развития цивилизации и благосостояния людей.

В последние годы под давлением ухудшающейся экологической обстановки во многих странах мира, а также благодаря деятельности международной общественности («Декларация Рио», «Повестка дня на XXI век» и др.) вопросам формирования нового мышления придается все большая экологическая направленность на всех уровнях обучения, а также и воспитания людей. Это актуально для каждого человека от самого рождения и до ухода его из жизни. Меняются лишь акценты. В дошкольном возрасте превалирует воспитательный процесс, в школьном — образовательный, а во взрослом — сознательный.

В высшей школе роль и значение экологического образования существенно возрастает, так как выпускники вузов в своей профес-

сиональной деятельности (в зависимости от ее направленности) участвуют либо в экологическом воспитании и образовании новых поколений, либо в развитии новых технологий, процессов в сфере производства и услуг. Позитивные изменения в структуре экономики обеспечат устойчивое развитие общества и создадут для населения Земли лучшие условия жизни при рациональном использовании ресурсов без нанесения ущерба окружающей среде, сохраняя ее будущим поколениям.

Устойчивое развитие экосистем Земли вызывает:

- необходимость широкой пропаганды новых этических принципов потребления, отвечающих разумной жизни человечества «по средствам»;
- необходимость сохранения окружающей среды при одновременном развитии человеческого общества.

Деятельность людей в этих направлениях связана с формированием нового мировоззрения, сущность которого может быть определена созидательным отношением человека к природе: человек — не покоритель, а защитник природы. Этот тезис должен стать жизненным принципом каждого жителя Земли. Осознанное его использование предполагает глубокое понимание результатов воздействия антропогенной деятельности на окружающую среду. Понимание взаимодействия человека и природы, анализ последствий его деятельности и путей их либерализации, планирование стратегии, основанной на заботе о природе и человечестве, постигается через системы экологического обучения и воспитания и образа жизни.

В принятом 10 января 2002 г. Федеральном законе России «Об охране окружающей среды» усилены многие положения предыдущего закона (1991), связанные с управлением в области охраны окружающей среды, правами и обязанностями граждан, общественных и иных некоммерческих объединений, с требованиями в области охраны окружающей среды при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также с правами особо охраняемых территорий, экологической экспертизы, мониторинга и контроля. Эти и другие положения Закона призваны обеспечить право граждан России на благоприятную окружающую среду. Среди положений Закона выделяется глава XIII «Основы формирования экологической культуры», в которой определены требования к всеобщности и комплексности экологического образования и просвещения, требования по подготовке руководителей организаций и специалистов в области охраны окружающей среды и экологической безопасности.

Положения Федерального закона «Об охране окружающей среды» не просто соответствуют глубоким преобразованиям, которые происходят сейчас в обществе, но требуют выработки новой стратегии развития экологической культуры, адаптированной к современным условиям с учетом потребностей устойчивого развития, особенностей индивида и индустриального общества. Эти условия, с одной стороны, связаны с необходимостью формирования нового мировоззрения на основе неразрывного единства экономических, социальных, экологических и этических принципов, а с другой стороны, требуют осмысления социально-экономической значимости экологических задач и путей их решения.

В процессе осуществления хозяйственной деятельности в новых условиях первостепенное значение приобретает воспитание у каждого работника понимания серьезности экологической ситуации, ее прямого влияния на социальное и экономическое развитие общества, повышение личной, в том числе и материальной, ответственности за ущерб, наносимый природе. Кроме того, важно понимание неразрывности единства вопросов промышленных технологий, экологии, ресурсосбережения, природопользования и экономики для овладения механизмами предвидения экологических и экономических рисков, связанных с низкой культурой эксплуатации основного и вспомогательного оборудования, нарушениями технологической дисциплины. Не менее важным является и овладение основами малоотходных технологий, способных обеспечить минимальное воздействие на природную среду, элементами экологического мониторинга, оценкой последствий воздействия деятельности предприятий на здоровье населения.

Когда каждый работник на своем рабочем месте будет осознавать необходимость личного вклада в решение экологических проблем, можно будет говорить о достаточности экологических знаний персонала предприятий. Ограниченность экологических знаний работников предприятий промышленности, транспорта, связи во многом определяет сложную, а в некоторых случаях и неблагоприятную экологическую обстановку в городах и регионах страны. Одна из причин такого положения состоит в том, что до самого последнего времени (середина 90-х годов) экологическая подготовка инженерно-технических кадров осуществлялась в недостаточном объеме, а сам характер природоохранной деятельности был ориентирован в лучшем случае на формальное соблюдение определенных нормативов путем очистки стоков и выбросов, а не на борьбу с причинами загрязнения. Мало внимания уделялось повышению культуры про-

изводства и ресурсосбережения. У работников в основном отсутствовало понимание личной причастности к охране и защите окружающей среды, ответственности за нее.

Для кардинального изменения положения с экологической подготовкой специалистов инженерного профиля во все учебные планы технических вузов России введена дисциплина «Экология», относимая к группе естественно-научных. Цель введения этой дисциплины заключается в необходимости формирования у студентов современного экологического мировоззрения и экологической культуры, понимания личной причастности к решению проблем охраны природы и устойчивого развития общества. Другой целью данного курса является попытка создания у студентов заинтересованности в непрерывном расширении своих знаний.

В соответствии с утвержденными образовательными стандартами высшего профессионального образования по техническим специальностям студент при изучении дисциплины «Экология» должен получить представления о путях и условиях возникновения и развития жизни на Земле, о специфике живого, принципах воспроизводства и развития живых систем, их целостности и гомеостазе, уровнях организации живых систем. В процессе освоения курса у студентов формируются современные представления о биосфере и ее эволюции, об экосистемах и законах их существования и развития, о популяционной экологии, основных закономерностях экологии человека, характере и специфике изменений биосферы в результате антропогенных воздействий. Данный материал используется для анализа причин возникновения экологических кризисов и установления вероятных сценариев их разрешения, включая и сценарии на устойчивое развитие, принятые сообществом. Значительное внимание уделяется реализации принципов рационального природопользования и охраны окружающей среды, а также приемам эффективной защиты всех элементов биосферы — атмосферы, гидросферы и литосферы.

Процесс обучения по дисциплине «Экология» направлен на формирование знаний по оценке критических экологических явлений: определения причин их возникновения степени опасности и возможных путей их развития, а также по выбору оптимальных средств их разрешения.

Предлагаемый вниманию учебник «Экология» подготовлен с учетом требований образовательных стандартов. К его написанию были привлечены специалисты, имеющие богатый опыт педагогической работы в вузах, известные своей научной деятельностью в

области охраны окружающей среды, экологии и природопользования. Каждый из участников авторского коллектива привнес в совместный труд свои знания и опыт работы по решению экологических проблем.

Изучение дисциплины «Экология» базируется на данных биологии, химии, физики, географии и других наук. Поэтому авторы при написании учебника сочли необходимым и методически оправданным не только использовать эти знания, но и развить их и закрепить. Для формирования устойчивой направленности студентов на последующее самообучение и самовоспитание во все главы учебника введены контрольные вопросы для самопроверки усвоенного материала. Библиографический список современной учебной литературы по широкому спектру проблем экологии, рациональному природопользованию и защите окружающей природной среды также способствует достижению этой цели.

При написании учебника авторы опирались на опыт, накопленный в Уральском государственном техническом университете (УГТУ) по созданию и внедрению системы непрерывного экологического образования и воспитания. Эта система включает обучение студентов и аспирантов, подготовку и повышение квалификации специалистов производственной сферы и сферы услуг, а также государственных служащих и преподавателей по проблемам экологии и природопользования. Система обеспечивает возможности получения всеми студентами непрерывного экологического образования: на первом этапе — общего, формирующего мировоззрение; на втором этапе — общеинженерного, развивающего понимание экологических проблем различных отраслей промышленности; на третьем этапе — специального, формирующего у студентов способности и умения принимать рациональные инженерные решения и анализировать влияние этих решений на состояние окружающей среды. При выполнении квалификационных работ студенты применяют полученные знания для решения задач по обоснованию и обеспечению экологической безопасности и эффективности проводимых исследований и разрабатываемых проектов.

Данный учебник подготовлен для первого этапа системы экологического образования. Он призван решить задачу формирования мировоззрения нового — ноосферного — мышления. Учебник, по существу, может стать и базой знаний для последующих этапов совершенствования представлений в области охраны окружающей среды, экологии и природопользования.

Освоение экологических знаний на всех этапах обучения позволит студентам:

- приобрести навыки здорового образа жизни;
- освоить навыки системного подхода в изучении фундаментальных законов экологии и механизмы их практического применения к решению насущных экономических задач;
- достигнуть понимания того, что охрана природы в условиях рыночного хозяйства экономически выгодна;
- убедиться в ограниченности и невозобновляемости ресурсов и, следовательно, в необходимости снижения затрат на производство единицы продукции за счет энергосбережения, а также в необходимости использования альтернативных и нетрадиционных источников энергии (рациональное природопользование).

В итоге созданная в УГТУ система непрерывного экологического образования способна обеспечить подготовку специалистов нового поколения, творчески применяющих экологические знания в процессе решения практических задач охраны окружающей среды и рационального природопользования, способных после завершения учебы в университете занять ключевые должности в промышленности, строительстве и сфере услуг.

Работа авторского коллектива над рукописью учебника была распределена среди его участников следующим образом: академиком РАН, проф., д. биол. н. В.Н. Большаковым написаны гл. 1 и 2; доц., к.т.н. А.В. Островской — гл. 3, 4; доц., к.т.н. В.Г. Коберниченко, доц., к. хим. н. Л.В. Струковой — гл. 5; проф., д. т. н. В.И. Лобановым, доц., к.т.н. В.Л. Советкиным — гл. 6 и 7; проф., д. э.н. В.В. Качаком, проф., д.т.н. Ю.Г. Ярошенко — гл. 8; проф., д.т.н. Г.Д. Харламповичем, доц., к. э. н. И.Ю. Ходоровской — гл. 9 и 11; доц., к.т.н. В.Г. Коберниченко — гл. 10; проф., д.т.н. Г.Д. Харламповичем — гл. 12; проф., д.э.н. В.В. Качаком, проф., д.т.н. Г.В. Тягуновым — гл. 13; доц., к.т.н. В.Л. Советкиным, проф., д.т.н. Ю.Г. Ярошенко — гл. 14; доц., к.т.н. В.Л. Советкиным, проф., д. геогр. н. И.С. Шаховым — гл. 15; доц., к.т.н. В.Л. Советкиным, проф., д.т.н. Ю.Г. Ярошенко — гл. 16, доц., к.т.н. В.Г. Коберниченко, проф., д.т.н. Г.В. Тягуновым — гл. 17; проф., д.т.н. Ю.Г. Ярошенко — Введение, Заключение, «Терминологический словарь» составлен В.Л. Советкиным и Ю.Г. Ярошенко. Научное редактирование осуществлено проф., д.т.н. Г.В. Тягуновым и проф., д.т.н. Ю.Г. Ярошенко.

Создание учебника по такой сложной дисциплине, как «Экология», стало возможным благодаря постоянной поддержке со стороны коллег по Уральскому государственному техническому универ-

ситету, с которыми обсуждались не только вопросы содержания курса, но и методики их изложения. Авторы выражают коллегам свою искреннюю, глубокую благодарность за предложения, которые были сделаны при подготовке рукописи к печати. Авторы считают также своим долгом выразить особую признательность члену-корреспонденту РАН, проф., д. физ.-мат. н. В.Н. Чуканову, проф., д. т. н. А.В. Хохрякову, проф., д. т. н. Ю.Н. Овчинникову, проф., д. т. н. Н.А. Спирину за внимательную, критическую оценку рукописи и те замечания, которые были ими высказаны. Учет предложений и замечаний, несомненно, способствовал улучшению как содержания учебника, так и самого изложения учебного материала. Глубокую благодарность авторы выражают программисту Н.П. Жернаковой за большую работу по подготовке текста и рисунков рукописи к печати, за ее терпимость, проявленную в процессе совершенствования качества представления материала.

Настоящий учебник написан для студентов всех специальностей высших технических учебных заведений. Авторский коллектив предлагает использовать его при подготовке специалистов-экологов, работающих в системах образования, промышленности, государственных и неправительственных организаций, при повышении квалификации, переподготовке кадров, ориентированных на вид деятельности, связанной с решением экологических проблем. Учебник может также помочь в воспитании экологического мировоззрения специалистов любого уровня профессиональной подготовки.

С выходом в свет учебника работа над ним не заканчивается. Авторы будут признательны и благодарны за все замечания по улучшению содержания текста и формы представления материала. Предложения просим высылать по почте: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, Уральский государственный технический университет — УПИ, Г.В. Тягунову, по факсу: (343)-374-55-11 или по электронной почте: tgw@ppn.ustu.ru

Раздел I

БИОСФЕРА И ЧЕЛОВЕК

Глава 1. БИОСФЕРА: ВОЗНИКНОВЕНИЕ, РАЗВИТИЕ, ФУНКЦИИ

Возраст нашей галактики составляет примерно 10–12 млрд лет, а возраст Земли — от 4,5 до 7 млрд лет (различия в оценке зависят от разных методов определения).

Земля возникла при конденсации космического вещества из первичного протопланетного газового облака. Уплотнение первичного холодного пылевого облака вызвало его разогрев, а затем и расплавление, что привело к потере легких молекул первичной атмосферы, рассеявшихся в космическом пространстве. Сильное излучение тепла способствовало дальнейшему охлаждению облака и образованию земной коры. Активный вулканизм мешал этому процессу, в то же время поставляя большое количество газов, из которых образовалась вторичная атмосфера (рис. 1.1). В ней, кроме водорода, было много других газов, прежде всего метана, аммиака, хлора, сероводорода, фтористого водорода, инертных газов и др., а также паров воды, при конденсации которых образовался древний океан. В то время низкое содержание углекислого газа было связано с восстановлением его соединениями железа, содержащимися в земной коре. В течение примерно 1 млрд лет атмосфера была восстановительной, что создавало условия развития процессов абиогенного образования и накопления многих соединений.

По мере все возрастающей утечки водорода в космическое пространство формировалась третичная атмосфера. Распад аммиака привел к образованию азота, составляющего основу современной атмосферы, а из метана и вулканических газов образовался диоксид углерода; происходило и увеличение количества паров воды.

Практически весь кислород, выделявшийся в ходе химических реакций до появления фотосинтеза, немедленно расходовался на окисление элементов, образовавших нашу планету. Примерно 3,5 млрд лет назад после изобретения природой процесса фотосинтеза атмосфера стала обогащаться кислородом. Таким образом сло-

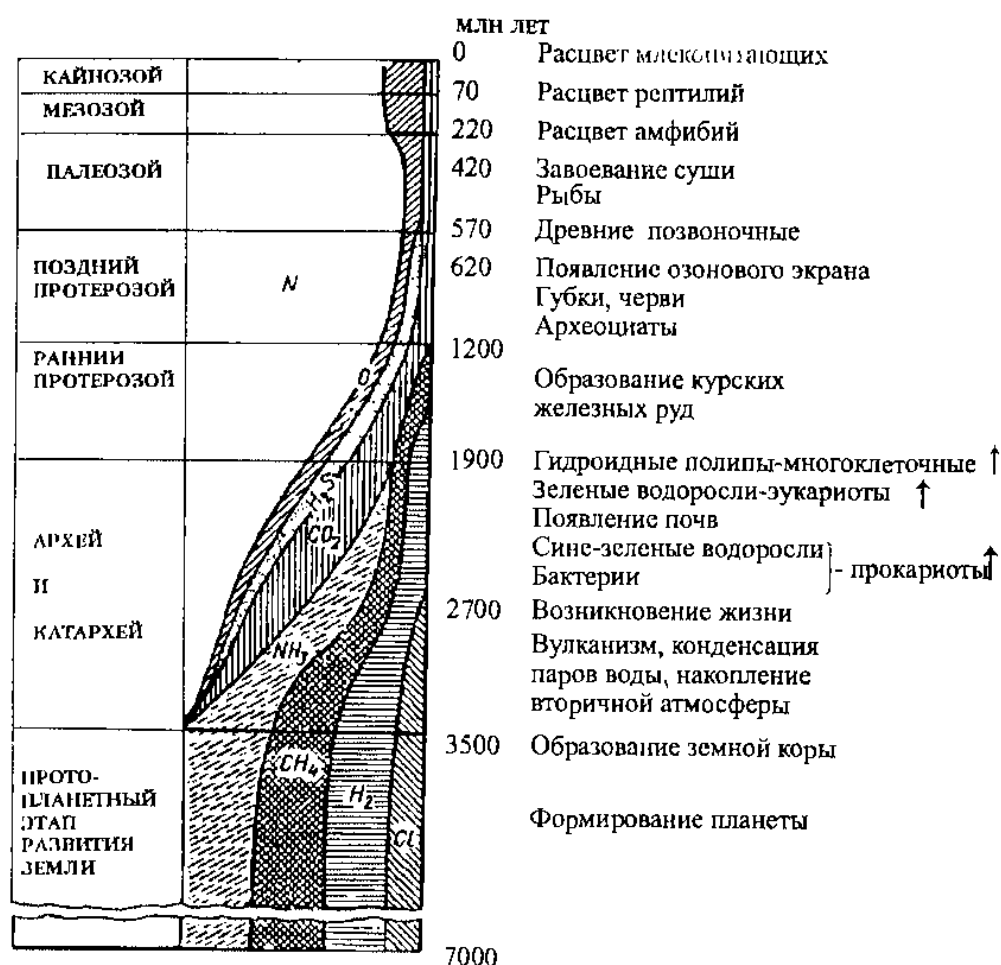


Рис. 1.1. Изменение состава атмосферы и основные этапы развития жизни на Земле

жила современная, четвертичная атмосфера, состоящая, как известно, из N_2 , O_2 , Ar , H_2 , H_2O и CO_2 . Возникновение атмосферы современного химического состава тесно связано с возникновением и развитием жизни на Земле. По сути дела, современная атмосфера является продуктом деятельности живых организмов.

1.1. Возникновение жизни на Земле: этапы формирования биосферы

Наиболее благоприятной средой для возникновения жизни были прибрежные районы древних морей и океанов. Здесь на стыке трех стихий (воды, воздуха и суши) создавались наилучшие условия для образования сложных органических соединений, необходимых для появления первых живых организмов.

В 1924 г. А.И. Опариным, а позднее (1929) Дж. Холдейном на основе обобщения накопленных естествознанием фактов была сфор-

мулирована гипотеза, рассматривающая возникновение жизни как результат длительной эволюции углеродных соединений. Она легла в основу научных представлений о происхождении жизни. В становлении жизни на Земле можно различить четыре этапа. Первые три этапа называются химической (предбиотической) эволюцией.

На **первом** этапе химической эволюции (рис. 1.2) происходило образование простейших органических соединений из неорганических веществ.

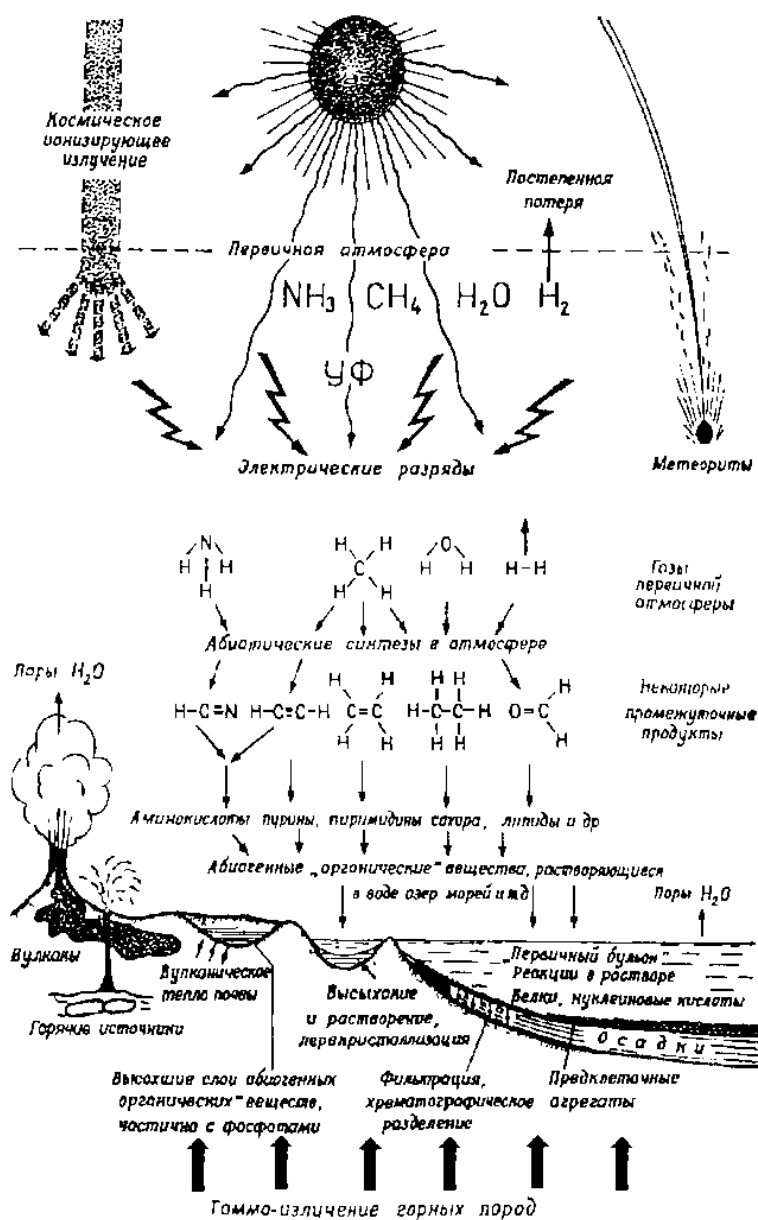


Рис. 1.2. Возможности химической эволюции на первобытной Земле (Kaplan)¹

¹ Kaplan N.O , Kennedy E.R Current Aspects of Biochemical Energetic. New York, 1966. P. 27.

На восстановительную вторичную атмосферу воздействовали большие потоки энергии: коротковолновое ультрафиолетовое излучение, а также ионизирующее излучение Солнца (сейчас оно экранируется озоновым слоем атмосферы), электрические разряды (грозы, коронные разряды), местные источники тепла вулканического происхождения. В этих условиях мог идти активный химический синтез, при котором из газов вторичной атмосферы через такие промежуточные продукты, как синильная кислота, этилен, этан, формальдегид и мочевины, образовывались сначала мономеры, а затем и простейшие полимеры. Так как окисления не происходило, воды древнего океана обогащались такими соединениями, как аминокислоты, пуриновые и пиримидиновые основания, сахара, карбоновые кислоты, липиды, образуя так называемый первичный «бульон». Могли идти процессы осаждения, разделения и адсорбции, а на поверхности минералов (например, глины или горячей лавы) — и дальнейший синтез более сложных соединений. Эти представления подтверждаются, с одной стороны, результатами анализа древних земных горных пород и сравнением их с внеземным органическим веществом (например, из метеоритов), а с другой стороны — лабораторными экспериментами, показавшими, что в смеси газов, воспроизводящих вторичную атмосферу, при достаточном притоке энергии действительно происходят процессы синтеза. Так, пропуская электрические разряды через смесь газов метана и аммиака при наличии паров воды, удалось получить такие сравнительно сложные соединения, как аланин, глицин, аспарагиновая кислота и др.

На **втором** этапе химической эволюции происходило образование биополимеров с длинной цепью, так называемых протеиноидов (первичных белков), а также нуклеиновых кислот. При этом, с одной стороны, подходящий протеиноид способствовал более быстрому и правильному размножению молекул нуклеиновой кислоты, а с другой — нуклеиновая кислота начинала кодировать преимущественно подходящие для нее белки. Так начался самообучающийся каталитический циклический процесс, который приобретал все большее значение в конкуренции за строительные блоки и в отборе на быстроту и точность репродукции. Таким образом, в предбиотической эволюции уже действовал дарвиновский принцип отбора как оптимизирующего процесса.

На **третьем** этапе химической эволюции происходило образование фазообособленных систем органических веществ, отделенных от внешней среды мембранами.

Высокомолекулярные органические соединения образуют так называемые коллоидные растворы, подобные водным растворам желатина. Образующиеся в них сгустки, называемые коацерватами, могут адсорбировать различные вещества. В коацерватной капле существует некоторая упорядоченность частиц. Туда могут осмотически поступать из окружающей среды химические соединения. В ней может происходить синтез новых соединений, и за счет этого коацерваты могут расти. При сотрясении коацерваты могут дробиться, а вновь образовавшиеся капли сохраняют основные свойства исходного коацервата.

Предполагают, что обособленные системы молекул, способные взаимодействовать с внешней средой (по типу открытых систем), являлись *пробионтами* — предшественниками настоящих клеточных организмов. Органические строительные блоки (абиотического происхождения) эти системы получали из первичного бульона, так что вначале им не нужны были ферменты для построения этих блоков.

По мере того как биотические явления начинали преобладать над предбиотическими, первичный бульон становился все беднее органическими веществами. В таких условиях селективным преимуществом для пробионтов стало обладание плазматической мембраной, защищающей от потери различных соединений путем диффузии, и способность избирательно их накапливать. На стадии формирования пробионтов происходил отбор, в результате которого среди множества возможных образований сохранились лишь наиболее пригодные для выполнения биологических функций и обеспечивавшие высокую степень «выживания».

Остатки пробионтов (шаровидные образования) встречаются в осадочных отложениях Южной Африки (возраст 3,1–3,4 млрд лет), Гренландии (возраст около 3,8 млрд лет) и ряда других мест.

Эволюция пробионтов завершилась появлением примитивных организмов, обладающих свойствами живого. Этот период считают началом **четвертого**, завершающего этапа истории происхождения жизни на Земле.

С обеднением первичного бульона давление отбора стало благоприятствовать формам, способным к самостоятельному синтезу жизненно важных веществ. Устойчивость существования могла быть достигнута путем создания ферментных систем, контролирующих синтез тех или иных соединений. Но наиболее важным было создание генетического кода, обеспечивавшего воспроизведение себе подобных и наследование новыми поколениями свойств предыдущих. По последним данным, процесс становления механизмов са-

мокопирования начался около 3,4 млрд лет назад и занял не менее 500 млн лет, т.е. в два с лишним раза дольше, чем развитие млекопитающих от их предков — рептилий.

Первые живые организмы были *гетеротрофами* (от греч. *heteros* — другой, *trophe* — пища) — организмами, использующими в качестве источника энергии органические питательные вещества. Для поддержания жизнедеятельности они захватывали из окружающей среды абиогенные органические вещества. Третичная атмосфера, в которой содержание CO_2 все возрастало, позволяла частично покрывать потребность в углероде за счет ассимиляции CO_2 .

Со временем происходило уменьшение содержания органических веществ в окружающей среде, поэтому преимущество получили те организмы, которые были способны синтезировать органические вещества из неорганических, используя дополнительные источники энергии. Такие организмы называли *автотрофами*.

Первыми появились организмы, способные использовать энергию химических процессов, — *хемотрофы*. По-видимому, первичные окислительные процессы, сопровождающиеся выделением энергии, необходимой для существования, шли за счет кислорода (которого еще не было в атмосфере), вырабатываемого самими организмами, а также содержавшегося в сульфатах, нитратах, нитритах и т. п.

Вторым, эволюционно самым важным способом получения энергии стало использование солнечного света. Первым шагом на этом пути была, вероятно, какая-то простая фотохимическая реакция. В дальнейшем это привело к возникновению **фотосинтеза**, т. е. способности использовать световую энергию для синтеза органических соединений из CO_2 и H_2O , выделяя при этом O_2 . Фотосинтез, возникнув примерно 2,5 млрд лет назад, привел к активному образованию органического вещества и свободного кислорода. На основе синтеза органического вещества смог возникнуть круговорот веществ между автотрофными и зависящими от них гетеротрофными организмами.

Уменьшение содержания одних соединений и увеличение концентрации других, изменение состава поверхностных слоев Земли, изменение атмосферы нашей планеты с тех пор определялось развитием живых организмов, т.е. биогенным процессом.

Вопрос о возникновении жизни на Земле тесно связан с проблемой существования жизни на других планетах. Приведенная выше последовательность событий, обусловившая возникновение жизни, скорее всего, не является единственно возможной и неизбежной, определяемой природой химических элементов и существовавшими

условиями. Но процессы ее возникновения, а особенно стадия «преджизни», были очень длительными. И в настоящий момент воспроизвести их на Земле вряд ли возможно. В пределах Солнечной системы следы жизни пока не обнаружены, а условия на ближайших к нам планетах вряд ли способствуют ее появлению.

Положительно отвечает на вопрос о распространении жизни во Вселенной гипотеза *панспермии*, предполагающая, что жизнь переносится с одного космического тела на другое. А в более узком смысле — **что жизнь занесена на Землю из космоса**. Согласно этой гипотезе живые организмы занесены на нашу планету с метеоритами и космической пылью. Однако до сих пор нет достоверных фактов, подтверждающих внеземное происхождение микроорганизмов, найденных в метеоритах. Кроме того, эта гипотеза не снимает вопрос о путях возникновения жизни на других космических объектах.

Таким образом, на основании современных знаний можно сделать однозначные выводы:

- 1) жизнь на Земле возникла абиогенным путем;
- 2) в настоящее время живое происходит только от живого (биогенно).

Формирование биосферы связано с появлением живых организмов. Это событие совершилось в архейскую эру. Первые живые организмы использовали для жизнедеятельности органические молекулы, растворенные в воде. С появлением автотрофных живых организмов, пища которых продуцировалась из неживой материи, возникла вероятность развития первых фотосинтезирующих клеток (типа цианобактерий), способных использовать световую энергию для синтеза биологически важных веществ из углекислого газа и воды, выделяя при этом свободный кислород. Для первых организмов кислород был ядовит в силу своей высокой окислительной способности, а соответствующие защитные биохимические системы отсутствовали.

В условиях бескислородной атмосферы и жесткого ультрафиолетового излучения распространение жизни было ограничено. Она могла существовать только под защитным слоем воды (по расчетам, не менее 10 м). Лишь появление кислорода в атмосфере и начало формирования озонового слоя сделали возможным существование организмов у поверхности водоемов и освоение суши. С выходом на сушу живых существ начала образовываться почва — продукт взаимодействия жизни с неорганическими соединениями верхнего слоя земной коры.

В архейскую эру жизнь разделилась на два основных ствола: царство *растений* (автотрофных организмов) и царство *животных* (гетеротрофных организмов). В протерозойскую эру произошло значительное перераспределение площадей суши и моря на планете и развитие многоклеточных организмов. В течение этой эры бактерии и водоросли достигли своего расцвета. Постепенно тело многоклеточных растений расчленялось на части, которые выполняли различные функции (прикрепления, фотосинтеза и т.д.). В этот период сформировались губки, кишечнотелостные, плоские и кольчатые черви, появились первые членистоногие, моллюски, иглокожие.

В период архея и протерозоя жизнь стала геологическим фактором. Живые организмы изменяли форму, состав земной коры, атмосферы и образовывали живую оболочку планеты — биосферу.

Около 600 млн лет назад началась палеозойская эра, которую подразделяют на ряд периодов: кембрий, ордовик, силур, девон, карбон, пермь (названия давались, как правило, по месту первого описания горных пород, относящихся к данному периоду).

В кембрийский период климат был умеренным. Животные и растения населяли в основном моря. В этот период, помимо одноклеточных, заселивших сушу, появляются первые наземные многоклеточные растения. Выход растений на сушу, по-видимому, был связан с достижением содержания кислорода в атмосфере примерно 10% от современного. Теперь озоновый экран был способен хотя бы частично защитить организмы от ультрафиолетового излучения. Заселение земной поверхности потребовало возникновения системы, передающей питательные вещества и влагу ко всем частям растения, а также дальнейшей дифференциации тела растений на стебель, корень и листья. Наиболее разнообразна была жизнь в морях. Среди растений господствовали различные водоросли, существовали уже все основные типы животных, кроме хордовых.

В период ордовика продолжалось развитие наземной флоры, появились первые плауны и хвощи. В морях шел интенсивный процесс образования рифов коралловыми полипами. В этот период появились и стали развиваться первые хордовые. Появление хватательного ротового аппарата вызвало их интенсивное развитие.

В силурийский период на сушу вышли первые дышащие воздухом животные — членистоногие. В водоемах продолжалось бурное развитие низших позвоночных. Особенно следует отметить появление парных плавников-конечностей у примитивных рыб. На суше интенсивно развивались растения. Накопление в почве большого

числа органических остатков привело к развитию грибов, способствовавших переработке таких остатков.

В период *девона* климат был резко континентальным, засушливым, с резкими колебаниями температуры в течение суток и по сезонам, появились обширные пустыни и полупустыни. Наблюдались и первые оледенения. В этот период большого расцвета достигли рыбы, заселившие моря и пресные воды. Поскольку многие наземные водоемы высыхали в летний период и промерзали зимой, рыб, населявших их, могли спасти два пути: зарывание в ил или миграция в поисках воды. По первому пути пошли двоякодышащие рыбы, у которых наряду с жаберным развилось легочное дыхание (легкое развилось из плавательного пузыря), по-второму — кистеперые рыбы. Их плавники имели вид лопастей, состоящих из отдельных костей с прикрепленными к ним мышцами. С помощью плавников рыбы могли ползать по дну. Кроме того, они тоже могли иметь легочное дыхание. Кистеперые рыбы дали начало первым земноводным — **стегоцефалам**. На суше в девоне появляются леса из гигантских папоротников, хвощей и плаунов.

В *каменноугольный* период, или *карбон*, произошло заметное потепление и увлажнение климата. В жарких болотистых лесах произрастали громадные (до 40 м) папоротники и хвощи. Появились голосеменные растения. Переход к семенному размножению давал растениям много преимуществ (защиту зародыша, снабжение его питательными веществами и др.). Расцвет древесной растительности привел к образованию больших пластов каменного угля — остатков гигантских растений. Большого разнообразия достигли стегоцефалы. Появились первые крылатые насекомые — тараканы (длиной до 10 см) и стрекозы (с размахом крыльев до 75 см). В конце периода появляются пресмыкающиеся.

Поднятие суши в *пермский* период привело к развитию засушливого климата и похолоданию. Влажные и пышные леса смешаются к экватору. Большинство папоротникообразных постепенно вымирает. Им на смену приходят голосеменные растения. Иссущение климата привело к вымиранию многих земноводных. Зато значительного разнообразия достигли пресмыкающиеся. Рептилии приобрели свойства, позволившие им стать настоящими наземными существами. В первую очередь это внутреннее оплодотворение, запас питательных веществ (желток) в защищенном оболочкой от высыхания яйце, ороговение кожи, усложнение легких. Благодаря этим приспособлениям рептилии широко расселились по суше.

Следующая эра истории Земли — **мезозойская** — подразделяется на три периода: *триас*, *юрский* и *меловой* периоды. Начало эры сопровождалось активным горообразованием — произошло возникновение Урала, Тянь-Шаня, Алтая. Это привело к дальнейшему усилению засушливости климата. Вымирает большинство влаголюбивых организмов: земноводные, папоротники, хвощи и плауны. Среди растений в период *триаса* господствуют голосеменные, среди животных — пресмыкающиеся. Появляются растительноядные и хищные динозавры, однако их размеры относительно невелики (мелкие — размером с кролика, крупные — до 5–6 м в длину). До наших дней дожили рептилии, появившиеся в триасе, — черепахи и ящерицы-гаттерии (живут в Новой Зеландии). В морях развиваются разнообразные головоногие моллюски. Изобилие рыб и моллюсков позволило рептилиям (ихтиозаврам) освоить водную среду. В конце триаса появляются первые примитивные млекопитающие, имевшие, в отличие от рептилий, постоянную температуру тела. Зверьки были, по-видимому, яйцекладущими, как современные утконос и ехидна.

В *юрский* период на Земле устанавливается теплый климат, близкий к современному тропическому. На суше появляются гигантские растительноядные динозавры (до 30 м) и охотившиеся на них хищные динозавры (до 10–15 м длины). Разнообразны были морские пресмыкающиеся. Рептилии начали осваивать и воздушную среду, появились летающие ящеры — птеродактили. Одновременно с этим появились первые птицы, сумчатые млекопитающие, первые покрытосеменные растения, после чего начался процесс параллельной эволюции цветковых растений и насекомых-опылителей.

Меловой период получил название в связи с обилием мела в морских отложениях того времени, которые образовались из раковинок простейших животных. Накопление этих отложений, состоящих в основном из углекислого кальция, привело к уменьшению содержания углекислого газа в атмосфере. В этот период быстро распространяются цветковые растения, вытесняя голосеменные. Некоторые формы (тополя, ивы, дубы, пальмы, эвкалипты) сохранились и поныне. Динозавры мелового периода отличаются от предшественников. Некоторые из них стали передвигаться на задних ногах. По-прежнему встречались гигантские формы. Продолжалось развитие птиц. К концу мелового периода появились плацентарные млекопитающие. В конце эпохи мела наступает процесс интенсивного горообразования, поднимаются Альпы, Анды, Гималаи, Кавказ. Климат стал резко континентальным и более холодным. Это

привело к вымиранию всех крупных форм пресмыкающихся. Большинство выживших рептилий (ящерицы, змеи) были небольших размеров, лишь в экваториальном поясе сохранились довольно крупные крокодилы. В условиях общего похолодания преимущество получили теплокровные животные — птицы и млекопитающие.

Кайнозойская эра, продолжающаяся и в настоящее время, — эра расцвета цветковых растений, насекомых, птиц и млекопитающих. Кайнозой делится на два неравных периода: *третичный* и *четвертичный*.

В *третичный* период устанавливается теплый равномерный климат. Широко распространяются леса — субтропические и тропические. Развиваются плацентарные млекопитающие, которые вытесняют сумчатых почти со всех континентов. Наиболее примитивными были насекомоядные млекопитающие, от которых произошли первые хищные и приматы. Древние хищные дали начало копытным. Часть млекопитающих начала завоевывать море — появились ластоногие и китообразные. К концу третичного периода сформировались все современные группы млекопитающих. Интенсивно развивались и различные насекомые, особенно связанные с цветковыми растениями. Произошло формирование многих видов птиц. Экосистемы начали приобретать современную структуру, в них складывались пищевые связи между различными классами и типами организмов.

В *четвертичный* период наступило похолодание, что привело к оледенению значительной части Земли. На место теплолюбивой растительности пришла холодоустойчивая — травяная и кустарниковая. Вымерли многие древесные растения, образовались обширные открытые пространства — степи. Часть млекопитающих также исчезла в процессе эволюции, а некоторые группы, например копытные, интенсивно развивались. Смена потеплений и похолоданий происходила неоднократно. Образование гигантских запасов льда на суше во время похолоданий приводило к понижению уровня Мирового океана, в результате чего возникали сухопутные мосты между материками. По этим участкам временной суши происходил обмен наземными животными и растениями. Все это определило тот видовой состав органического мира, который существует в настоящее время, а также создало современные экосистемы.

В *четвертичный* период, или *антропоген*, происходила интенсивная эволюция приматов. От одной из групп обезьян — австралопитеков — еще в конце третичного периода отделились предки современного человека. В процессе развития древнейших людей биологические факторы эволюции играли все меньшую роль, а основное

значение приобрели факторы социальные, действовавшие вместе с развитием *сознания*. Ход эволюции человека нельзя назвать прямым. В роду человека было несколько вымерших, тупиковых ответвлений. Но в итоге появился **Человек разумный** и современная цивилизация.

1.2. Особенности функционирования живых организмов и живых систем

Из известных к настоящему времени 108 химических элементов лишь немногие входят в состав живых организмов. В первую очередь это макроэлементы, имеющиеся в больших количествах в природе и необходимые для всех биологических объектов: Н, С, О, N, S, P, Са, Mg, К, Fe, а для животных еще и Na и Cl. В меньшей степени для жизнедеятельности организмов используются микроэлементы Cu, Mn, Zn, Mo, Co, а также F, J, Se (для животных) и В (для растений).

Для химической основы жизни наибольшее значение имеют минеральные соли и соответствующие катионы и анионы: ионы натрия и калия обеспечивают электрический разряд на мембранах клеток и передачу электрических импульсов по нервам и мышцам, управляя таким образом их работой; ионы кальция являются основой костной ткани, а также участвуют в сокращении мышц; фосфор входит в органические соединения — биологические аккумуляторы энергии и (вместе с кальцием) в состав костей скелета; ионы хлора вместе с ионами натрия создают осмотическое давление в крови, лимфе и плазме. Соляная кислота, которая выделяется в желудке человека и животных, играет важную роль в пищеварении. Железо содержится в пигменте крови — гемоглобине, который является переносчиком кислорода. Железо и медь входят в состав переносчиков электронов в производящих энергию клеточных органеллах — митохондриях, а также входят в состав некоторых ферментов. Магний составляет основу молекулы хлорофилла и обеспечивает главную фотохимическую реакцию в живых организмах — синтез органических веществ из углекислого газа и воды.

Йод является элементом такого важного соединения, как гормон щитовидной железы. Недостаток йода в пище вызывает тяжелое заболевание — эндемический зоб. Это заболевание, вызванное недостатком йода в почве, распространено в ряде районов земного шара, например на Урале, в Карпатах и других регионах. Соединения йода с калием помогают защищать организм человека от воздействий ионизирующего излучения. В составе витамина В₁₂ содержится

кобальт. Некоторые жизненно важные ферменты и гормоны, например инсулин, содержат цинк.

В количественном отношении первое место среди химических соединений занимает вода (в организме человека ее около 60%, а у медузы — более 96%). Вода служит растворителем, средством внутреннего транспорта и средой для большинства процессов обмена веществ. Значительная часть остальных неорганических компонентов находится в водном растворе.

Число органических соединений, состоящих главным образом из С, Н, О, N, S и Р, в живых организмах чрезвычайно велико. Они принадлежат в основном к четырем классам — *белкам, нуклеиновым кислотам, углеводам и липидам (или жирам)*. У животных количественно преобладают белки, у растений — углеводы.

Рядом важных свойств и функций обладают *белки*: они участвуют в построении клеток и тканей, являются биологическими ферментами — катализаторами, гормонами, защитными веществами и проч. Белки участвуют в процессах трансформации энергии. Например, белки мышц реагируют с молекулами аденозинтрифосфорной кислоты и расщепляют в них богатую энергией химическую связь. Под воздействием высвобождающейся энергии происходит сокращение мышечного белка. Таким образом, химическая энергия при участии белков мышц превращается в энергию механическую — один вид энергии трансформируется в другой. Белки также могут служить источником энергии для клеток.

Если в организм животных и человека попадают вирусы или бактерии, то для защиты от них вырабатываются особые белки — антитела. Эти белки обезвреживают возбудителей болезней, задерживая их размножение в организме. Такой механизм сопротивления заболеваниям называется иммунитетом. Чтобы повысить иммунитет, в кровь вводят готовые антитела (вакцины), полученные от переболевшего животного или человека, т.е. от организма, в котором они уже выработаны. Белки составляют важную часть всех структур клеток и организмов. Кожа, мышцы, волосистой и шерстяной покров, эластичные стенки кровеносных сосудов и пр. представляют собой структуры, основу строения которых составляют белки. *Нуклеиновые кислоты*, как и белки, участвуют в процессах жизнедеятельности, в передаче наследственных признаков, а также и в синтезе белков.

В жизни организмов большую роль играют *углеводы*, среди которых выделяются простые сахара (моносахара): глюкоза, фруктоза, галактоза. Они имеют одну химическую формулу ($C_6H_{12}O_6$) и отли-

чаются только пространственной структурой молекулы. Глюкоза и фруктоза содержатся в составе фруктов и ягод. Галактоза входит в состав молочного сахара — лактозы. Молекулы глюкозы под действием ферментов могут соединяться в длинные и разветвленные полимерные цепочки — полисахариды — крахмал и гликоген. Крахмал является формой хранения запаса питательных веществ в растительных клетках. Из-за высокого содержания крахмала в пшенице, кукурузе, рисе, картофеле эти сельскохозяйственные культуры получили широкое распространение на нашей планете и являются важнейшими продуктами питания в большинстве стран. В клетках животных и человека накапливается гликоген. Этот полисахарид отличается от крахмала большей разветвленностью молекул. Особенно много гликогена содержится в клетках печени, а также в мышцах. Расщепление и окисление углеводов позволяет клетке получать химическую энергию.

Липиды (жиры) входят в клеточные структуры и клеточные мембраны, где, в соединении с белками, регулируют всасывание и выделение веществ клетками. Липиды, как и углеводы, являются для клеток источниками энергии и хранят запасы питательных веществ. В состав липидов входят глицерин и различные жирные кислоты. По мере необходимости липиды расщепляются ферментами, после чего жирные кислоты ступенчато окисляются, выделяя большое количество энергии. Конечными продуктами «горения» жиров являются углекислый газ и вода.

В состав клеток всегда входит небольшое количество разнообразных по составу органических веществ, регулирующих работу клетки, объединенных в группу под названием *витамины*. Эти жизненно важные соединения могут быть синтезированы только растениями и бактериями. В организм животных и человека они попадают с пищей. Большинство витаминов входит в состав белковой части ферментов. Сейчас известно более 20 витаминов, необходимых человеку. При отсутствии или недостатке какого-либо витамина нарушается работа определенных ферментов, ход биохимических реакций и нормальная жизнедеятельность клеток. Это приводит к заболеваниям (авитаминозам) и может даже вызвать гибель организма.

Физиологические признаки живого могут быть установлены на основе такого общего понятия, как жизнь. *Жизнь можно определить как активное, идущее с затратой полученной извне энергии поддержание и воспроизведение специфических структур.* Из этого определения вытекает необходимость постоянной связи организма с окружа-

ющей средой, осуществляемой путем обмена веществом и энергией. Иными словами, организм приспосабливается (адаптируется) к определенной среде. Отсюда вытекает ряд свойств живого, которые, однако, относительны.

Живые организмы способны **расти и развиваться**, т. е. увеличиваться в размерах и массе, с сохранением (или появлением) в ходе процесса общих черт строения, свойственных взрослому, т. е. способному размножаться, индивидууму (особи).

Каждый организм получает из окружающей среды необходимые ему вещества и энергию, а отдает в нее те вещества и энергию, которые не может использовать в результате *питания, дыхания и выделения*. Полученная извне энергия используется для поддержания упорядоченности биологических структур. Живые клетки, ткани или целый организм способны реагировать на внешние и внутренние воздействия, т. е. обнаруживать *раздражимость*, которая лежит в основе их приспособления к меняющимся условиям среды. Раздражимость проявляется на всех уровнях развития жизни и сопровождается изменениями в обмене веществ, электрического потенциала, состояния клеток. У высокоорганизованных животных раздражимость проявляется через высшую нервную деятельность (в том числе рефлексы) и сознание (у человека).

Непрерывность и преемственность жизни обеспечивают присущее всем организмам свойство воспроизведения себе подобных — *размножение*. Тесно связано с размножением и явление *наследственности* (передачи признаков организма от поколения к поколению), когда потомки, пройдя примерно такой же путь индивидуального развития, как и их родители, вновь оставляют похожее на себя потомство. Потомки напоминают предков не только внешне, но и по внутреннему строению. Без передачи по наследству химических особенностей организма внешнее сходство было бы невозможно. В неорганическом мире подобные явления отсутствуют.

Один из самых ярких признаков огромного числа живых организмов, в первую очередь животных, — *способность к движению*. Но далеко не все организмы проявляют свою *живую природу* заметными глазу человека движениями. Например, у грибов, деревьев, коралловых полипов и т. п. движение происходит внутри живого организма и служит для транспорта веществ от одной части тела к другой.

В неорганическом мире встречаются прообразы аналогичных признаков: рост кристаллов, притяжение металлических опилок к магниту, изгиб биметаллической пластинки при нагревании и т. п. Но у этих объектов отсутствует активная реакция на окружающую

среду, их действия не являются целенаправленными. Исключение составляют технические устройства, созданные человеком по принципу живых организмов. Органические вещества, выделенные из живых организмов или синтезированные в ходе экспериментов, также не проявляют свойств живого.

Приведенные выше признаки живых организмов, являясь необходимыми, не могут служить достаточными критериями для безошибочного разделения живой и неживой природы. К ним должны быть добавлены признаки структурной организации жизни. Живое выступает в форме определенных образований — живых организмов, обладающих сложной структурной организацией, в которой можно выделить *молекулярный, субклеточный, клеточный, органотканевый и организменный* уровни.

Молекулярный уровень организации отражает строение белков, их функции, роль нуклеиновых кислот в хранении и реализации генетической информации в процессах синтеза биологически важных соединений. На этом уровне организации ведутся основные исследования по биотехнологии и генной инженерии, поскольку многие свойства организма определяются именно этим уровнем.

Субклеточный, или надмолекулярный, уровень характеризует организацию, строение и функции различных клеточных структур — хромосом, митохондрий, рибосом и др. Каждая из этих клеточных структур во всех живых организмах несет свои, только ей присущие свойства для обеспечения жизнедеятельности клетки. Так, хромосомы отвечают за хранение и передачу наследственной информации (генетического кода); митохондрии снабжают клетку энергией для существования; хлоропласты, расположенные в растительных клетках и содержащие хлорофилл, превращают солнечную энергию в энергию химических связей; с участием рибосом происходит синтез белковых молекул, а специальные структуры — лизосомы содержат ферменты, расщепляющие биополимеры.

Клеточный уровень организации связан с морфологической организацией клетки, специализацией клеток в ходе развития организма, функциями клеточной мембраны, механизмами и регуляцией деления клеток. Исследования на этом уровне позволяют решать важнейшие проблемы медицины, в частности лечение онкологических заболеваний.

Органотканевый уровень организации отражает строение и функции отдельных органов и составляющих их тканей.

Организменный уровень связан с изучением особенностей и свойств самих им, как целому, черт строения, механизмов адаптации (приспособления) и поведения.

Разделение живой материи по уровням организации хотя и отражает объективную реальность, но в то же время является условным. Например, проблемы эволюции или индивидуального развития следует рассматривать с учетом молекулярного, субклеточного, клеточного и органотканевого уровней. Представляя собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, все уровни организации объединены в единую биологическую систему. Эта биологическая система обладает свойствами целостности (т. е. свойства системы не сводятся к сумме свойств элементов), относительной устойчивости, а также способностью к адаптации по отношению к внешней среде, развитию, самовоспроизведению и эволюции.

Происхождение всех земных существ от общего корня подтверждается далеко идущими совпадениями в их фундаментальных особенностях. В природе часто встречаются родственные признаки у чрезвычайно далеких друг от друга организмов. Основные черты сходства эволюционного единства всех живых существ проявляются по многим направлениям. Так, все организмы имеют очень близкий химический состав, в котором углерод выступает важнейшим строительным элементом. Например, в глюкозе содержание углерода достигает более 30%. Белковые молекулы всех организмов построены из одних и тех же 20 аминокислот, в то время как в тканях живых существ встречается более 100 аминокислот, не входящих в состав белков. Тела практически всех организмов состоят из клеток (исключение составляют вирусы). Клетки животных и растений построены по единому плану. Подавляющее большинство организмов имеет клетки с клеточным ядром. Основная схема строения ядра едина для животных и растений. Деление таких клеток осуществляется единым, непрямым способом, при этом дочерние клетки получают такое количество хромосом, которое содержалось в материнской клетке. Образованию половых клеток у всех животных и растений предшествует процесс редукции (уменьшения в два раза) числа хромосом. Принципы построения генетического кода едины для всех организмов. А механизм копирования наследственной информации у всех живых существ реализуется с помощью удвоения молекул нуклеиновых кислот. Кроме того, основные вещества, отвечающие за дыхание (хлорофилл у растений и гемоглобин у животных), очень близки по химическому составу.

Все эти данные свидетельствуют о единстве происхождения животных и растений, а также о родстве всех живых организмов, произошедших от общих предков.

1.3. Строение и функции биосферы. Круговорот веществ

Биосфера включает в себя все живое вещество планеты и среду его обитания. Впервые понятие «биосфера» (от греч. *bios* — жизнь, *sphaira* — шар) было введено в биологию французским натуралистом Ж.-Б. Ламарком в начале XIX в. Но основы науки о биосфере были заложены только в первой половине XX в. трудами академика В.И. Вернадского (1863–1945). В.И. Вернадский называл биосферой оболочку Земли, в пределах которой сосредоточено все живое вещество планеты. В этом смысле он различал газовую (атмосфера), водную (гидросфера) и каменную (литосфера) оболочки земного шара как составляющие биосферы, области распространения жизни.

1.3.1. Строение и функции биосферы

Состав, структура и энергетика современной биосферы обусловлены не только настоящей, но и прошлой деятельностью живых организмов. Исследуя строение и историю земной коры, В.И. Вернадский постепенно пришел к выводу о том, что в развитии земной коры ведущую роль играли живые организмы. Живое вещество и сегодня служит передаточным звеном между космосом и Землей, так как оно аккумулирует энергию космоса, трансформирует ее в энергию земных процессов (химическую, механическую, тепловую, электрическую), непрерывно обменивается веществом с косной (неживой) материей, обеспечивая образование нового живого вещества и определяя тем самым эволюцию биосферы. Неживые тела не способны самопроизвольно осуществлять столь сложные преобразования энергии в естественных процессах — они преимущественно рассеивают энергию в виде теплоты.

В.И. Вернадский много внимания уделял анализу вещества биосферы. Труды по этой проблеме представлены в монографии: *Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера* / Отв. ред. А.Л. Яншин. — М.: Наука, 1994. В одном из ее разделов «О некоторых основных проблемах биохимии» (с. 480–492) он отмечает, что, несмотря на сложность живого вещества, в нем можно выделить следующие компоненты:

- 1) живое вещество — совокупность всех живых организмов на планете (растений, животных, микроорганизмов);
- 2) биогенное вещество — вещество, создаваемое и перерабатываемое живыми организмами на протяжении геологической истории (каменный уголь, битумы, известняки, нефть и др.);

3) косное вещество (твердое, жидкое, газообразное) — вещество неорганического происхождения (в его образовании живое вещество не участвует);

4) биокосное вещество — вещество, которое создается одновременно в процессах жизнедеятельности живых организмов и в процессах неорганической природы, причем организмы играют ведущую роль (сюда относится почти вся вода биосферы, а также почвы, илы);

5) вещество, находящееся в процессе радиоактивного распада (радиоактивные элементы);

6) рассеянные атомы, непрерывно образующиеся из различных видов земного вещества под влиянием космического излучения;

7) вещество космического происхождения (космическая пыль, обломки метеоритов и т.д.).

Важнейшими компонентами биосферы являются первые четыре. Живое вещество, как наиболее активное (химически и геологически), участвует в образовании биогенных и биокосных веществ. Более того, оно создает и изменяет биосферу, проникая во все ее элементы, хотя и составляет весьма незначительную часть от объема планеты. В этой связи В.И. Вернадский в предисловии к американскому изданию своей книги «Биосфера и ноосфера» (1945) писал: «...Живое вещество сосредоточено в тонкой, более или менее сплошной пленке на поверхности суши в тропосфере, в лесах и полях, и проникает весь океан. Количество его исчисляется примерно 0,25% биосферы по весу» (с. 546 упомянутой выше монографии «Живое вещество и биосфера»). Роль живого вещества В.И. Вернадский оценивал следующим образом: «*Живые организмы являются функцией биосферы и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной геологической силой, ее определяющей. ... [Живое вещество] связано с окружающей средой биогенным током атомов: своим дыханием, питанием, размножением. Так выраженные явления жизни ... выявляются как огромный геологический процесс, геологическая сила планетного характера*» (см. Библиографический список к гл. I [1, с. 156—157]). Данные современной науки позволяют выделить пять основных функций биосферы: *энергетическую, газовую, концентрационную, деструктивную, средообразующую.*

Энергетическая функция выполняется за счет аккумуляции зеленой энергии растениями солнечной энергии в процессе фотосинтеза. Одна часть этой энергии перераспределяется между остальными компонентами биосферы, другая накапливается в отмершей органи-

ке, образуя залежи биогенного вещества (торфа, угля, нефти), а третья часть рассеивается.

Газовая функция обеспечивает газовый состав биосферы в процессах миграции и превращения газов, большая часть которых имеет биогенное происхождение.

Концентрационная функция заключается в избирательном извлечении и накоплении живыми организмами биогенных элементов из окружающей среды, обуславливая разницу в составе живого и косного вещества планеты. Благодаря этой функции живые организмы могут служить для человека источником как полезных (витаминов, аминокислот), так и опасных для здоровья веществ (тяжелых металлов, радиоактивных элементов, ядохимикатов).

Деструктивная функция обуславливает процессы, связанные с разложением мертвой органики, с химическим разрушением горных пород и вовлечением образовавшихся веществ в биотический круговорот. В результате этого образуются биокосные и биогенные вещества, происходит минерализация органики, т. е. превращение ее в косное вещество.

Средообразующая функция состоит в трансформации химических параметров среды в условия, благоприятные для существования организмов. Она обеспечивает газовый состав атмосферы, состав осадочных пород литосферы и химический состав гидросферы, баланс веществ и энергии в биосфере, восстановление нарушенных человеком условий обитания.

Появление на Земле человека привело к тому, что специфическая оболочка Земли — биосфера — начинает преобразовываться. Поверхность земного шара подвергается активному вмешательству и переустройству в интересах человека. Интенсивность преобразований увеличивается по мере развития человеческого общества, освоения новых источников энергии, роста научного знания. Эту стадию в эволюции биосферы В.И. Вернадский назвал *ноосферой, сферой разума*.

Это высшая стадия развития биосферы, связанная с возникновением и становлением в ней цивилизованного общества, с периодом, когда разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором развития. Среди функций ноосферы можно выделить функции, призванные служить сохранению и развитию здоровья человека, а также благополучия всего человечества. Однако современное состояние человеческого общества и отношение к природе заставляет задуматься о возможности перехода биосферы на эту стадию развития в обозримом будущем.

1.3.2. Круговорот веществ

В осуществлении функций биосферы по обеспечению жизнедеятельности организмов решающая роль принадлежит круговороту веществ, благодаря которому достигается динамическое равновесие и устойчивость биосферы в целом и отдельных ее частей. При этом в едином круговороте выделяют большой геологический круговорот, происходящий в результате действия абиотических факторов, а также малый биотический круговорот веществ в твердой, жидкой и газообразной фазах, происходящий при участии живых организмов.

Большой геологический круговорот происходит в течение сотен тысяч или миллионов лет. Он заключается в следующем: горные породы подвергаются разрушению, выветриванию и в конечном итоге смываются потоками воды в Мировой океан. Здесь они откладываются на дне, образуя осадочные породы, и лишь частично возвращаются на сушу с организмами, извлеченными из воды человеком или другими животными. Установлено, что в Мировой океан ежегодно выносятся 12 км^3 минерального вещества, в результате чего с поверхности континентов в среднем снимается слой толщиной около $0,08 \text{ мм}$. При таких темпах разрушения все континенты были бы уничтожены за $10\text{--}11$ млн лет. Однако это не происходит, так как в противовес процессу разрушения материков действует процесс подъема вещества из глубин земной мантии. Крупные медленные геотектонические изменения, процессы опускания материков и поднятия морского дна, перемещение морей и океанов приводят к тому, что морские отложения возвращаются на сушу и процесс начинается вновь.

Малый биотический круговорот является частью большого. Скорость протекания процессов здесь значительно выше. В единый биотический круговорот вовлечены все виды живых организмов, населяющих планету. Если рассматривать этот круговорот как единую замкнутую цепь, то любые растения, животные, микроорганизмы составляют отдельные звенья этой цепи. Связь отдельных звеньев выражается в том, что вещество и энергия, приобретенные каждым предшествующим звеном, далее потребляются и перерабатываются в последующем звене. Это происходит до тех пор, пока остатки вещества не возвращаются к исходному звену.

Растения могут рассматриваться как сложные органические машины, осуществляющие фотосинтез (процесс образования органического вещества с использованием таких обязательных исходных компонентов, как вода и углекислый газ, и с выделением кислорода).

Часть химической энергии, аккумулированной зелеными растениями, далее усваивается травоядными животными, а затем плотоядными, поедающими травоядных. Остатки мертвого органического вещества, образующегося после смерти живых организмов или в процессе их жизнедеятельности (например, опавшие ветки, листья и т.д.), разрушаются деструкторами (прежде всего микроорганизмами), с определенной скоростью поступают в почву, воду, воздух и вновь включаются в биотический круговорот. При этом часть вещества исключается из биотического круговорота и с помощью геохимических процессов закрепляется в осадочных отложениях или переносится в океан.

Существуют определенные колебания темпов круговорота в различных географических зонах и природных комплексах. Они определяются интенсивностью потока солнечной радиации, химическим составом атмосферы, периодическими изменениями наклона земной оси по отношению к Солнцу и т.д. Это приводит к дифференциации регионов биосферы. Она характеризуется максимальным количеством биомассы живого вещества в тропических, экваториальных областях, большим разнообразием там числа растительных и животных видов. В пустынях и полупустынях биомасса и разнообразие видов, лимитированные климатическими условиями, резко сокращаются, вновь увеличиваясь в умеренных широтах и уменьшаясь в приполярных зонах.

Рассмотрим круговороты наиболее значимых биогенных элементов.

Круговорот углерода. Углерод является одним из наиболее важных биогенных элементов, его часто называют «основой жизни» в биосфере за его способность образовывать многочисленные пространственные связи с другими химическими элементами и тем самым обеспечивать огромное разнообразие органических веществ.

Углерод, содержащийся в атмосфере в виде углекислого газа ($23,5 \cdot 10^{11}$ т), служит сырьем для фотосинтеза растений. Затем углерод с органическим веществом поступает к другим живым организмам. При дыхании растений и животных, а также при разложении мертвой органики в почве выделяется углекислый газ, в форме которого углерод и возвращается в атмосферу. Весь углекислый газ атмосферы оборачивается в процессе фотосинтеза за 300 лет.

Основная масса углерода аккумулирована в карбонатных отложениях дна океанов ($1,3 \cdot 10^{16}$ т), в кристаллических породах ($1,0 \cdot 10^{16}$ т), в угле и нефти ($3,4 \cdot 10^{15}$ т). Этот углерод принимает участие в большом геологическом круговороте. Относительно неболь-

шие количества углерода содержатся в растительных тканях ($5 \cdot 10^{11}$ т) и в тканях животных ($5 \cdot 10^9$ т). Этот углерод в процессе малого биотического круговорота поддерживает газовый баланс биосферы и жизнь в целом.

Антропогенное воздействие на цикл углерода связано со сжиганием топлива, выращиванием сельскохозяйственных растений и разведением домашних животных. Последние по своей биомассе существенно превышают биомассу диких животных и растений, что значительно меняет баланс углекислого газа в биосфере.

С середины XIX в. содержание CO_2 увеличилось на 22 % и продолжает расти в основном за счет увеличения сжигания ископаемого топлива. Увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере способствует развитию парникового эффекта, что может привести к глобальным изменениям климата. И хотя часть диоксида углерода поглощается биотой, его накопление в атмосфере в последние десятилетия намного превышает возможности живых организмов регулировать этот процесс.

Круговорот кислорода. Кислород имеет биогенное происхождение. Вся масса свободного кислорода Земли возникла и сохраняется благодаря жизнедеятельности зеленых растений суши и Мирового океана. Кислород является побочным продуктом процесса фотосинтеза. Скорость оборота кислорода (через процесс фотосинтеза) составляет около 2000 лет.

В настоящее время в атмосфере содержится около $(1,2-2,0) \cdot 10^{15}$ т кислорода. В результате фотосинтеза зелеными растениями ежегодно вырабатывается на суше $(0,7-1,0) \cdot 10^{11}$ т этого необходимого для жизни газа. Мировой океан за тот же период продуцирует около $4,0 \cdot 10^{11}$ т O_2 . Значительное количество кислорода используется в процессах дыхания гетеротрофных организмов. Скорость потребления кислорода в этих процессах составляет примерно $0,22 \cdot 10^{11}$ т/год.

Другой источник кислорода в атмосфере — процесс фотодиссоциации молекул воды — мало влияет на баланс этого газа, так как таким путем ежегодно образуется примерно $2 \cdot 10^6$ т O_2 .

Интенсивное сжигание органического топлива приводит к вмешательству человека в процесс круговорота кислорода. Ежегодное потребление кислорода при использовании различных видов органического топлива в мире оценивается в $(0,9-1,0) \cdot 10^{10}$ т. Следует заметить, что во многих государствах мира кислорода расходуется больше, чем выделяется растениями при фотосинтезе в соответствующих регионах. Это свидетельствует о локальном нарушении баланса

кислорода в атмосфере на этих территориях, что может иметь серьезные экологические последствия.

Круговорот фосфора. Фосфор — один из наиболее важных биогенных элементов, он входит в состав нуклеиновых кислот, клеточных мембран, систем переноса энергии в клетках (аденозиндифосфорной (АДФ) и аденозинтрифосфорной (АТФ) кислот). Содержание фосфора в биомассе и земной коре 0,1%. Фосфор усваивается растениями из почвы в виде растворов, переходит далее по пищевым цепям к животным и возвращается в почву в виде фосфатов.

Основными источниками неорганического фосфора являются изверженные или осадочные породы. Содержащийся в них фосфор выщелачивается, растворяется в воде и выносится в Мировой океан, где отлагается в мелководных и глубоководных осадках. Этот поток составляет примерно $1,4 \cdot 10^7$ т/год.

В пищевых цепях водных экосистем фосфор переходит от фитопланктона к рыбам, а затем к морским птицам. Обратный вынос фосфора с продуктами рыбного лова и жизнедеятельности птиц составляет значительно меньшую величину — примерно $4,0 \cdot 10^5$ т/год. Цикл далеко не идеален и составляет слабое место в биосфере. Любые воздействия на биогеохимический круговорот фосфора могут привести к серьезным локальным последствиям.

Важнейшей формой влияния человека на круговорот фосфора является производство и использование фосфорных удобрений и детергентов (синтетических моющих средств). Искусственное внесение фосфатных удобрений для обеспечения роста растений составляет около $7 \cdot 10^7$ т/год, что сопоставимо с естественным его вымыванием в океан. Избыток фосфорных удобрений вымывается в водоемы и исключается из круговорота. Правда, значительная часть фосфора возвращается на сушу в результате вылова рыбы, часть которого идет на удобрения, и с экскрементами птиц (гуано). Но оставшейся части фосфора вполне достаточно для нарушения естественного баланса веществ в водоеме. Избыток фосфора в водоемах приводит к сильному росту сине-зеленых водорослей, которые вырабатывают большое количество токсинов. Как следствие этого, уменьшается количество растворенного в воде кислорода, нарушается нормальная жизнедеятельность водоема, происходит его заболачивание, гибнут птицы и животные, живущие в нем рыбы.

Круговорот азота. Круговорот азота в целом следует за углеродом, вместе с которым азот участвует в образовании белковых структур. Большая часть биосферного азота содержится в атмосфере ($4,0 \cdot 10^{15}$ т). Это главный источник азота для органических соедине-

ний. Переход его в доступные живым организмам формы может осуществляться разными способами. Например, электрические разряды при грозах способствуют синтезу оксидов азота, которые затем с дождевыми водами попадают в почву в виде селитры или азотной кислоты и усваиваются растениями.

Усваивать непосредственно атмосферный азот способны только некоторые виды организмов: сине-зеленые водоросли, бактерии. Отмирая, они обогащают почву органическим азотом, который быстро минерализуется. Таким образом, ежегодно в почву поступает до 25 кг азота на 1 га почвы (для сравнения: путем фиксации азота разрядами молний — от 4 до 10 кг/га). Наиболее эффективная фиксация осуществляется бактериями, формирующими симбиоз с бобовыми растениями. Они способны фиксировать атмосферный азот и делать его доступным корням растений. Таким образом, в почве может накапливаться азота до 150–400 кг/га. Общая фиксация азота всеми этими организмами составляет 10^9 т/год. Вынос азота в Мировой океан после разложения микроорганизмами составляет около 10^9 т/год. Круговорот азота в биосфере — процесс медленный, скорость его по некоторым оценкам составляет 10^8 лет.

Воздействие человека на цикл азота, во-первых, связано с производством азотных удобрений. Искусственное внесение в почву азотсодержащих удобрений достигает $3,0 \cdot 10^7$ т/год. Воздействие их на экосистемы аналогично воздействию фосфора: большое количество азота в водоемах способствует усиленному росту сине-зеленых водорослей и последующему заболачиванию водоема.

Во-вторых, в результате сжигания органического топлива на теплоэлектростанциях и транспорте, в промышленных и бытовых печах в продуктах сгорания оказывается большое количество оксидов азота. Последние, поступая в атмосферу, взаимодействуют с водой и другими веществами, образуя кислотные дожди, смог. Кроме того, являясь сильными токсикантами, оксиды азота, попадающие на слизистые оболочки дыхательных путей, создают условия для развития заболеваний органов дыхания.

Круговорот серы. Содержание серы в живых организмах незначительно, но она входит в состав белка и тем самым играет существенную роль в протекании биохимических процессов.

Основная часть серы зафиксирована в литосфере в виде различных соединений. Источником серы в геологическом прошлом служили продукты извержения вулканов, содержащие SO_2 и H_2S . Растения усваивают раствор сульфатов в воде, и, таким образом, сера

попадает в состав белков. Животные же получают серу, входящую в состав готовых органических соединений, с пищей.

Круговорот серы также находится под влиянием антропогенной деятельности. В органическом топливе всегда, хотя и в малых количествах, содержится сера, при сжигании которого она переходит в диоксид серы — токсичное для живых организмов вещество. Диоксид серы может подавлять процесс фотосинтеза, а при взаимодействии с водой атмосферы, образовывать сернистую кислоту, увеличивая кислотность осадков. Антропогенный источник серы в атмосфере составляет до 12,5% ее общего содержания.

Круговорот воды. Вода — необходимое вещество в составе любых живых организмов. Так же как и биогенные элементы, вода в биосфере находится в процессе постоянной циркуляции. Круговорот воды происходит по следующей схеме. Вода испаряется в атмосферу с водных поверхностей, из почвы, путем транспирации (испарения с поверхности листьев растений). Поднимаясь в атмосферу и охлаждаясь, водяной пар конденсируется, образуя атмосферную влагу, которая переносится воздушными массами и выпадает вновь на землю в виде дождя, града или снега. Таким образом, в процессе круговорота вода может переходить из одного агрегатного состояния в другое.

Круговорот воды основан на том, что суммарное испарение компенсируется выпадением осадков. При этом с поверхности океана испаряется воды больше, чем возвращается с осадками. На суше, наоборот, больше выпадает осадков, чем испаряется влаги. Излишек воды на суше стекает в реки, озера, а оттуда снова в океан, поддерживая общий баланс.

На основе геологического круговорота воды с появлением на Земле живого вещества появился биотический круговорот. Большое значение в биотическом круговороте воды имеют процессы транспирации. С влагой растения потребляют из почвы минеральные и органические вещества, процесс транспирации регулирует температуру растений, предохраняя их от перегрева. Объемы воды, проходящие через биомассу, огромны. Например, для образования 1 т биомассы пшеницы необходимо 300–500 м³ воды. Количество воды, испаряющейся за день с поверхности листьев одной березы, — 0,075 м³, липы — 0,2 м³, а 1 га березняка, масса листьев которого составляет около 5000 кг, испаряет за день примерно 47 м³ воды.

Знание круговоротов веществ на Земле имеет большой практический смысл, так как они существенно влияют на жизнь человека и в то же время подвергаются влиянию со стороны человека. Послед-

ствия этих воздействий стали сравнимы с результатами геологических процессов. Возникают новые пути миграции элементов, появляются новые химические соединения, существенно изменяются скорости оборота веществ в биосфере.

1.4. Энергетика биосферы и трофические цепи

Все процессы преобразования веществ в ходе круговоротов требуют затрат энергии. Живые организмы для своего существования также должны постоянно расходовать и пополнять энергию. Ни один организм не способен продуцировать энергию, она может быть получена только извне.

Первичным источником энергии, используемой биосферой, является Солнце. От этого источника Земля получает около 99% энергии, причем это количество составляет около $4 \cdot 10^9$ от суммарной энергии, излучаемой Солнцем. Энергия этого излучения усваивается в процессе фотосинтеза, затем трансформируется в химическую энергию биологических молекул и, в конце концов, рассеивается в космическом пространстве в виде теплового излучения. Солнечная энергия в той или иной форме фиксировалась на Земле в течение большей части ее эволюции, насчитывающей около 4,5 млрд лет. Распределение солнечной энергии в зависимости от широты определяет положение основных климатических зон, т. е. устанавливает пределы существования различных форм жизни. В перераспределении солнечной энергии важная роль принадлежит атмосфере и Мировому океану.

Поток солнечной энергии мощностью $173 \cdot 10^{12}$ кВт подводится к внешней границе тропосферы (рис. 1.3). В среднем около 30% этого излучения рассеивается твердыми частицами атмосферы или же непосредственно отражается облаками. Эта часть энергии теряется и не участвует в циркуляции атмосферы. Примерно 20% солнечного излучения, проходя через атмосферу, поглощается. Из них 1–3% излучения, в основном ультрафиолетового, поглощается в верхних слоях атмосферы молекулами озона O_3 . Это поглощение защищает биосферу от губительного действия ультрафиолетовых лучей. Излучение с длиной волны более 1 мкм поглощается в основном водяными парами, частицами пыли и капельками воды в облаках.

Около 50% солнечного излучения достигает поверхности суши и океанов. Часть этого излучения сразу отражается и направляется обратно в космическое пространство. Это коротковолновое излучение не меняет в процессе отражения длины волны. Остальное излу-

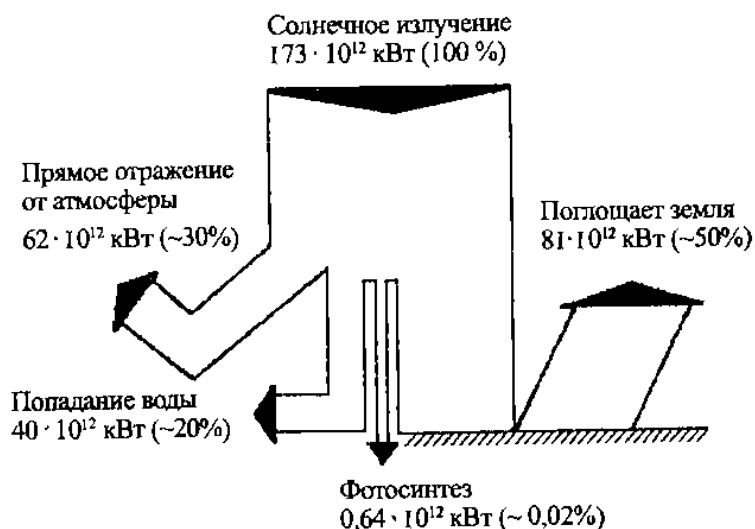


Рис. 1.3. Распределение потоков солнечной энергии в биосфере

чение поглощается сушей и океаническими водами, распространяется вглубь, превращаясь в тепловую энергию, затрачивается на испарение воды. Глубина, на которую это тепло может распространяться, зависит от свойств поглощающей поверхности. В океане толщина прогретого слоя иногда превышает 100 м. Перенос энергии в земной коре происходит за счет молекулярной теплопроводности и представляет собой более медленный процесс. На глубине 0,5 м суточные изменения температуры едва заметны. Поток энергии, достигающий поверхности Земли и поглощенный ею, в конце концов, излучается обратно в виде длинных инфракрасных волн. Соотношение между этими двумя потоками зависит от характера поверхности, ее отражательной способности, высоты Солнца над горизонтом и др.

Количество солнечной энергии, поступающей в живые организмы, ничтожно мало по сравнению с общим потоком энергии, достигающей поверхности Земли. В процессе фотосинтеза, протекающего в клетках зеленых растений, связывается всего около 0,02% энергии, получаемой от Солнца. Однако за счет этой энергии может синтезироваться несколько тысяч граммов сухого органического вещества на 1 м^2 земной поверхности в год. Более половины энергии, связанной при фотосинтезе, тут же расходуется в процессе дыхания самих растений. Остальная часть энергии запасается — идет для наращивания биомассы.

Таким образом, первичная продукция на Земле создается в клетках зеленых растений и некоторых бактерий под воздействием солнечной энергии. Животные не могут осуществлять реакции фотосин-

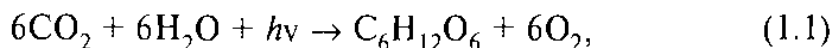
теза и вынуждены использовать солнечную энергию опосредованно, через органическое вещество, созданное фотосинтетиками. Фотосинтез в зеленых растениях определяет существование всех высших форм жизни, поскольку кислород в атмосфере Земли образован именно в результате фотосинтеза.

Суть фотосинтеза состоит в следующем. Клетки зеленых растений содержат особые органеллы — хлоропласты. Типичная растительная клетка содержит 50–200 хлоропластов, каждый длиной около 1 мкм. Хлоропласты состоят из бесцветной цитоплазматической основы и зеленого пигмента хлорофилла. Вода, всасываемая корнями растения, поднимается по капиллярам ствола, стебля и ветвей к листьям, где попадает в клетки к хлоропластам. Кроме того, лист хорошо приспособлен для поглощения углекислого газа. В верхнем защитном слое листа (эпидермисе) имеются особые образования — устьица, состоящие из двух клеток. Клетки могут отходить друг от друга, открывая находящуюся между ними своеобразную «щель», сквозь которую и проникает в растение углекислый газ. Днем устьица под влиянием света обычно открыты, а ночью закрыты. Устьица регулируют поступление CO_2 в растение и сопутствуют испарению воды с поверхности листьев (транспирации).

Фотосинтез представляет собой сложную окислительно-восстановительную реакцию, при которой из диоксида углерода и воды синтезируются молекулы сахаров (в частности, глюкозы) с выделением свободного кислорода.

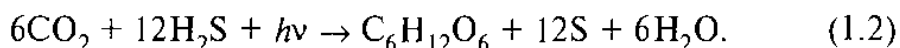
Для образования органических веществ необходима энергия, которая поступает на Землю от Солнца в виде фотонов (квантов энергии). Фотон солнечного света взаимодействует с молекулой хлорофилла, в результате чего высвобождается электрон одного из ее атомов. Этот электрон перемещается внутри хлоропласта и взаимодействует с молекулой аденозиндифосфорной кислоты (АДФ). В результате взаимодействия молекула АДФ получает дополнительную энергию, достаточную для превращения ее в молекулу аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) — вещества, являющегося энергоносителем клетки. Возбужденная молекула АТФ в живой клетке, содержащей воду и углекислый газ, способствует протеканию реакции образования глюкозы и кислорода. При этом АТФ утрачивает часть энергии и превращается опять в АДФ. Затем процесс повторяется вновь с использованием следующего фотона света.

В действительности процесс фотосинтеза значительно сложнее, он протекает многостадийно. Суммарное уравнение имеет следующий вид:



где $h\nu$ — квант световой энергии; энергия фотона равна произведению постоянной Планка ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с) на соответствующую частоту колебания электрона — ν .

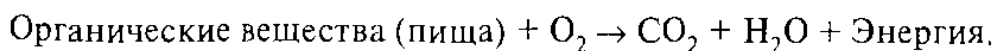
У всех зеленых растений реакции фотосинтеза идентичны. Однако у некоторых бактерий в процессе эволюции выработались иные биохимические пути синтеза глюкозы. Так, серные бактерии, относящиеся к группе хемосинтетиков, получают необходимые компоненты для синтеза из сероводорода, а не из воды:



Характерно, что синтез органического вещества бактериями может осуществляться как с использованием света, так и без него. В этом случае энергия, требуемая для протекания процесса хемосинтеза, получается при окислении сероводорода до серы или сульфата (SO_4^{2-}). Особую группу хемосинтетиков образуют нитрифицирующие бактерии. Они получают энергию за счет окисления таких соединений, как аммиак, водород, без участия энергии Солнца. Ферробактерии окисляют двухвалентное железо до трехвалентного и затем используют выделяющуюся при этом энергию на восстановление CO_2 .

Итак, в процессе фотосинтеза энергия излучения преобразуется в химическую энергию соединений углерода. В дальнейшем эти высокоэнергетические соединения расщепляются вновь до образования углекислого газа и воды с выделением энергии. Процессы окисления органических соединений кислородом из воздуха называются дыханием. Дыхание — это источник энергии, расходуемой клеткой на все ее нужды. Он свойственен как самому растению, так и тем организмам, которые это растение поедают и разлагают. Процесс дыхания зеленых растений протекает круглые сутки (в отличие от фотосинтеза, протекающего на свету), интенсивность его значительно ниже процесса фотосинтеза. Энергия, выделяемая при дыхании, используется для роста, развития и других процессов жизнедеятельности.

В организм животного окисляемые вещества попадают с пищей в виде белков, жиров, углеводов. В 1780 г. Лавуазье показал, что дыхание и горение имеют единую природу. Топливо, т. е. окисляемые вещества, взаимодействует с кислородом, потребляемым организмом из воздуха, и сгорает до образования CO_2 и H_2O :



Освобождаемая энергия преобразуется в химическую энергию АТФ, которая используется затем во всех физико-химических процессах, протекающих в живом организме, — процессах синтеза белков и нуклеиновых кислот, транспорта веществ и в непосредственном движении, т. е. работе мышц.

Таким образом, *фотосинтез и дыхание — это два противоположных процесса в природной среде, которые составляют основу энергетических процессов в биосфере.*

Взаимодействие живых организмов с компонентами биосферы (литосферой, атмосферой, гидросферой) происходит путем обмена, питания, дыхания и выделения продуктов метаболизма. Все организмы неодинаковы с точки зрения ассимиляции ими веществ и энергии. Растения используют солнечную энергию, осуществляя процесс фотосинтеза, а животные потребляют органические вещества, созданные растениями-*фотосинтетиками*. Поэтому все живые организмы *по способу питания* можно разделить на два класса: *автотрофные* и *гетеротрофные* организмы.

Автотрофные организмы, т. е. самопитающиеся, поглощают энергию Солнца и вещества из окружающей среды, создают органические вещества из неорганических. К ним относятся зеленые растения, водоросли и некоторые бактерии.

Гетеротрофные организмы используют в качестве пищи готовые органические вещества, т. е. питаются другими животными организмами, растениями или их плодами. К ним относятся травоядные, хищники и человек.

Выделяют еще **миксотрофные организмы**, которые в зависимости от условий внешней среды могут сочетать автотрофный и гетеротрофный режимы питания. Например, водные одноклеточные организмы при хорошей освещенности питаются автотрофно, а в темноте переходят к гетеротрофному способу.

Необходимость создания направленного потока энергии и круговорота веществ приводит к определенным ограничениям в подборе видов, которые могут составить *биоценоз* (био... + греч. *koinos* — общий) — *сообщество животных, растений и микроорганизмов, населяющих участок среды обитания с более или менее однородными условиями жизни*. Эти виды должны быть связаны между собой процессами обмена веществом и энергией, т. е. пищевыми взаимоотношениями. В результате возникают *пищевые, или трофические, цепи* (от греч. *trophē* — пища). *Пищевая цепь — это последовательный перенос вещества и энергии от их источника — зеленого растения — через ряд других организмов на более высоких трофических уровнях, т. е. путем поедания одних организмов другими.*

Биотический круговорот происходит в природной системе, объединяющей на основе обмена веществ и энергии сообщество живых организмов (биоценоз) с неживыми компонентами — условиями обитания. Такая система получила название биогеоценоз (греч. *geo* — земля). В ней обмен веществом и энергией обеспечивается взаимодействием трех групп организмов.

Первая группа — *продуценты*, или производители (от лат. *produsent* — производить). К ним относятся *автотрофные* организмы, производящие пищу в процессе фото- или хемосинтеза, т. е. первичные органические вещества.

Вторая группа представлена *консументами*, т. е. потребителями (от лат. *consumo* — потреблять), — *гетеротрофными* организмами, главным образом животными, поедающими другие организмы. Различают первичных консументов (животных, питающихся зелеными растениями, травоядных) и вторичных консументов (хищников, плотоядных, которые поедают растительноядных). Вторичный консумент может служить источником пищи для другого хищника — консумента третьего порядка и т. д.

Третья группа — *редуценты*, или *деструкторы* (*reducens* — возвращать). Это гетеротрофные организмы, разлагающие органические остатки всех трофических уровней (остатки пищи, мертвые организмы). К ним относятся грибы, бактерии, беспозвоночные (например, черви). Минеральные вещества и диоксид углерода, образующиеся при деятельности *редуцентов*, опять поступают в воду, воздух и почву, а затем — в распоряжение *продуцентов*.

В данной классификации человек оказывается хищником, потребляющим растительную и животную пищу, т. е. занимает промежуточное положение между первичными и вторичными консументами. Он стоит в конце большинства пищевых цепей.

Таким образом, каждый организм в природе в том или ином виде служит источником питания для ряда других организмов. В результате последовательного перехода органического вещества с одного трофического уровня на другой происходят круговорот веществ и передача энергии в биоценозе (рис. 1.4). При этом органические вещества, переходя с одного трофического уровня на другой, частично исключаются из круговорота, в результате чего происходит накопление органических соединений в виде залежей полезных ископаемых (торфа, угля, нефти, газа и др.).

Трофическая цепь в биоценозе — это цепь энергетическая. Первичным источником энергии всех биосистем является Солнце, которое обеспечивает жизнь. Различные элементы биоценоза не гене-

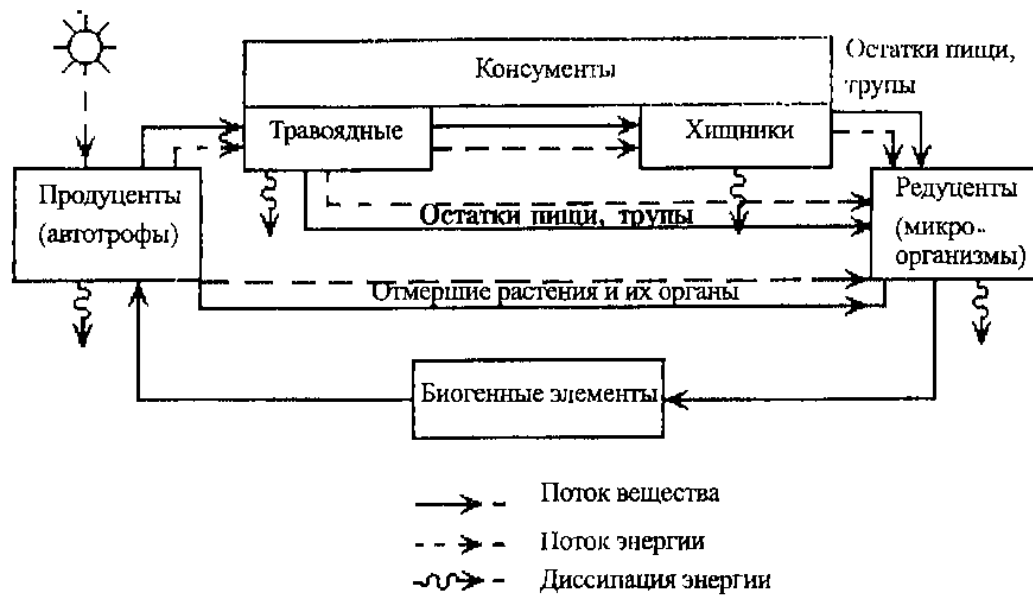


Рис. 1.4. Схема трансформации энергии в биоценозе

рируют энергию, все они последовательно превращают лучистую энергию в энергию химических связей. Усвоенная консументами из пищи энергия расходуется на дыхание, совершение работы и поддержание жизнедеятельности; некоторая ее часть идет на рост и размножение.

В силу второго закона термодинамики процесс передачи энергии неизбежно связан с диссипацией (рассеиванием) энергии на каждом трофическом уровне, т. е. с ее потерями и возрастанием энтропии. КПД процессов преобразования энергии всегда меньше единицы. Определенная доля энергии теряется при отмирании организмов, а также не усваивается из пищи. Все элементы биоценоза частично диссипируют высокосортную энергию в тепло в процессе дыхания и совершения работы.

Однако при всем разнообразии расходов энергии максимальные затраты идут на дыхание. В сумме с неусвоенной пищей они составляют до 90% от потребленной энергии. Тогда результирующий поток энергии, переходящий на следующий, более высокий трофический уровень, составляет в среднем около 10% энергии, полученной данным уровнем. В результате на верхние трофические уровни (к хищникам) переходит всего тысячная доля процента от энергии зеленых растений.

Описанная закономерность называется обычно «*правилом десяти процентов*». Конечно же, оно является ориентировочным, но при этом ярко иллюстрирует, насколько низок КПД всех биологических систем и велико значение процессов диссипации энергии в биосфере.

В результате рассеивания энергии ее количество, доступное для потребления, падает по мере возрастания трофического уровня организма. Это приводит к тому, что цепи питания не могут быть длинными: чаще всего они состоят из 4–6 звеньев. Например, трава–заяц–лиса или трава–муха–лягушка–цапля–лиса. Однако такие линейные цепи в чистом виде в природе практически не встречаются. Первое трофическое звено – растение – может служить источником питания нескольким видам консументов, причем те, в свою очередь, также могут являться составной частью нескольких различных пищевых цепей. Например, заяц как консумент 1-го порядка может служить пищей нескольким хищникам: лисе, волку и др. В результате в биоценозе формируются сложные пищевые, или трофические, сети. Более сложные сети характеризуются повышенной надежностью и более интенсивным круговоротом веществ.

Цепи питания не всегда могут быть полными. В них могут отсутствовать растения (продуценты). Такая цепь характерна для сообществ, формирующихся на базе разложения трупов животных или растительных остатков. Кроме того, могут отсутствовать (или быть представленными небольшим количеством) животные. Например, в лесах отмирающие растения или их части сразу используются в пищу редуцентами, которые разлагают органические вещества до исходных минеральных веществ и CO_2 , завершая круговорот.

Миллиарды лет потребовалось Природе, чтобы создать уникальную среду для обитания живых организмов – биосферу, охватывающую нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы. Уникальность биосферы состоит в том, что в результате эволюционных процессов в ней были созданы условия для возникновения жизни и развития живого вещества планеты, включающего растительные и животные организмы, все человечество и другие составляющие органического и неорганического мира, которые обеспечивают жизненные процессы. Среди этих условий главными являются: условия, определившие формирование фотосинтеза – процесса, способного создавать под воздействием солнечной энергии органическую массу зеленых растений и некоторых бактерий. В процессах фотосинтеза, стоящих у истоков жизни, заключается основная функция биосферы, которая обеспечивает не только связывание солнечной энергии, но и ее накопление. Не менее важными являются условия, в результате которых в биосфере сформировались и существуют круговороты отдельных веществ и химических элементов, обеспечивающие решение задач по передаче энергии и веществ не только в отдельных биоценозах, но и во всей биосфере.

Под влиянием человеческой деятельности естественно-эволюционная тенденция развития биосферы может быть нарушена. Признаки такого нарушения наблюдаются в виде деформации озонового слоя, потери прозрачности атмосферного воздуха, развития парникового эффекта и пр. Более глубокое познание закономерностей биосферных процессов с учетом результатов и последствий деятельности людей в удовлетворении их растущих жизненных потребностей позволит изменить подходы к организации производственной деятельности и использованию природных ресурсов и, таким образом, ускорить переход к новой стадии в эволюции биосферы, развитие которой будет определяться иным, ноосферным мировоззрением.

Контрольные вопросы

1. Как характеризуются основные этапы формирования биосферы?
2. Когда и каким образом произошло возникновение первых сложных органических систем?
3. Как можно охарактеризовать основные признаки живого?
4. Какие основные компоненты биосферы выделял В.И. Вернадский?
5. В чем состоит роль живых организмов в развитии биосферы?
6. Перечислите и охарактеризуйте основные функции биосферы.
7. Что называется круговоротом веществ? В чем суть большого и малого круговоротов фосфора, углерода, азота, кислорода, серы, воды? Как проявляется воздействие человека на циклы этих элементов?
8. Как происходит распределение солнечной энергии в биосфере?
9. Как происходит передача энергии и вещества в биоценозе? Какие группы организмов обеспечивают биотический круговорот веществ?

Глава 2. ЭКОСИСТЕМЫ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ

Экологические системы разных уровней представляют собой основные функциональные единицы биосферы. Эти надорганизменные объединения включают организмы и неживое (косное) окружение, находящиеся во взаимодействии, без которого невозможно поддержание жизни на нашей планете. Будучи энергетически и структурно открытыми системами, они находятся в статистическом, подвижном равновесии — *гомеостаз(ис)е* (от греч. *homoios* — подобный, *stasis* — стояние) благодаря особой структурно-функциональной организации всех своих компонентов. При этом различают

структурно-физическую организацию — пространственное размещение компонентов, и временную организацию — динамику деятельности отдельных частей. Очень важен функциональный аспект организации, или принципы взаимодействия компонентов. В целом организация проявляется в размещении, группировке и взаимосвязях масс живых и косных тел, что позволяет экосистеме оптимально осуществлять свою генеральную функцию — материально-энергетический обмен между составными частями экосистемы, а также взаимодействие с другими экосистемами.

2.1. Структуры экосистем и их основные характеристики

Экосистема любого уровня состоит из двух основных компонентов: автотрофного и гетеротрофного. Первый включает продуценты (фотосинтезирующие растения — фототрофы или хемотрофы), создающие энергетическую базу для существования гетеротрофного компонента; с них начинается круговорот веществ. Ко второму относятся консументы первого, второго и третьего порядков, а также редуценты (деструкторы), которые используют, перестраивают и разлагают сложные вещества, синтезированные автотрофами. Автотрофные организмы не могут существовать без гетеротрофов, поскольку последние создают минеральную питательную базу для продуцентов, а также перерабатывают выделения растений (газообразные и жидкие), проводя таким образом детоксикацию продуктов жизнедеятельности автотрофов. Кроме того, экосистема взаимодействует с участком неживой природы, используя запасы минеральных элементов для своего существования.

Структура экосистемы достаточно полно проявляется на примере биогеоценоза (рис. 2.1), все компоненты которого тесно связаны между собой единством территории, общим потоком энергии (от Солнца к автотрофам и от них к гетеротрофам), обменом биогенных химических элементов, сезонными колебаниями климатических условий, численностью и взаимной приспособленностью видов всех уровней организации.

Биоценозы, в отличие от биогеоценоза, включают только взаимосвязанные между собой живые организмы, обитающие в данной местности. Биоценоз — это, по сути, система популяций, населяющих тот или иной *экотон* (от греч. *topos* — место).

Биоценозы — группировки живых организмов, находящихся в стабильном равновесии, устойчивые во времени. Они характеризуются:

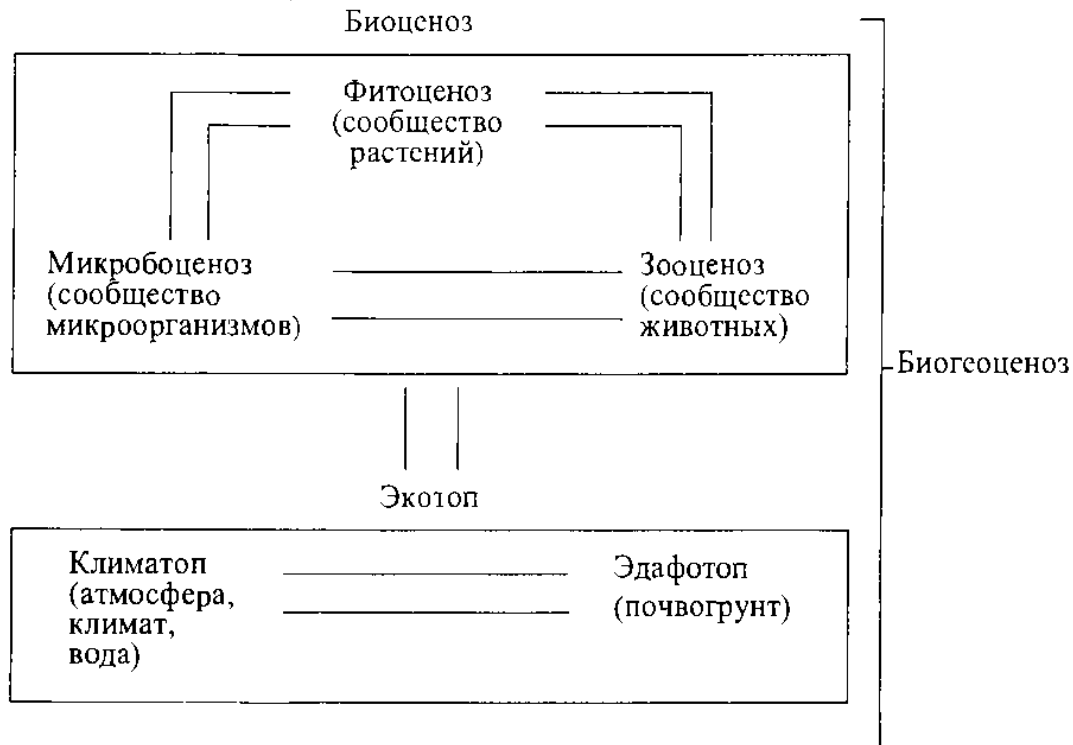


Рис. 2.1. Схема биогеоценоза

1) видовым разнообразием — числом видов растений, животных и других организмов (микробов, грибов), образующих биоценоз;

2) плотностью популяций — числом особей каждого вида в данном биоценозе;

3) биомассой — общим количеством живого органического вещества, выраженного в единицах массы¹.

Из многих сходных по своей биологии видов одного биоценоза (или экосистемы) обычно лишь немногие (5–10%) составляют основную часть — как правило, 4/5 биомассы данной группы. Виды, количественно преобладающие в данном сообществе, называются *видами-доминантами*. Они имеют высокую плотность популяций, что свидетельствует об их оптимальной приспособленности к данному биоценозу. Кроме того, для вида как структурного элемента биоценоза решающее значение имеет не его систематическое положение, а так называемая жизненная форма, т. е. внешний облик организма, отражающий его приспособленность к условиям среды. Например, у растений жизненными формами являются деревья, кустарни-

¹ Количество биомассы, появившейся в биоценозе в единицу времени, называется продуктивностью.

ки, лианы, травы и т. д. Один и тот же вид может иметь разные жизненные формы в различных условиях. Так, кедр в равнинных лесах — это высокоствольное дерево, а в высокогорье — низкорослый стланик.

Пространственная структура биоценоза проявляется в закономерном размещении разных видов относительно друг друга на занимаемой территории. Все виды в биоценозе расположены на различных ярусах. Соответственно расчлененность биоценоза на горизонты, слои и т. п. носит название *ярусности*.

Наиболее развита пространственная структура в лесных биоценозах. Вертикальная структура типичного сообщества хвойного леса умеренной зоны включает несколько ярусов.

1. *Древесный ярус*. Здесь произрастают сосна и лиственные деревья — береза и осина. В этом ярусе обитает свыше 1000 видов насекомых, жизнедеятельность которых тесно связана с деревьями, многие виды птиц, а также млекопитающие.

2. *Кустарниковый ярус* представлен калиной обыкновенной, крушиной, боярышником, шиповником, некоторыми видами птиц и млекопитающих, многими видами насекомых.

3. *Травянистый ярус*. Здесь можно встретить травы, невысокие лесные растения, полукустарники, кустарники, подрост деревьев, папоротники, мхи и лишайники. В травянистом ярусе и приземном слое обитает множество беспозвоночных: пауки, мухи, жуки, бабочки, пчелы, осы, комары, муравьи и др. На земле устраивают свои гнезда глухарь, тетерев, вальдшнеп. Этот же ярус является средой обитания и млекопитающих: косуль, волков, лисиц, разнообразных грызунов, насекомоядных.

4. *Подстилка*. В данном ярусе расположены мертвые и разлагающиеся организмы. Здесь обитают редуценты: беспозвоночные животные, грибы и бактерии.

5. *Почва*. Ярус богат корнями растений. Он служит местом зимовки для многих беспозвоночных. Среди постоянных обитателей яруса можно выделить дождевых червей, гусениц, личинок насекомых (жуков, мух и т. д.), мокриц, ногохвосток, а из млекопитающих — кротов. В этом слое находятся и норы таких млекопитающих, как лисицы, барсуки и др.

Следует обратить внимание на то, что некоторые животные могут перемещаться из одного яруса в другой. Например, белка может кормиться на земле, а спать и выводить потомство на деревьях. Птицы зачастую отдыхают и гнездятся в одном ярусе, а питаются в других (например, совы). Надо отметить, что существуют и неполнокомпонентные биоценозы, где зачастую отсутствуют неко-

торые ярусы (в первую очередь древесный), например болота, приливно-отливные системы, птичьи базары.

Проявления ярусности встречаются не только в наземных экосистемах, но и в водных. Ближе к поверхности воды обитает *планктон* (от греч. *plankton* — блуждающий): фитопланктон — фотосинтезирующие свободно плавающие водоросли и зоопланктон — мелкие рыбы и ракообразные, личинки моллюсков и рыб, медузы. В толще вод морей и океанов нашел среду обитания *нектон* (от греч. *nektos* — плавающий): рыбы, пресмыкающиеся (морские змеи и черепахи), млекопитающие (китообразные — дельфины и киты) и ластоногие (тюлени). Придонный слой освоили организмы, питающиеся разлагающимися остатками — *бентос* (от греч. *benthos* — глубина): черви, моллюски, ракообразные и т. д.

В состав каждого биоценоза, как отмечалось выше, входят функциональные компоненты: продуценты, консументы I — III порядков, а также редуценты. Такая структура экосистемы обеспечивает перенос вещества и энергии по цепям питания от звена (трофических уровней) к звену. В реальных условиях цепи питания могут иметь разное число звеньев. Кроме того, цепи могут перекрещиваться, образуя сети питания. Почти все виды животных, за исключением узкоспециализированных в пищевом отношении, используют не один какой-нибудь источник пищи, а несколько. Если один из видов биоценоза выпадает из сообщества, вся система не нарушается, так как используются другие источники питания. Чем больше видовое разнообразие в биоценозе, тем он устойчивее. Например, в цепи питания *растения — заяц — лиса* всего три звена. Но лиса питается не только зайцами, но и грызунами и птицами. У зайца также есть альтернативные виды корма: зеленые части растений, сухие стебли («сено»), веточки деревьев и кустарников и пр.

Общая закономерность в биоценозе состоит в том, что в начале пищевой цепи всегда находятся зеленые растения, а в конце — хищники. С каждым звеном в трофической цепи организмы становятся крупнее и медленнее размножаются. Особи вида, занимающего положение высшего звена, свободно размножаются, конкурируют друг с другом, но во взрослом состоянии не имеют опасных врагов и непосредственно не истребляются. Виды, занимающие положение низших звеньев, хотя и обеспечены питанием, но сами интенсивно поедаются (например, грызуны). Отбор у этой группы идет в направлении увеличения плодовитости.

Помимо трофических связей, играющих очень важную роль, в биоценозе существуют и другие взаимоотношения. Одни организмы

становятся субстратом для других (например, деревья и лишайники на них), создают для других организмов необходимый микроклимат, обеспечивают нормальное размножение (например, опыление цветковых растений насекомыми) или расселение (например, распространение кедровой семян сибирской кедровой сосны).

Динамика взаимодействия и работы различных компонентов экосистемы — важнейший временной аспект организации сообщества. Очень важно, чтобы темпы преобразования вещества и энергии во всех звеньях экосистемы совпадали. Без этого устойчивое существование *биоценоза* невозможно. На формирование экосистемы влияют и факторы неживой природы — в первую очередь климатические условия, а также особенности рельефа местности.

Разнообразие природных условий на нашей планете приводит к формированию в тех или иных регионах различных типов экосистем. Так как земная поверхность дифференцирована, со временем возникли более или менее разграниченные комплексы взаимоотношений между организмами и факторами среды. Определенные группы организмов так тесно связаны потоками вещества и энергии, что образуют довольно стабильные в географическом отношении экологические комплексы — *биомы*. *Биомом называется совокупность видов растений и животных, составляющих население одной природной зоны. Биом характеризуется определенным типом структуры сообщества, выражающим комплекс адаптаций к условиям среды.* Существуют следующие основные типы биомов: тундра, хвойный лес, лиственный лес, влажный тропический лес, степь, пустыня.

Тундра — это биом, расположенный в арктическом поясе Земли, сложился в условиях холодного климата. Он характеризуется наличием многолетней мерзлоты, безлесьем, мощным развитием мохового и лишайникового покровов и переувлажнением. Растения — низкорослые, в основном многолетние (лишайники, мхи, травы, кустарники и кустарнички), прирост растений медленный. Фауна небогата, число оседлых видов невелико. Из млекопитающих наиболее важны северный олень, песец, грызуны (в первую очередь лемминги), волк, заяц-беляк. Среди птиц преобладают водоплавающие. Обильны насекомые, особенно кровососущие (гнус). Пищевые цепи сравнительно коротки, поэтому изменение одного из трофических уровней сильно отражается на других, вызывая резкие колебания численности. Считается, что тундровые экосистемы уязвимы и хрупки, особенно под антропогенным воздействием.

Хвойный лес (тайга) сложился в условиях относительно короткого безморозного периода (около четырех месяцев), холодных зим с ус-

тойчивым снежным покровом и количеством осадков, превышающим испарение. На Земле около 10% суши занято тайгой. По сравнению с тропическими лесами тайга бедна видами и жизненными формами. Древесный ярус составляют преимущественно хвойные породы деревьев, однако в местах пожаров и вырубок растут производные, лиственные леса (в основном березовые и осиновые). Развитие кустарникового и травяного яруса зависит от освещенности под пологом леса (в еловых и пихтовых лесах подлесок редок, а в сосновых и лиственничных — хорошо выражен). Здесь обитают характерные для всей лесной зоны млекопитающие: лось, медведь, рысь, соболь, куница, белка, барсук, бурундук и др. Типичные птицы: глухарь, рябчик, кедровка, клесты, дятлы, совы и пр. Множество насекомых связано с хвойными деревьями: сосновый шелкопряд, жуки-усачи, короеды, таежные виды муравьев и др. Обилен гнус. В тайге сосредоточены значительные ресурсы древесины, пищевого и лекарственного сырья, ведется интенсивный охотничий промысел.

Лиственный лес — биом, занимающий южную часть лесной географической зоны умеренного пояса. Отличается от тайги большим числом обитающих здесь видов животных и растений. Главные доминирующие породы деревьев — лиственные. Ярусность хорошо выражена: ярусы зачастую делятся на подъярусы. Из животных, помимо встречающихся в тайге, характерны различные виды оленей, косуля и кабан. Увеличивается количество и видовое разнообразие птиц и насекомых. Лиственные леса также являются объектом интенсивной хозяйственной деятельности человека.

Влажные тропические леса распространены в экваториальном, тропическом и субтропическом поясах Земли — в Южной Америке, Африке, Юго-Восточной Азии, Новой Гвинее и Океании. Они занимают площадь примерно 30 млн кв. км, развиваются в условиях избытка влаги и тепла. Распространены древесные виды растений, которые преобладают над травянистыми. Деревья цветут, плодоносят и сменяют листья на протяжении всего года. Ярусы древостоя практически не выражены, кустарники чаще всего отсутствуют, травяной покров беден. Флора и фауна чрезвычайно богаты. Здесь произрастает около 80% всех видов растений. Разнообразное животное население сосредоточено главным образом в кронах деревьев. Из млекопитающих характерны обезьяны (в том числе человекообразные: шимпанзе, гориллы, орангутанги, гиббоны) и крупные хищники: леопард, тигр, ягуар. Из птиц — попугаи, колибри, туканы и т. д. Много земноводных и пресмыкающихся. Чрезвычайно разнообразны беспозвоночные, в первую очередь насекомые.

Биоценозы тропических лесов наиболее продуктивны на нашей планете. Занимая около 6% земной суши, они дают более 28% общей продукции органического вещества. Из-за интенсивного промывания и обилия беспозвоночных и грибов, разрушающих подстилку, почвы тропических лесов бедные — гумуса в них значительно меньше, чем в лесах умеренной зоны. Влажный тропический лес играет исключительную роль в нормальном функционировании и развитии всей биосферы, поддерживая ее водный и газовый режим, сохраняя разнообразие жизненных форм. В результате деятельности человека площадь тропических лесов постоянно сокращается, что свидетельствует о необходимости значительных усилий по их охране.

Степь — это тип биома, который сложился в условиях продолжительного жаркого лета и более-менее холодной зимы при количестве осадков от 200 до 500 мм в год. Степи занимают обширные территории в Евразии, образуют высотный пояс в горах, аналогами их в Северной Америке являются прерии, в Южной Америке — пампасы. Из растений преобладают многолетние морозо- и засухоустойчивые травы (преимущественно злаки). Для почв характерно образование значительного по толщине плодородного слоя. Много стадных копытных и грызунов. Обилие грызунов привлекает хищных птиц и млекопитающих. Степи широко используются человеком для развития земледелия и пастбищного скотоводства, в результате чего сейчас они почти полностью освоены и преобразованы в сельскохозяйственные угодья.

В областях с крайне засушливым климатом распространены *пустыни* — биомы с сильно разреженным и обедненным растительным покровом. Количество осадков здесь не превышает 200 мм в год (при высокой испаряемости). Пустыни занимают примерно треть территории суши на всех материках. Доля покрытой растительностью площади не превышает 10–20%. В наиболее засушливых областях высшие растения отсутствуют на значительных площадях. Растения пустыни приспособлены к длительному существованию при минимальных запасах влаги (например, кактусы, опунции и молочаи, запасающие влагу в теле растения, или саксаул, имеющий очень длинный корень и достигающий водоносных слоев). Исключение составляют арктические пустыни, зависящие не от сухости климата, а от низких температур. Там обитают преимущественно мхи и лишайники. Для пустынной фауны в целом характерно довольно большое число видов млекопитающих, в основном грызунов (тушканчики, суслики, песчанки и др.). Встречаются копытные (кулан,

джейран) и хищники (волк, койот, корсак, барханный кот и др.). В пустынях Евразии обитают верблюды, а в Южной Америке — викунья и гуанако (в одомашненном состоянии соответственно альпака и лама). Из птиц интересны дрофа-красотка, рябчики, жаворонки. Много пресмыкающихся, насекомых и паукообразных. Площадь пустынь постоянно увеличивается как по естественным причинам, так и под влиянием деятельности человека.

Следует отметить, что наряду с основными *типами биомов* существует множество *переходных вариантов*: *лесотундра, лесостепь, хвойно-лиственный лес, полупустыня* и др. Особый интерес представляет *саванна* — переходная зона между тропическими лесами и пустынями. Саванна развивается в условиях четкой смены сухого и дождливого сезонов при незначительном количестве осадков (примерно как в степи). Занимает около 40% площади Африки, встречается в Южной Америке, Южной Азии, Австралии. Характеризуется обилием травяного покрова. Деревья редки, далеко отстоят друг от друга, в понижениях встречаются кустарники. Обилие растительной пищи способствует существованию богатого животного населения, особенно крупных травоядных животных — антилоп, жирафов, буйволов, слонов, зебр, кенгуру (в Австралии), а также хищных — львов, гепардов и др. Много грызунов, бегающих птиц (страусов), пресмыкающихся и насекомых.

Важно отметить, что на нашей планете наблюдается смена биомов в широтном (с юга на север) и вертикальном (при подъеме в горы) направлениях.

2.2. Закономерности функционирования экосистем

Жизнь в биосфере поддерживается постоянным притоком солнечной энергии, которая воспринимается молекулами живых клеток и через фотосинтез преобразуется в энергию химических связей. Химические вещества переходят от одних организмов к другим по трофическим цепям. При этом живой организм извлекает энергию из пищи, используя упорядоченность ее химических связей. Часть этой энергии расходуется на поддержание жизненных процессов самого организма, часть теряется, а 5–20% от общего количества передается организмам последующих пищевых уровней. Не израсходованная на дыхание часть биомассы разлагается редуцентами. В итоге вся биомасса при распаде высвобождает всю содержащуюся в ней энергию. Таким образом, экосистемы представляют собой энергетически открытые системы. Поэтому постоянный приток сол-

нечной энергии — необходимое условие существования экосистемы. Высвобождающаяся энергия безвозвратно теряется для системы, а химические элементы вновь вовлекаются в круговорот веществ.

Практически все вещества земной коры с разной скоростью и в разных количествах проходят через организмы. Однако для жизни необходимо всего лишь около 20 биогенных элементов, постоянно участвующих в процессах жизнедеятельности. В их число входят: кислород (около 70% массы организмов), углерод (18%), водород (10%). Азот, кальций, калий, фосфор, магний, сера, хлор, натрий — так называемые универсальные элементы — присутствуют в клетках всех организмов. Некоторые из биогенных элементов имеют большое значение только для определенных групп живых существ (например, бор для растений, ванадий для асцидий и т. п.). В.И. Вернадский считал, что все химические элементы, постоянно присутствующие в живых организмах и играющие определенную физиологическую роль, включены в непрерывный круговорот веществ, или биогеохимические циклы.

Движущими силами круговорота веществ служат потоки энергии Солнца и деятельность живого вещества, приводящие к перемещению огромных масс химических элементов, концентрированию и перераспределению энергии, аккумуляции в процессе фотосинтеза. Благодаря фотосинтезу и непрерывно действующим циклическим круговоротам биогенных элементов создается устойчивая организованность всех экосистем и биосферы в целом, осуществляется их нормальное функционирование.

Нормальные биогеохимические циклы не являются замкнутыми, хотя степень обратимости годовых циклов важнейших биогенных элементов достигает 95–98%. Неполная обратимость (незамкнутость) — одно из важнейших свойств биогеохимических циклов, имеющее планетарное значение. Именно это обусловило биогенное накопление кислорода и азота в атмосфере, а также различных химических элементов и соединений в земной коре. Например, за счет неполной обратимости цикла углерода в течение последних 600 млн лет накопились огромные запасы углеродистых отложений (известняков, битумов, углей, нефти и т. д.), оцениваемые в 10^{16} – 10^{17} т.

Цикличность преобразования элементов обеспечивается односторонне направленной передачей биомассы в трофических цепях экосистем. Пищевые цепи могут состоять из малого или большого числа звеньев. Организмы разных трофических цепей, но при этом получающие пищу через равное число звеньев в цепи питания, на-

ходятся на одном трофическом уровне. Реальные взаимоотношения между трофическими уровнями в экосистеме очень сложны.

Популяции одного и того же вида, участвуя в различных трофических цепях, могут находиться на разных трофических уровнях, в зависимости от источника используемой энергии. На каждом трофическом уровне потребленная пища большей частью используется на поддержание жизнедеятельности и обмена веществ. При этом, как уже указывалось, часть энергии, заключенной в пище, теряется в виде теплоты. Поэтому продукция организмов каждого последующего трофического уровня всегда меньше и составляет не более 10–20% предыдущего. *Относительное количество энергии, передающейся от одного трофического уровня к другому, называется экологической эффективностью сообщества (экосистемы).*

Соотношение различных трофических уровней (трофическую структуру) можно изобразить графически в виде экологической пирамиды, основанием которой служит первый уровень — уровень продуцентов. Экологическая пирамида может быть трех типов (рис. 2.2):

1) **пирамида чисел** — численность отдельных организмов на каждом уровне (число особей на площадь суши или объем для водных экосистем);

2) **пирамида биомассы** — общая сухая масса, энергосодержание или другая мера общего количества живого вещества (обычно рассчитывается в единицах массы на площадь или объем);

3) **пирамида энергии** — величина потока энергии (рассчитывается в энергетических эквивалентах, отнесенных к единице времени).

Для наглядности пирамиды чисел, биомасс и энергий представлены на рис. 2.2,б в логарифмическом масштабе. Более подробную информацию о построении пирамид можно найти в книге¹.

Основание в пирамидах чисел и биомассы может быть меньше, чем последующие уровни (так называемые обращенные пирамиды). Это встречается в экосистемах, где продуценты крупны и малочисленны по сравнению с консументами. Например, лес, где главные продуценты — древесные растения. Нормальные пирамиды чисел встречаются в биоценозах, где продуценты мелкие и многочисленные, например на лугах и в степи. Пирамида энергии всегда стоит «правильно», т. е. суживается кверху, так как, в отличие от двух предыдущих, учитывает время преобразований.

Таким образом, можно сделать вывод, что в экосистемах уменьшение количества доступной энергии обычно сопровождается умень-

¹ Одум Ю. Основы экологии: Пер. с 3-го англ. изд. под ред. и с предисл. д.б.н. Н.М. Наумова. — М.: Мир, 1975 — 235 с.

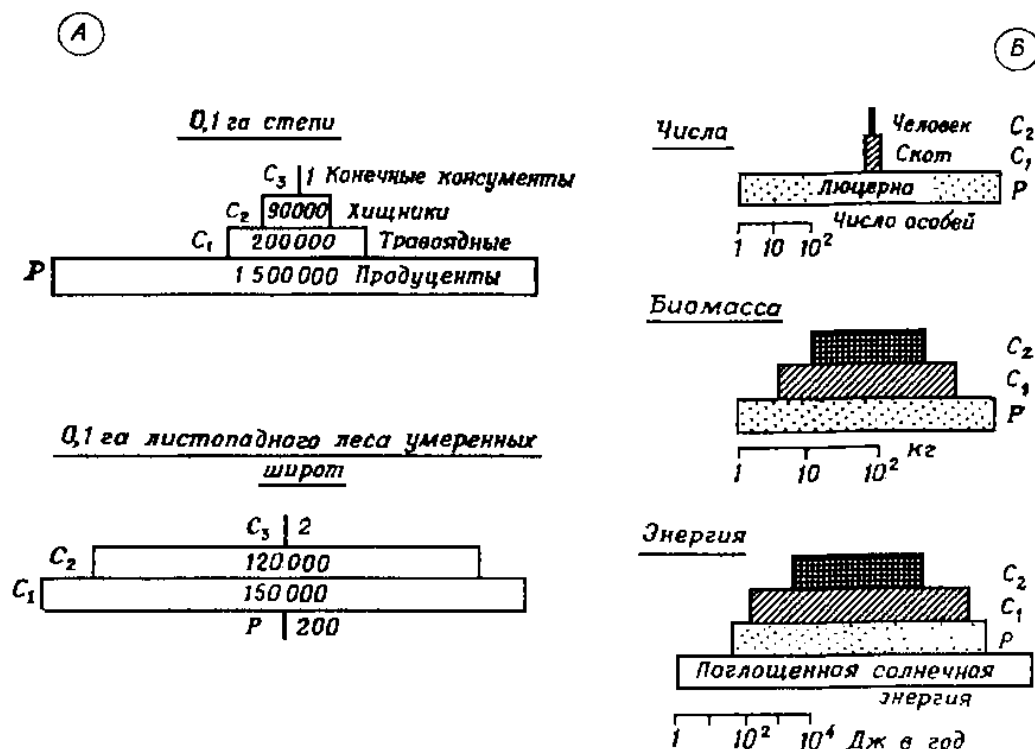


Рис. 2.2. Экологические пирамиды:

А – пирамиды чисел: Р – продуценты, C_1 – консументы соответствующего уровня.

Б – сравнение пирамид чисел, биомассы и энергии для гипотетической пищевой цепи «люцерна – скот – человек» (на 4 га)

шением биомассы и численности особей на каждом трофическом уровне.

Все существующие естественные экологические системы можно разделить на два основных типа – наземные и водные. Несмотря на то что в обоих типах сообществ присутствуют и действуют основные экологические компоненты, существуют значительные функциональные и структурные отличия.

В сухопутных (наземных) экосистемах продуценты (автотрофный компонент) представляют собой крупные организмы, у которых от года к году происходит накопление биомассы. Например, прирост деревьев в лесу, рост трав за сезон вегетации, созревание семян и плодов (накопление надземной биомассы) или разрастание корневой системы травянистых растений на лугах и в степях (накопление подземной биомассы). Накопленную биомассу можно изъять в виде урожая.

В водных экосистемах продуценты в основной своей массе мелкие (фитопланктон). У них происходит частая смена поколений. Продуктивность такой экосистемы велика, но в каждый момент

времени биомасса мала, и в низших звеньях водной трофической цепи в качестве урожая взять нечего.

В целях сравнения продуктивности отдельных видов, популяций и экосистем в экологии определяют *удельную продуктивность* — величину продукции животных или растений, отнесенную к их средней биомассе за один и тот же отрезок времени. Известно, что скорость обмена веществ и роста организмов обычно возрастает со снижением их размеров. Поэтому удельная продуктивность автотрофов в водных экосистемах очень высока и за год выражается двузначными и трехзначными числами, а у наземных продуцентов этот показатель не превышает единицы.

Наземные экосистемы играют особую роль в жизни человека, поскольку урожай в них можно получать на всех трофических уровнях в отличие от водных сообществ, где используется только верхняя часть экологической пирамиды. Следовательно, особенности двух типов экосистем необходимо учитывать при эксплуатации природных ресурсов.

Между крайними типами экосистем существует множество переходных вариантов, тесно связанных друг с другом. Различные экосистемы взаимодействуют, образуя сложную структуру биосферы. Между экосистемами происходит обмен живыми организмами и их зачатками (личинками, спорами, семенами и т. п.). Благодаря подвижности воздуха и воды, перепадов (градиента) температуры, диффузии газов происходит расселение растений, животных и микроорганизмов. Птицы и насекомые перемещаются во время сезонных перелетов — так же, как другие животные во время кочевков.

Вещество перемещается в виде твердых и жидких частиц. Часто минеральные элементы сдуваются ветром и смываются водой с горных пород. Обмен энергией происходит как в виде тепла, так и в виде энергии химических связей (т. е. органических соединений).

По отношению к межбиоценотическим связям можно выделить три основные группы наземных экосистем:

1) стабильные сообщества, расположенные на равнинных междуречьях, в которых вынос веществ в другие экосистемы и получение их со стороны незначительны;

2) мало теряющие, но много получающие биоценозы, расположенные на низких уровнях рельефа, где накапливаются большие запасы органического вещества;

3) много теряющие, но мало получающие экосистемы на крутых склонах. Так образуется цепь экосистем, перераспределяющая вещество и энергию в биосфере.

Интенсивная хозяйственная деятельность человека ведет к замене естественных экосистем искусственными, в первую очередь — сельскохозяйственными, или агроценозами. В агроценозах растительный покров создается человеком и представлен обычно одним видом или сортом культивируемого растения и сопутствующими сорняками. Как и в любой экосистеме, в агроценозе существуют пищевые цепи. Комплексы организмов, за исключением культивируемых растений, в агроценозе формируются под влиянием естественного отбора. При этом человек, создавая условия для возделываемого вида, жестко подавляет другие виды — деятельность также становится дополнительным экологическим фактором.

Агроценоз не способен длительно существовать без вмешательства человека, так как не обладает саморегуляцией. В то же время он характеризуется высокой продуктивностью, что позволяет собирать большой урожай (значительно превосходящий таковой у естественных сообществ) одного или нескольких видов (сортов) растений. Вместе с урожаем из почвы изымается большое число минеральных элементов, поэтому агроценозы нуждаются в восстановлении плодородия через внесение удобрений. В настоящий момент сельскохозяйственные угодья занимают на планете огромные площади, и агроценозы становятся все более важными регуляторами газового режима. Для охраны окружающей среды важна правильная организация сельскохозяйственных ландшафтов, которая обеспечивала бы максимальное усвоение растениями углекислого газа и вела бы к росту урожайности культурных растений. Следует отметить, что агроценозы создаются не только в области растениеводства, но и в животноводстве и звероводстве.

Помимо агроценозов, искусственные экосистемы создаются для жизни и работы человека в космическом пространстве, а также в противорадиационных убежищах. Для длительного поддержания существования человека в этих условиях необходима замкнутая система жизнеобеспечения, подобная биоценозу. Примерный состав системы жизнеобеспечения, способной функционировать длительное время, таков: человек, автотрофные организмы, гетеротрофные организмы (для животной пищи человека), звено минерализации и утилизации отходов. В настоящий момент идет экспериментальный поиск организмов, пригодных для создания таких замкнутых искусственных экосистем. Пока в качестве автотрофов предполагают использовать тропические корнеплоды (батат и др.), а в качестве гетеротрофов — некоторых всеядных рыб и птиц.

С технической точки зрения закрытая (искусственная) экосистема должна состоять из следующих компонентов:

- звено регенерации воды и газовой среды (для поддержания состава кислорода в воздухе, удаления углекислого газа, а также токсичных веществ, обогащения и регенерации воды, выделяемой организмами, и санитарно-гигиенической воды);
- звено обеспечения пищей и синтеза пищевых продуктов;
- звено удаления и утилизации отходов жизнедеятельности (сбор отходов, их переработка, очищение от запахов);
- устройства конденсирования влаги из газовой среды;
- санитарно-гигиенические устройства.

К настоящему времени создать эффективную искусственную экосистему, способную обеспечить жизнь человека в течение длительного времени, пока не удалось. Поэтому космические полеты к другим планетам и звездным системам на сегодняшний день неосуществимы.

2.3. Изменчивость и стабильность экосистем

Экосистема живет и развивается как единое целое. В природе менее устойчивые экосистемы со временем заменяются более устойчивыми. Их смена определяется тремя факторами:

- 1) упорядоченным процессом развития экосистемы — установлением в ней стабильных взаимоотношений между видами;
- 2) изменением климатических условий;
- 3) изменением физической среды под влиянием жизнедеятельности организмов, составляющих экосистему.

Последовательная смена во времени одних экосистем (биоценозов в первую очередь) другими на определенном участке земной поверхности называется *сукцессией*.

Сукцессии подразделяют на *первичные* и *вторичные*. Первичные сукцессии развиваются на лишенном жизни месте, где условия существования поначалу не являются благоприятными. Вторичные сукцессии происходят на участке, занятом в предшествующее время хорошо развитым сообществом (под влиянием внутренних факторов — в частности, жизнедеятельности организмов), или освободившемся после разрушения сообщества под воздействием внешних причин (стихийных бедствий — пожаров, наводнений и т.п.) или в результате деятельности человека.

Примером первичной сукцессии является зарастание песчаных дюн или лавовых потоков. Сначала на голых дюнах вырастают зла-

ки (растения-пионеры), вслед за ними — кустарники (ивняк, ольшаник), затем — сосна, а после этого лиственные породы деревьев. Вместе с первыми растениями появляются и первые насекомые (например, кузнечики как растительноядные) и пауки (как хищники). Потом к первым поселенцам прибавляются муравьи, жуки, бабочки и пр. Вслед за насекомыми появляются птицы и мелкие млекопитающие, а затем и крупные животные. Развитие, начавшееся в сухом и бесплодном местообитании, заканчивается образованием стабильной лесной экосистемы с мощной, богатой гумусом почвой, с дождевыми червями и моллюсками, разнообразным животным миром. Главную роль в развитии экосистемы играют растения. Вызываемые ими изменения в почве служат основой для смены видового состава сообщества.

Примером вторичной сукцессии под влиянием внутренних факторов может служить процесс зарастания озера. Благодаря жизнедеятельности населяющих его организмов озеро медленно наполняется мертвым органическим веществом. Кроме того, в озеро могут поступать осадочные материалы. Постепенно в озере уменьшается глубина, и в конце концов оно превращается в болото (верховое или низовое — в зависимости от расположения), а затем и в сушу. Скорость процесса зарастания зависит от начальной глубины озера (если озеро глубокое, то зарастание может длиться миллионы лет).

Сукцессию можно наблюдать и на городских улицах. Мхи, лишайники и сорняки заселяют трещины на тротуарах. Там, где скапливаются опавшие листья и пыль, произрастают крупные растения и даже деревья (например, на требующих ремонта крышах).

Для развития сообществ необходим длительный период времени. Так, для зарастания песчаной дюны — около 1000 лет, для возобновления леса на месте вырубленного — от 100 до 200 лет, для восстановления нарушенного растительного покрова степи — более 50 лет. Как можно заметить, вторичные сукцессии развиваются быстрее, нежели первичные.

Отдельные стадии развития сукцессии принято называть серийными стадиями (или серийными экосистемами), а состояние окончательного равновесия (гомеостаза сообщества) — климаксом. Это сообщество первобытное, не тронутое человеком, девственное сообщество, сделавшее себя максимально независимым от среды.

Основные отличия серийных сообществ от климаксовых представлены в табл. 2.1.

Климаксовые экосистемы относительно стабильны, обладают способностями к саморегулированию в течение длительного време-

Таблица 2.1

Отличия серийных экосистем от климаксовых

Признак	Серийное сообщество	Климаксовое сообщество
Продуктивность	Высокая	Низкая
Цепи питания	Прямолинейные	Ветвящиеся
Видовое разнообразие	Незначительное	Значительное
Развитие ярусной структуры	Слабое	Хорошее
Стабильность	Низкая	Высокая
Энтропия	Низкая	Высокая

ни (по сравнению с начальной стадией). С эволюционной точки зрения достижение стабильности важнее, чем просто повышение продуктивности в изменчивых условиях существования. В свою очередь климаксовые экосистемы могут подвергаться процессам биологического саморазрушения (то, что применительно к отдельному организму называется старением). Изменение условий, развитие новых живых существ и формирование новых взаимосвязей между ними, помимо действия абиотических и антропогенных факторов, могут приводить к отмиранию климаксов. На смену им приходят молодые и, возможно, совсем иные по составу сообщества.

Сукцессии экосистем, как и эволюция живого на всех уровнях, направлены на обеспечение дальнейшего существования, или, как уже отмечалось, на достижение гомеостаза. Очевидно, что стабильность подвижного равновесия при меняющихся условиях среды легче всего достигается в том случае, если экосистема состоит из максимально возможного числа компонентов. Тогда экологические возможности разных видов могут дополнять друг друга так, что различные воздействия — как внешние (особенно изменения абиотических факторов, к которым невозможно приспособиться), так и внутренние (например, чрезмерные скорости размножения некоторых организмов) — будут сглаживаться. В экстремальных условиях обитания (при нехватке тепла, влаги и пищи) это не вполне осуществимо, поскольку жить здесь могут лишь немногие специализированные организмы. Эти немногочисленные доминантные виды могли бы из-за отсутствия межвидовой конкуренции создать большие популяции, но им угрожают экологические факторы, не зависящие от плотности (в таких условиях находятся, к примеру, плотные стаи рыб в хо-

лодных морях). Напротив, при достаточности тепла, пищи, влаги и наличии других благоприятных условий (тропический дождевой лес, мелководье теплых морей) в экосистеме наблюдается значительное видовое разнообразие. Организмы этих видов, тесно связанные между собой, могут, правда, создавать лишь небольшие популяции. Однако тонкая дифференциация их жизненных форм обычно содействует стабилизирующей регуляции всей системы, и в результате любые «помехи» всегда сглаживаются.

Устойчивость стационарных состояний экосистем (т.е. сохранение постоянства внутренних характеристик на фоне нестабильной или изменяющейся внешней среды), а также способность их к переходу из одного состояния в другое (путем сукцессии) обеспечиваются многообразными механизмами саморегуляции, в основе которых лежит принцип обратной связи, отрицательной или положительной. В большинстве случаев гомеостатическое состояние оказывается автоколебательным — таким, в котором значения показателей колеблются во времени с постоянной амплитудой около положения равновесия. Такие явления свойственны наиболее устойчивым системам.

Устойчивость экосистем является также результатом длительной адаптации живых компонентов друг к другу и к компонентам косной среды. Скорость изменений в природных, ненарушенных экосистемах по сравнению с жизнью человека очень мала, поэтому только под влиянием деятельности человека возможно увеличение скорости естественных эволюционных процессов. Развитие человеческой цивилизации идет значительно быстрее, чем происходят изменения в экосистемах, и живые существа вынуждены приспосабливаться к новым (антропогенным) экологическим факторам. В настоящий момент человек угрожает стабильности существования экосистем и биосферы в целом. Но только он способен исправить сложившееся положение.

2.4. Экология популяции

Решающими биотическими элементами естественных экосистем являются не отдельные организмы, а популяции. Каждый биологический вид представляет собой сложную экологическую систему — систему популяций. Разные части ареала (района обитания вида) отличаются друг от друга не только географически, но и по составу группировок внутри вида. Каждая группировка имеет свои генетические, морфологические и физиологические особенности. Такие

группировки и называются *популяциями*. **Популяция** — группировка особей одного вида с общим генофондом, сходной морфологией и единым жизненным циклом.

Популяция — это особый уровень организации живого, характеризующийся рядом групповых свойств, которые отсутствуют у особей, составляющих популяцию. Одно из основных свойств популяции — свободное скрещивание составляющих ее особей, что определяет эволюционное единство популяции. Каждая популяция характеризуется определенными показателями:

1. **Плотностью популяции**, т.е. числом особей на единицу площади или объема. Она определяется потоками вещества и энергии, проходящими через популяцию. Максимальный и минимальный пределы плотности четко не выражены.

2. **Возрастной структурой популяции** — количественным соотношением особей разного возраста. Возрастная структура обычно представлена поколениями (генерациями), каждое из которых является потомком предыдущих поколений. Различают три основных типа возрастной структуры:

- стабильную, где число особей разных возрастов равномерно меняется и носит характер нормального распределения (например, население стран Западной Европы);
- возрастающую, в которой преобладают молодые особи, такая популяция растет в числе или внедряется в экосистему (например, население страны «третьего» мира);
- уменьшающуюся (или отмирающую), в которой преобладают особи старших возрастов (в качестве примера — Россия 90-х годов XX в.).

В каждой популяции существует стремление сохранить стабильную структуру, обеспечивающую максимальное участие в размножении половозрелых особей. Возрастная структура — очень важная характеристика популяции, тесно связанная с понятиями рождаемости и смертности.

3. **Половой структурой** — соотношением мужских и женских особей. Неравномерное отмирание особей одного пола или, наоборот, их появление в большом количестве в репродуктивный период приводит к изменению других характеристик популяции. При недостатке одного из полов иногда включаются механизмы регуляции полового состава. Морфологические и физиологические различия полов определяют их разную роль в экосистемах.

Важное значение для экосистемы имеет размещение особей, составляющих популяцию, в пространстве сообщества. Оно может быть:

- случайным, когда особи встречаются редко, особенно при недостаточной плотности популяции (у редких растений), либо малой конкуренции между ними (например, как у многих одиночно живущих пауков);
- равномерным, что бывает при сильной конкуренции (например, размещение стеблей злаков на лугу);
- групповым, при котором внутри популяции существуют зоны плотного заселения и зоны разрежения, т.е. особи обитают группами (например, стаи птиц).

Группы, в свою очередь, сами могут распределяться случайно, равномерно или группами. Следует отметить, что в большинстве случаев живые организмы проявляют ту или иную степень скученности особей.

Значительную роль в использовании пространства играет «социальная» организация популяций, связанная с образованием внутрипопуляционных групп и формированием стереотипных отношений между особями. Главная цель такой организации — обеспечить устойчивое размножение и равномерную смену поколений. Выделяют два способа «социального» распределения особей:

1) семейный (одиночный), когда на одном участке обитает семья (например, прайд львов) или отдельная особь; при этом границы участка метятся, что гарантирует использование ресурсов (в первую очередь пищевых) всеми членами семьи и предотвращает перенаселение; границы в период размножения проницаемы или отсутствуют;

2) групповое размещение, при котором организмы способны изменять внешнюю среду в благоприятном для себя направлении (например, пчелы).

Механизмы поддержания пространственного распределения особей популяции могут быть весьма разнообразными. У низших организмов широко распространено влияние друг на друга с помощью химических веществ, выделяемых организмом (фитонцидов у лука и чеснока и т. п.), а также косвенное воздействие (например, затенение более быстро растущими деревьями особей своего же вида). У высокоорганизованных животных регуляция пространственной структуры популяций осуществляется за счет высшей нервной деятельности, регулирующей поведение, размножение и другие жизненные процессы организма.

Популяция — явление чрезвычайно динамичное. Ее плотность, величина и другие параметры изменяются с определенной скоростью. Плотность популяции определяется внутренними факторами —

рождаемостью и смертностью, а на них, в свою очередь, влияют внешние абиотические и биотические факторы.

Необходимо различать теоретически максимально возможную рождаемость (абсолютную, или общую, рождаемость) и экологически реализуемую рождаемость (удельную рождаемость). Абсолютная рождаемость — это число новых особей (ΔN_n), добавляющихся в единицу времени (Δt). В свою очередь, удельная рождаемость (b) зависит от числа уже имеющихся особей — N :

$$b = \frac{\Delta N_n}{\Delta t \cdot N}. \quad (2.1)$$

Максимально возможная рождаемость реализуется только в идеальных условиях (например, в лаборатории или при заселении ранее свободного места обитания). Сопротивление среды (нехватка пищи, мест для обитания и размножения, неблагоприятная погода и т. п.) сводит идеальную рождаемость к экологической (реальной).

То же, но с обратным знаком, справедливо и для смертности (N_m). Общая смертность — это число особей, погибающих в единицу времени, а удельная смертность (d) получится, если величину общей смертности отнести к численности популяции:

$$d = \frac{\Delta N_m}{\Delta t \cdot N}. \quad (2.2)$$

Идеальная (минимальная) смертность проявляется как результат физиологической смертности от старости при оптимальных условиях жизни. Сопротивление среды (враги, болезни, конкуренция и т. п.) повышает ее до реальной, экологической смертности.

От баланса между рождаемостью и смертностью зависит мера изменения плотности популяции. В идеальных условиях (при максимальной рождаемости, минимальной смертности и стабильном возрастном составе) скорость роста популяции $r_t = b - d$ всегда принимает положительное значение ($b > d$). Организмы дают способного к размножению потомства больше, чем необходимо, и потому популяция непрерывно растет. Специфичная для каждого вида скорость размножения при полном отсутствии сопротивления среды дает экспоненциальный рост популяции (рис. 2.3), так как прирост числа особей $\Delta N_n / \Delta t$ пропорционален уже имеющемуся числу N . Это можно выразить уравнением:

$$\frac{dN}{dt} = r_t N. \quad \text{или} \quad r_t = \frac{dN}{dt} \frac{1}{N} = \frac{\ln N - \ln N_0}{t}, \quad (2.3)$$

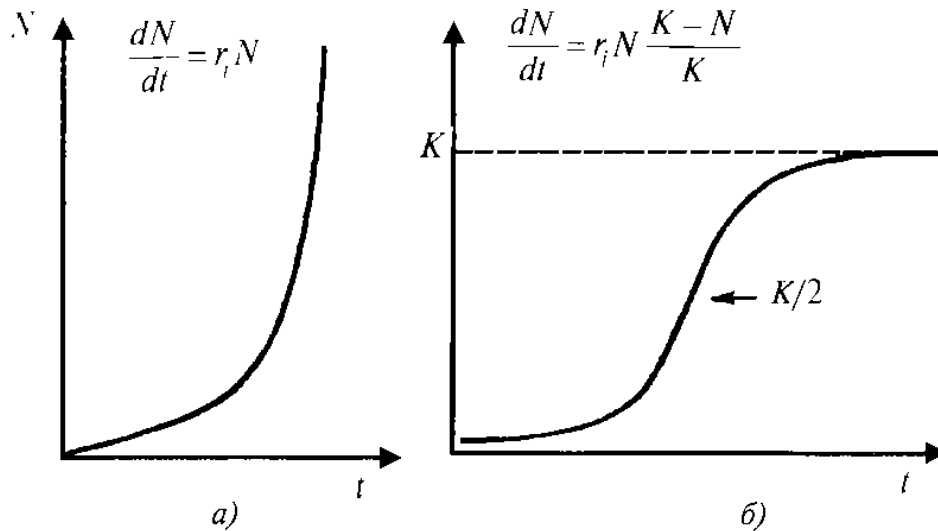


Рис. 2.3. Рост популяции: *а* — экспоненциальная кривая роста при идеальных условиях отсутствия сопротивления среды; *б* — логистическая кривая роста в естественных условиях при емкости среды, равной K (Wilson, Bossert)¹

где N_0 — исходное число особей. Для амбарного долгоносика, полевой мыши и человека r_i составляет соответственно 39,6; 4,5 и 0,02 в год, что означает удвоение популяции соответственно через 1 неделю, 8 недель и 35 лет.

В природных условиях рост популяции рано или поздно прекращается из-за сопротивления среды, которое увеличивается по мере возрастания плотности популяции. Поэтому реальная кривая роста обычно принимает логистическую (S -образную) форму:

$$\frac{dN}{dt} = r_i N \frac{K - N}{K}, \quad (2.4)$$

где K — емкость среды.

После начальной фазы кривая роста асимптотически приближается к уровню максимальной плотности популяции, т.е. плотности насыщения (емкости среды) K , причем рождаемость становится равной смертности ($b = d$). Оптимальный прирост новых особей (или биомассы) максимален при $N = K/2$ (крутизна кривой максимальна). Размер популяции поддерживается на уровне $N = K$ разными способами. Наиболее полно характеризуют эти особенности так называемые кривые выживания — графики, показывающие число выживших особей вида (l_x) за определенный интервал времени или возраст (x).

¹ Wilson S., Bossert W. H. A Primer of Population Biology. Sunderland, 1971. P. 192.

Кривые выживания можно подразделить на три основных типа. Первый тип — это виды, у которых значительная часть особей достигает репродуктивного возраста и отмирание происходит в позднем возрасте. Они обходятся небольшим репродуктивным потенциалом, поскольку обитают в достаточно стабильных условиях при небольшом сопротивлении среды. Например, орлы, дельфины, да и человек дают в год лишь одного потомка. У некоторых видов с течением времени происходит равномерное отмирание особей, как, например, у гидры (рис. 2.4). Такие виды относятся к промежуточному, второму типу кривых выживания.

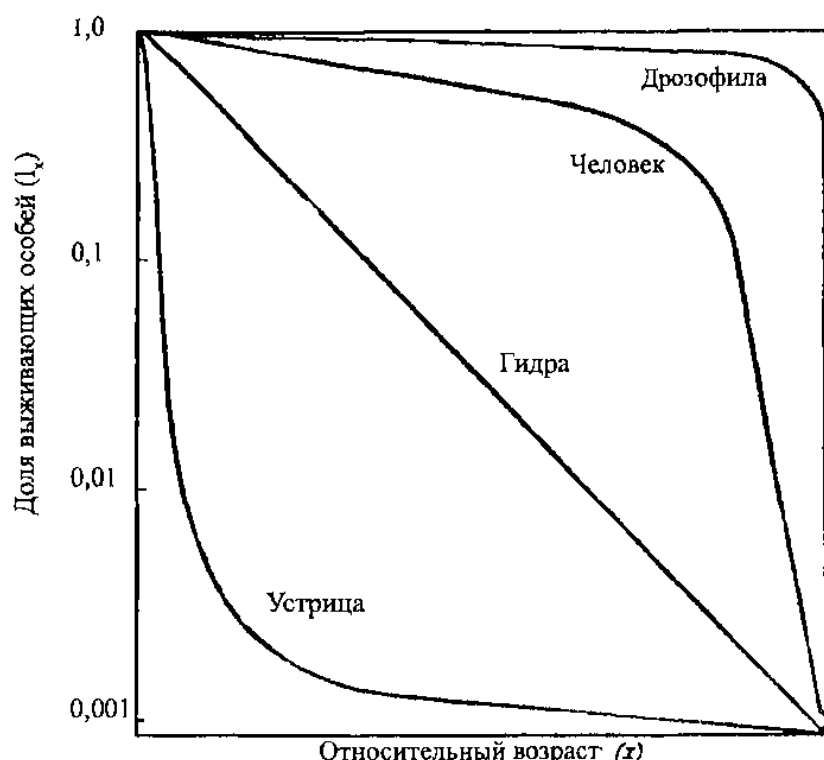


Рис. 2.4. Кривые выживания. Доля особей (l_x), доживающих до различного возраста (x), выраженного в процентах от максимальной продолжительности жизни (Wilson, Bossert)

У видов, живущих в местах обитания с высоким сопротивлением среды (большие потери от врагов) или у паразитов (малые шансы найти хозяина) репродуктивный потенциал должен быть очень большим. Например, среди устриц из-за высокой смертности молодняка до репродуктивного возраста доживает меньшинство (кривая имеет вогнутую форму). Чтобы выжить, виды должны повышать рождаемость (плодовитость). Те же устрицы или паразитические черви производят миллионы яиц, чтобы поддерживать свое суще-

ствование. Большинство видов, особенно на низших трофических уровнях, придерживается именно этой жизненной стратегии.

По мере роста популяции возрастает и сопротивление среды, емкость которой по количеству пищи не безгранична. Приспосабливаясь к изменениям емкости среды, популяция изменяет плотность. При своем росте популяция, имея определенную инертность, не может остановиться в некоей точке, ограниченной емкостью среды, и продолжает свой рост в неблагоприятных условиях. Кроме того, действие многих внешних факторов на популяцию замедлено. По этим причинам плотность популяции в условиях высокой сопротивляемости среды сначала может перерасти потенциальную емкость среды, а затем либо резко упасть, либо постепенно снизиться до уровня этой емкости. На изменения плотности популяции накладываются флуктуации, возникающие вследствие изменений эффективности противодействующих факторов (врагов, паразитов, болезней, климата и т. п.). В итоге колебания плотности популяций в реальных условиях относительно предела емкости среды имеют синусоидальный характер (так называемые волны жизни).

Динамика численности природных популяций определяется как внешними, не зависящими от плотности популяции, так и внутренними факторами (внутривидовой и межвидовой конкуренцией за жизненно важные ресурсы, прессом хищников и паразитов и т. д.), зависящими от плотности. Влияние внутренних факторов усиливается по мере приближения к пределу емкости среды.

При увеличении плотности популяции резко возрастает влияние на нее хищников и паразитов. Взаимоотношения «хищник—жертва» (рис. 2.5), «паразит—хозяин», или (в общем виде) «потребитель—ресурс» наиболее полно показывают принцип действия внутренних факторов. Так, в однородной (гомогенной) среде, не имеющей укрытий для размножения, хищник рано или поздно уничтожает популяцию жертвы и после этого вымирает сам.

В естественных условиях (в гетерогенной среде) возникает следующая временная и причинно-следственная цепь: размножение жертвы → размножение хищника → резкое сокращение численности жертвы → падение численности хищника → размножение жертвы и т.д.

Такая кибернетическая система с отрицательной обратной связью приводит к устойчивому равновесию. Волны жизни (изменений численности) хищника и жертвы следуют друг за другом с постоянным сдвигом по фазе, и в среднем численность как хищника, так и жертвы остается примерно на одном уровне. Длительность периода

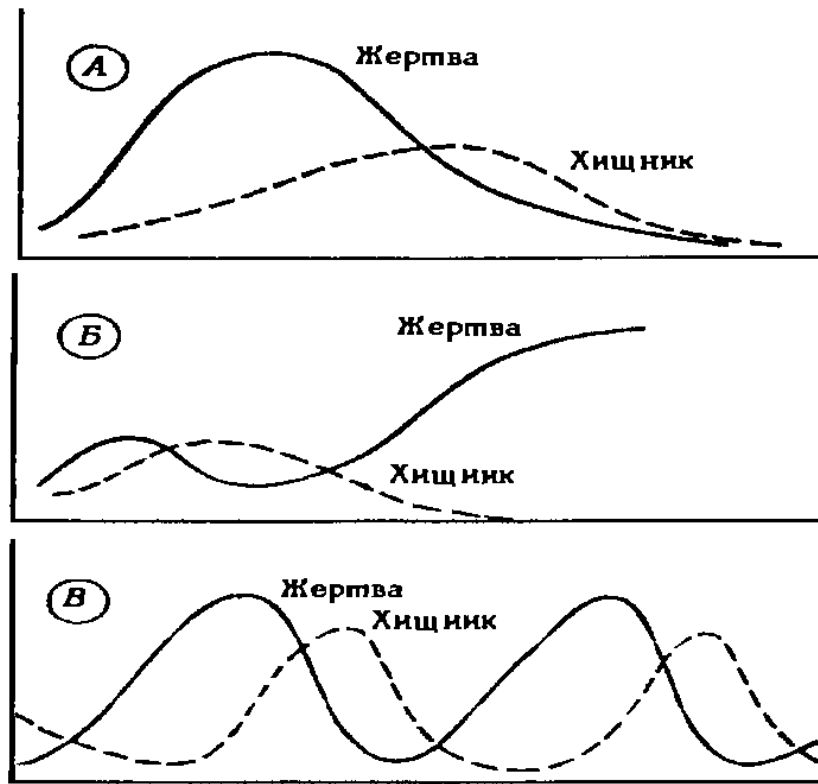


Рис. 2.5. Взаимоотношения между хищником и жертвой: А – в гомогенной среде – инфузория *Dinidium nasatum* погибает от голода после поедания жертвы; Б – в гетерогенной среде – жертва частично может укрыться от хищника, и он вымирает; В – естественные колебания численности хищника и жертвы (по Гаузе (А, Б)¹, Volterra (В)² схематизировано)

зависит от скоростей роста обоих видов, а также от исходных параметров. Для популяции жертвы влияние хищника положительно, так как ее чрезмерное размножение привело бы к краху ее численности. В свою очередь, все механизмы, препятствующие полному истреблению жертвы, способствуют сохранению пищевой базы хищника.

Регуляция плотности популяции происходит после исчерпания некоторых факторов среды (корма, мест для обитания и размножения и т. д.). Однако механизмы регуляции не ограничиваются популяционными рамками, а определяются во многом взаимодействием популяций в экосистеме.

Каждый вид формирует свою зону жизнедеятельности в процессе эволюции, выбирает оптимальные условия существования по различ-

¹ Gause G.F. The Struggle for Existence. Williams and Wilkins Baltimore, 1934. P.163.

² Volterra V. Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together / Animal Ecology, McGraw-Hill Book Co, Inc., New York, 1926. P. 49–448.

ным параметрам, чтобы занять определенное положение в экосистеме. Физическое пространство (место обитания), занимаемое сообществами живых организмов, можно обозначить как пространственную нишу. Их функциональное положение в пищевых цепях (путях переработки вещества и энергии) называют трофической нишей. Сочетание же этих и других параметров принято называть экологической нишей.

Таким образом, **экологическая ниша — это совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе.** Экологическую нишу можно представить как часть воображаемого многомерного пространства (гиперобъема), отдельные измерения которого соответствуют факторам, необходимым для вида. Чем больше варьируется параметр (т.е. приспособленность вида к определенному экологическому фактору), тем шире экологическая ниша; она увеличивается и при ослабленной конкуренции.

В природе встречаются узко и широко специализированные виды. Например, одни насекомые могут питаться многими видами растений, а другие — только определенными частями одного вида. Специализированные виды более эффективно используют свои ресурсы, но только в том случае, когда ресурс находится в неограниченном количестве. С другой стороны, они сильнее подвержены неблагоприятному воздействию экологических факторов. Виды, экологическая ниша которых широка, лучше приспособляются к изменениям среды.

По взаимному расположению ниши подразделяются на три типа: 1) несоприкасающиеся экологические ниши; 2) соприкасающиеся, но не перекрывающиеся ниши; 3) соприкасающиеся и перекрывающиеся ниши. В последнем случае, вследствие жесткой конкуренции, должно последовать расхождение ниш. Этот механизм носит название *принципа Гаузе* — принципа *соревнования-исключения*. Этот принцип приводит либо к экологическому разделению близких видов, либо к уменьшению их плотности там, где они в состоянии сосуществовать. Иными словами, два вида не могут занимать одну экологическую нишу. В результате конкуренции происходит вытеснение одного из видов.

Организмы, занимающие несоприкасающиеся экологические ниши в разных географических областях, называются экологическими эквивалентами. К ним относятся питающиеся травой кенгуру в Австралии, бизоны в прериях Северной Америки, антилопы в саваннах Африки и др.; все они занимают одну экологическую нишу. В некоторых случаях один и тот же вид занимает разные экологические

ниши в различных местах обитания или географических районах. Например, медведь в тайге является консументом третьего порядка (всеядным животным), а в лесах Малайзии он — консумент первого порядка, т.е. травоядное животное.

В каждой экосистеме по разным причинам могут выявляться свободные экологические ниши, позволяющие внедряться в сообщество новым видам. Так было со случайно завезенным колорадским жуком и кольчатой горлицей, самостоятельно заселившими большую часть Евразии.

В современной биологии популяция рассматривается как элементарная единица процесса эволюции. Именно в популяции появляются новые *адаптации* — системы признаков, с помощью которых достигается соответствие между организмом и его средой обитания. Все адаптации имеют экологическую приуроченность к определенным условиям среды и формируются на протяжении всех стадий жизненного цикла особей вида в результате действия естественного отбора. Таким образом, можно сказать, что адаптации отдельной популяции и вида в целом развиваются в процессе освоения экологической ниши.

Экологические представления об эволюционных процессах в популяциях, названных Н. В. Тимофеевым-Ресовским *микроэволюцией*, разработаны прежде всего уральской школой экологов под руководством С.С. Шварца. Согласно этим представлениям, *микроэволюционный процесс* проходит следующие стадии: 1) возникновение морфологических изменений в популяции при адаптации к конкретным условиям обитания; 2) накопление вслед за этим физиологических изменений; 3) появление биохимических изменений в организме и соответственно изменений генетической информации; 4) образование новых подвидов; 5) образование новых видов.

Скорость, с которой генетические изменения распространяются в популяции, зависит от ее величины. В небольших популяциях перестройка генетического кода происходит скорее. С другой стороны, меньшие популяции (например, на островах) обладают, как правило, меньшим генетическим разнообразием и потому быстрее вымирают при изменении условий.

В настоящее время процессы микроэволюции наиболее интенсивно протекают под влиянием антропогенных факторов. Согласно результатам современных исследований, достаточно всего 80 поколений у грызунов, обитающих в зоне промышленного загрязнения, чтобы в их популяции возникли адаптации к новым экологическим факторам, закрепленные на генетическом уровне.

Видовое разнообразие является одной из важнейших характеристик экосистемы. Весьма типичной и постоянной чертой сообществ является сравнительно малое число видов, представленных большим числом особей, или большой биомассой (виды-доминанты), и большое число видов, встречающихся редко. Из-за этого природные экосистемы состоят из огромного числа видов. Существование небольшого числа видов-доминантов с многими редкими видами встречается как на одном трофическом уровне (продуценты, консументы и т. д.), так и в отдельных систематических группах (например, цветковые растения или насекомые). В ходе эволюционного развития экосистем многократно происходила смена доминирующих видов. Зачастую наиболее часто встречающиеся виды оказывались неспособными выдержать изменения действия того или иного экологического фактора, а редкие виды оказывались более стойкими и получали преимущество (например, вымирание крупных пресмыкающихся и развитие млекопитающих в конце мелового периода). Продуктивность экосистемы, таким образом, сохранилась и даже увеличилась. Преимущество видового разнообразия экосистемы заключается в повышении стабильности, т. е. выживаемости, сообщества. Сохранение видового разнообразия организмов, которое создавалось в процессе длительной эволюции биосферы, является первоочередной задачей всех мероприятий по охране природы. Разнообразие жизненных форм должно считаться национальным и интернациональным сокровищем, обязательным условием сохранения экосистем и обеспечения дальнейшего существования человека.

Контрольные вопросы

1. Каковы структура экосистемы и ее характеристики?
2. Что такое биом? Охарактеризуйте основные естественные экосистемы в различных регионах.
3. Как классифицируются экосистемы?
4. Что такое сукцессии? Приведите их характеристики.
5. В чем заключаются принципы функционирования экосистем?
6. Понятие о популяции. Как можно охарактеризовать популяции, их структуру (возрастную, половую) и пространственное размещение особей?
7. Как оценивается рост популяции, чем объясняются колебания плотности популяции и механизмы их регуляции (система «хищник—жертва»)?
8. Как определить экологическую нишу? Сформулируйте и обоснуйте принцип Гаузе.

Глава 3. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМА И СРЕДЫ

Окружающая среда характеризуется множеством разнообразных динамических процессов и явлений, развивающихся во времени и в пространстве и оказывающих влияние на живые организмы. Она складывается из элементов неорганической и органической природы и веществ, приносимых производственной деятельностью человека. Не все из этих составляющих одинаковы по своему значению: одни элементы и вещества могут быть необходимы организму, другие нейтральны, а третьи могут оказывать вредное воздействие.

Экологический фактор – это какой-либо элемент или любой параметр среды, способный оказывать влияние на живые организмы и непосредственно воздействующий на характер и интенсивность протекающих в экосистеме процессов. Живые организмы реагируют на них приспособительными реакциями, выработавшимися в процессе эволюции. Один и тот же фактор у разных организмов может вызывать различные реакции. Совокупность факторов, входящих в состав функциональной среды обитания живых организмов, непостоянна, а в течение жизни удельный вес тех или иных факторов меняется.

3.1. Экологические факторы среды обитания

Все экологические факторы можно разделить на три основные группы: абиотические (факторы неживой природы), биотические (факторы живой природы) и антропогенные (возникающие в результате человеческой деятельности).

Абиотические факторы – это совокупность условий неорганической среды, влияющих на организм. Строение поверхности Земли (рельеф), геологические и климатические различия обуславливают большое разнообразие абиотических воздействий. К числу абиотических факторов относятся:

- климатические (температура, давление, влажность воздуха, освещенность, скорость ветра);
- химические (состав воздуха, воды и почв);
- почвенные, или эдафогенные (механические и физические характеристики почвы) и орографические (рельеф местности).

Биотические факторы – это совокупность влияния процессов жизнедеятельности одних организмов на другие. Они носят самый разнообразный характер и проявляются во взаимоотношениях орга-

низмов при их совместном обитании. Живые существа служат источником пищи для других организмов или сами являются по отношению к ним хищниками (потребителями), могут быть средой обитания, оказывать химическое и механическое воздействие. Таким образом, действие биотических факторов проявляется в непосредственном влиянии организмов друг на друга.

В современных условиях большое значение приобретает влияние человека на живые организмы. Все виды разнообразной деятельности человека, воздействующие на органический мир, называются антропогенными факторами.

В результате антропогенной деятельности изменяется рельеф и химический состав земной поверхности, атмосфера, происходит перераспределение пресной воды, а также меняется климат планеты в целом, ликвидируются отдельные естественные биогеоценозы и т. д. Значение антропогенных факторов, по мере того как человек все полнее завоевывает и подчиняет себе природу, постоянно возрастает.

Помимо этого, все факторы делятся на периодические и непериодические. Первичные периодические факторы обусловлены вращением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Это суточная смена освещенности и смена времен года. Определяющее значение здесь имеет периодическое изменение потока солнечного излучения, падающего на тот или иной участок земной поверхности. Многие физические и химические факторы (влажность воздуха, его температура, осадки, динамика численности организмов) являются вторичными периодическими, обусловленными наличием первичных. К непериодическим факторам относятся стихийные явления (землетрясения, пожары, извержения вулканов), некоторые почвенные, грунтовые и антропогенные факторы. Они либо постоянно существуют, либо проявляются без какой-либо периодичности.

3.1.1. Важнейшие абиотические факторы

Лучистая энергия Солнца. Количество энергии солнечного излучения, падающего на 1 см^2 верхней границы атмосферы Земли в течение 1 мин, практически не изменяется и равно $8,29 \text{ Дж}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$. Эту величину называют солнечной постоянной. Но распределение этой энергии по поверхности Земли зависит от широты местности, состояния атмосферы, высоты Солнца над горизонтом и др.

Около 99% энергии солнечного излучения составляют лучи с длиной волны $170\text{--}4000 \text{ нм}$, в том числе:

48% — видимая часть спектра ($400\text{--}760 \text{ нм}$);

45% – инфракрасные лучи (более 760 нм);

7% – ультрафиолетовые лучи (менее 400 нм).

Различные участки спектра по-разному воздействуют на живые организмы. Радиация, активно участвующая в фотосинтезе, имеет длину волны в диапазоне 380–710 нм (44% всей лучистой энергии), остальная часть солнечного спектра не может служить источником энергии для зеленого растения. Видимый свет влияет на скорость роста и развития растений, на интенсивность фотосинтеза, на активность животных. Ультрафиолетовые лучи с длиной волны 250–300 нм стимулируют у животных образование витамина D, но губительно действуют на микроорганизмы. Инфракрасные лучи с длиной волны более 1050 нм принимают участие в теплообмене растений.

С лучистой энергией связан фактор *освещенности* местности. Вследствие вращения Земли происходит смена времени суток, изменяется продолжительность светового дня. Растения и животные в процессе эволюции выработали особые механизмы адаптации к смене освещенности. У них существуют суточные ритмы активности, каждый вид приспособлен к определенной продолжительности светлого и темного времени.

Влажность воздуха – содержание в воздухе водяных паров. В нижних слоях атмосферы до высот 1,5–2,0 км содержится 50% всей влаги. *Абсолютная влажность воздуха* – это масса водяного пара в 1 м³ воздуха. Влажность воздуха является функцией температуры: при каждой конкретной температуре существует максимальное насыщение воздуха водяными парами. Отношение абсолютной влажности воздуха к максимально возможной влажности при той же температуре называется относительной влажностью, эта характеристика выражается в процентах.

Дефицит влаги (разница между данным и максимальным насыщением) играет существенную роль в процессах развития и размножения растений, оказывает влияние на урожайность. Чем больше дефицит влаги, тем суше воздух, тем интенсивнее происходит в нем испарение и транспирация. Растительные организмы приспособились жить при различных колебаниях влажности, однако переувлажнение воздуха они переносят, как правило, легче, чем длительную засуху. Животные, в отличие от растений, имеют возможность выбирать оптимальные условия влажности и обладают более совершенными механизмами регуляции водного обмена. Но и среди них есть такие, которые не выносят как дефицит влаги (комары, мокрицы, моллюски), так и чрезмерное увлажнение (например, обитатели пустынь).

Осадки тесно связаны с влажностью воздуха и представляют собой результат конденсации водяных паров. Конденсация становится возможной благодаря снижению температуры по мере удаления от поверхности Земли и достижения на высоте 1–2 км точек росы. Одним из условий конденсации водяных паров является наличие центров конденсации или кристаллизации (морской соли, минеральной пыли, твердых продуктов сгорания). Осадки могут быть в виде дождя, снега, града, мороси и т. д. Суточное и годовое распределение осадков, а также их форма зависят от климата в данном регионе. Максимальное количество осадков выпадает в тропиках — до 2000 мм/год, минимальное — в пустынях — до 0,18 мм/год.

Движение воздушных масс (ветер). Причиной образования воздушных потоков является неравномерный нагрев разных участков земной поверхности, связанный с радиационными характеристиками Земли. За счет подъема нагретых масс воздуха у поверхности Земли формируется область пониженного давления, в которую и устремляется ветровой поток. На воздух действует также сила Кориолиса, обусловленная вращением Земли. Она равна нулю на экваторе и максимальна на полюсах. В Северном полушарии сила Кориолиса отклоняет воздух вправо от направления его движения, в Южном полушарии — влево. Движение воздуха является одним из главных факторов, воздействующих на климат, температурный режим атмосферы, испарение влаги и транспирацию воды растениями.

Давление атмосферы. Находящийся над Землей воздух оказывает давление на ее поверхность и на населяющие ее живые организмы. Нормальным атмосферным давлением считается давление в 101,3 кПа, или 760 мм рт. ст. По мере увеличения высоты над поверхностью Земли давление уменьшается. На границе вечных снегов в горах давление составляет всего 300 мм рт. ст. На поверхности Земли существуют области постоянно повышенного или пониженного давления. Кроме того, наблюдаются суточные флуктуации давления, например, максимумы давления приходятся обычно на 3–4 и 15–16 часов.

Состав почвы. Почва как среда обитания живых организмов обладает особым химическим составом. Свыше 50% минерального состава почвы образовано кремнеземом (SiO_2), 1–25% приходится на глинозем (Al_2O_3), от 1 до 10% — на оксиды железа (Fe_2O_3), от 0,1 до 5,0% — на оксиды магния, калия, кальция, фосфора (MgO , K_2O , CaO , P_2O_5). Органические вещества, находящиеся в почве, включают углеводы, белки, жиры, а также различные смолы, воск, дубильные вещества. Органические вещества в почве минерализуются с обра-

зованием гумуса (плодородного слоя, перегноя) и более простых веществ — воды, CO_2 и др. Большое значение для роста и развития растений имеет содержание микроэлементов в почве (железа, цинка, никеля и др.). Велико в почве и количество микроорганизмов. Например, в 1 г плодородной почвы содержится около 2 млрд бактерий.

Соотношение твердых частиц различных размеров определяет *механический состав почв*. Различают песчаные, супесчаные, суглинистые и глинистые почвы (содержание песка в них изменяется от 90% в первых до 20% в последних). Механический состав и структура определяют воздухо- и водопроницаемость почв, теплоемкость, влажность, а следовательно, и условия жизни в почве животных, распределение корней растений и т. д.

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

Из факторов водной среды для жизни организмов наиболее важны такие характеристики, как температурная стратификация, прозрачность, соленость, количество растворенных в воде газов.

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

Прозрачность воды определяет количество солнечного света, поступающего в воду, и, следовательно, интенсивность процесса фотосинтеза в водных растениях. В мутных водоемах фотосинтезирующие растения обитают только у поверхности, а в прозрачной воде проникают и на глубину. Прозрачность воды зависит от количества взвешенных в ней минеральных частиц (глины, ила, торфа), наличия мелких животных и растительных организмов.

Соленость воды связана с содержанием в ней растворенных карбонатов, сульфатов и хлоридов. В пресных водах их содержание невелико, причем до 80% составляют карбонаты. Океанические воды имеют соленость до 35 г/л, воды Черного моря — 19, а Мертвого — до 260 г/л с преобладанием хлоридов калия, натрия, кальция и магния. Количество и состав солей в водоеме определяют видовой состав живых организмов, поскольку большинство организмов приспособлено к тому или иному значению солености воды и погибает при перемещении из морской воды в пресную и наоборот.

Из газов, растворенных в воде, первоочередное значение имеют кислород и углекислый газ, от которых зависят фотосинтез и дыхание растений. Накопление кислорода в воде происходит вследствие деятельности фотосинтезирующих растений и поступления из атмосферы. Чем выше температура воды, тем ниже растворимость в ней кислорода. Недостаток кислорода ведет к процессам эвтрофикации, т. е. избытку мертвой органики, заиливанию водоема. Углекислый газ, содержащийся в воде, обеспечивает процессы фотосинтеза. Его количество в воде значительно больше, чем в атмосфере, благодаря высокой растворимости.

Каждый вид организма, обитающий в воде, приспособлен к определенной кислотности среды (показателю pH). Кислые воды имеют показатель $pH = 3,7-4,7$, щелочные — более 7,0. Большинство пресноводных рыб выдерживает показатель pH от 5 до 9. При изменении кислотности и выходе за пределы этого диапазона наблюдается массовая гибель живых организмов.

3.1.2. Некоторые биотические факторы

Между различными видами организмов в биоценозах возникают определенные связи, основанные на пищевых и пространственных взаимоотношениях. Среди разнообразных форм таких связей можно выделить следующие (основные): нейтрализм; симбиоз; антибиоз.

Нейтрализм характеризует такую форму связей, при которых совместно обитающие на одной территории виды разных популяций не влияют друг на друга. Иными словами, особи разных видов не связаны между собой непосредственно. Например, белки и лоси, живущие в одном лесу: между ними никаких контактов не существует, т. е. они нейтральны по отношению друг к другу.

Симбиоз — представляет собой формы связей, при которых организмы двух разных видов или один из них получают выгоды от сосуществования. В зависимости от характера симбиотических взаимоотношений в природе различают *мутуализм, протокооперацию и комменсализм*.

Мутуализм проявляется тогда, когда не только оба вида извлекают пользу из совместного существования, но даже жить друг без друга не могут. Примером таких взаимовыгодных отношений могут служить микроорганизмы в желудке жвачных копытных: первые вырабатывают ферменты для расщепления целлюлозы в простые сахара, при этом получая для себя пищу и условия для размножения; вторые создают условия жизни микроорганизмам, потребляя расщепленную ими пищу. Форму мутуализма принимают отношения многих муравьев и тлей: муравьи защищают тлей от врагов, а сами питаются их выделениями. Отношения при мутуализме бывают настолько сильными, что в некоторых случаях гибель одного из видов может привести к гибели партнера.

Протокооперация как форма связей возникает тогда, когда совместное существование выгодно каждому виду разных популяций, но совсем не обязательно для них. Наиболее ярким примером таких взаимовыгодных отношений служит сожительство так называемых клубеньковых бактерий и бобовых растений (гороха, фасоли, сои, клевера и т. д.). Эти бактерии, способные усваивать азот из воздуха и превращать его в аминокислоты, поселяются в корнях растений. Присутствие бактерий вызывает разрастание тканей корня и образование утолщений — клубеньков. Растения в симбиозе с азотфиксирующими бактериями могут произрастать на почвах, бедных азотом, и обогащать им почву. Вот почему бобовые культуры вводят в сельскохозяйственный севооборот.

Другая форма протокооперации — образование микоризы — симбиотических отношений грибов с корнями высших растений. Подземное тело гриба (мицелий) проникает внутрь корня, срастается с ним, при этом на корне не развиваются корневые волоски. С помощью гриба растения поглощают воду и минеральные вещества из почвы, а грибы получают от растений-партнеров углеводы. Деревья с микоризой растут гораздо лучше, чем без нее.

Комменсализм характерен для взаимоотношений, при которых один из двух различных, но обитающих совместно видов извлекает пользу из такого сосуществования, не причиняя вреда другому виду. Например, в открытом океане крупных морских животных — акул, дельфинов, черепах — часто сопровождают небольшие рыбы-лоцма-

ны. Лощманы кормятся остатками пищи животных, которых сопровождают, а также их паразитами. Близость к крупным хищникам защищает лощманов от нападения. Такие отношения между видами принято называть *нахлебничеством*. Нахлебничество принимает разные формы. Например, гиены подбирают остатки недоеденной львами добычи.

Зачастую тела других организмов или их место обитания служат убежищем для других. Например, мальки рыб прячутся под зонтиками крупных медуз, где находятся под защитой щупалец. Эта форма взаимоотношений получила название *квартиранства*. Все симбиотические формы связей между различными видами являются положительными. Они способствуют жизнедеятельности участвующих в них особей.

Антибиоз характеризует отрицательные, антагонистические взаимоотношения между организмами. В зависимости от формы различают *хищничество*, *паразитизм* и *конкуренцию*.

Хищничество — межвидовые взаимоотношения, при которых одни живые организмы (в основном животные-хищники) используют в пищу другие живые организмы (жертвы). В основе этих взаимоотношений лежат пищевые связи. Исторически у тех и у других видов вырабатываются особые приспособления к взаимному существованию: у хищников — поймать жертву (способность быстро бегать, особая бесшумная походка, острые когти), а у жертв — защититься (шипы, колючки, панцири, защитная окраска, способность строить недоступные убежища и др.). Кроме того, в любом сообществе сформированы механизмы регуляции численности обеих популяций. Обычно имеет место оптимальная плотность численности как для популяции хищников, так и для популяции жертв.

Чрезмерное истребление хищников часто приводит к нежелательным последствиям, нанося ущерб дикой природе и хозяйству человека, поскольку жертвами хищника обычно бывают больные и ослабленные особи, уничтожением которых сдерживается распространение болезней. Таким образом, хищничество — важный фактор естественного отбора, способствующий улучшению состава популяций тех или иных организмов и обуславливающий их прогрессивное развитие. С другой стороны, жертвы оказывают активное воздействие на хищника, влияя на их совершенствование. Следовательно, хищничество является движущей силой эволюции как хищника, так и жертвы. Частным случаем хищничества является *каннибализм* — поедание особей своего вида, чаще всего молодых.

Хищничество встречается и у растений, особенно произрастающих на бедных питательными веществами почвах. У хищных (насекомоядных) растений сформировались различные приспособления для привлечения и ловли насекомых. Так, у обитающей на наших болотах росянки насекомые, привлеченные запахом, садятся и прилипают к листу (его волоски выделяют липкое вещество), который складывается. У тропического непентеса верхняя часть листового черешка имеет вид кувшина, с гладких краев которого насекомые соскальзывают внутрь, а венериной мухоловке свойственно активное захлопывание листьев-ловушек. После поимки насекомые перевариваются с помощью ферментов и органических кислот.

Паразитизм — межвидовые отношения, при которых один вид (паразит) использует другой (хозяина) как среду обитания или источник пищи. Паразитизм встречается на всех уровнях организации живого вещества, начиная с вирусов и бактерий и кончая высшими растениями и животными, но наиболее распространен среди мелких животных и растений — вирусов, бактерий, червей, простейших. Как правило, хозяин бывает заражен несколькими видами паразитов, которые обитают в разных его органах и тканях либо поселяются на теле животного-хозяина.

При тесном контакте паразита с хозяином преимущество получают организмы, способные длительное время использовать хозяина, не приводя его к слишком ранней гибели и обеспечивая тем самым наилучшее существование. К числу постоянных паразитов относятся простейшие (малярийный плазмодий, дизентерийная амеба), плоские черви (сосальщики, цепни), круглые черви (аскарида, трихина и многие другие), членистоногие (вши, блохи, чесоточный клещ). Паразиты могут поселяться в крови, в тканях и полостях тела. Поскольку при постоянном паразитизме организм хозяина является единственным местом обитания для паразита, то с гибелью хозяина погибает и паразит. Паразитические отношения часто встречаются и у растений, грибов, бактерий.

Как приспособление к новым условиям существования у многих паразитов происходят глубокие изменения в строении и жизнедеятельности: утрачиваются отдельные органы и целые системы органов (корни и листья у растений-паразитов, у ленточных червей-паразитов — пищеварительная система). Взамен утраченных органов интенсивно развивается половая система. Высокая плодовитость паразитов увеличивает вероятность встречи с хозяином. На человеке могут паразитировать около 500 видов, практически во всех частях тела.

Конкуренция — взаимоотношения между организмами одного вида (внутривидовая) или разного вида (межвидовая), при которых они используют одни и те же ресурсы окружающей среды. Внутривидовая конкуренция является важной формой борьбы за существование, она повышает интенсивность естественного отбора. Межвидовая конкуренция чаще всего наблюдается у экологически сходных популяций, имеющих одни и те же источники пищи или места обитания. Она может быть пассивной (использование ресурсов окружающей среды, необходимых обоим видам) и активной (подавление одного вида другим). Конкуренция особенно сурова между видами со сходными экологическими потребностями. Это приводит к тому, что два вида, имеющие одинаковые источники питания и сходный образ жизни, редко сожительствуют в одном сообществе.

Формы конкурентного взаимодействия могут быть самыми разными — от прямой физической борьбы до мирного совместного существования. Ч. Дарвин считал конкуренцию одной из важнейших составных частей борьбы за существование, играющей большую роль в эволюции. Часто конкуренты активно воздействуют друг на друга. В смешанных посадках деревьев быстрорастущие экземпляры будут затенять и угнетать медленно растущие деревья. Растения и животные могут подавлять конкурентов и с помощью химических веществ. Например, грибы препятствуют росту бактерий путем выработки антибиотиков. В ходе эволюционного развития биоценоза существует тенденция к уменьшению роли отрицательных взаимодействий за счет положительных, при этом увеличивается выживание взаимодействующих видов.

В действительности, взаимосвязи живых существ в окружающем нас мире не ограничиваются описанными типами взаимоотношений. Они значительно разнообразнее. Более того, при возникновении определенных условий приоритет того или иного биотического фактора может меняться, после чего следует изменение типа межвидовых связей.

3.1.3. Антропогенные факторы

На современном этапе развития цивилизации трудно переоценить ту роль, которую занимает в жизни всей природы человеческая деятельность. Влияние этой деятельности сказывается не только на органической, но и на неорганической части природной среды. Любые воздействия на органический мир, являющиеся результатами активного отношения человека к природе, относятся к антропогенным факторам. Разнообразное действие антропогенных

факторов отмечалось и в далеком прошлом. В связи с развитием производства, средств связи, транспорта, с увеличением объема услуг (особенно в последние годы) существенно увеличилась доля и значимость антропогенных факторов. По своему влиянию на природу действия антропогенных факторов подразделяются на прямые и косвенные.

Прямым воздействием является истребление видов, их размножение или переселение с одного места обитания на другое, а также промысел в любых его проявлениях — охота, рыболовство, собирательство. К этому виду воздействий относятся и различного вида загрязнения, связанные с техногенной деятельностью, борьбой с вредителями в сельском хозяйстве.

К *косвенным воздействиям* обычно относят такие, которые обуславливают изменение среды обитания организмов, качества окружающей среды. Это, например, изменение климата, режима течения рек, создание искусственных водоемов, распашка земель, изменение качества почв и т. п.

Влияние антропогенных факторов, независимо от того, к каким (прямым или косвенным) воздействиям они относятся, простирается довольно далеко за рамки чисто биологических границ. Эти факторы в той или иной мере связаны с социально-экономическими проблемами, так как, в отличие от далекого прошлого, влияние человеческой деятельности на природу утратило локальный характер и приобрело глобальное значение. Достаточно, к примеру, привести данные о том, что в Антарктиде в организме пингвинов обнаружены значительные концентрации ядохимиката ДДТ, который там никогда не применялся. Развитие парникового эффекта является еще одним подтверждением глобальности действий антропогенных факторов — воздействия загрязняющих веществ на качество атмосферного воздуха в масштабах планеты.

Кроме приведенных выше, существуют и другие классификации экологических факторов. Например, в одной из них учтена зависимость экологического фактора от численности той или иной популяции. Такая классификация позволяет анализировать вероятность возникновения и распространения массовых заболеваний среди любых видов организмов, так как вероятность контактов особей при большой плотности популяций и передачи при этом вирусов велика.

Существует также классификация экологических факторов, которая учитывает свойства самих факторов, их взаимоотношение с экосистемами, при этом в качестве признаков такой классификации выступают атмосферные, водные, почвенные параметры, климато-

географические, биогеографические, биологические комплексы и т. п. Поскольку количество экологических факторов достаточно велико, то и большое число классификационных систем можно считать оправданным. Здесь же указаны наиболее распространенные.

3.2. Адаптация живых организмов. Закон толерантности

В течение жизни на живые организмы воздействует множество различных экологических факторов природного и антропогенного характера. Чтобы выжить, животные и растения вынуждены приспосабливаться к условиям окружающей среды, причем эти приспособления вырабатываются у них в процессе эволюции и естественного отбора, закрепляясь генетически. Эволюционно выработанные и наследственно закрепленные особенности живых организмов, обеспечивающие их нормальную жизнедеятельность в условиях динамического влияния экологических факторов, называются адаптациями (от лат. *adaptatio* — приспособление).

Наиболее четко проявляются температурные адаптации. Так, птицы и млекопитающие регулируют температуру своего тела за счет собственного «внутреннего» тепла, вырабатываемого организмом. Остальные полагаются на внешние источники тепла, регулируя пути его поступления или отдачи. Например, у обитающих в жарких странах насекомых имеется, как правило, светлая или блестящая окраска, отражающая часть солнечных лучей. Южные растения также могут обладать блестящими серебристыми листьями. Растения, обитающие в пустыне, вообще лишены листьев, что обеспечивает им минимальные потери влаги. А в холодных районах чаще встречается темная окраска, способствующая поглощению тепла.

Животные высокогорий и полярных районов для удержания тепла обзаводятся теплоизоляцией — жировой прослойкой, плотными перьями, густым мехом. Шерсть защищает верблюда как от холода, так и от жары; в случае необходимости он может испарять свою собственную влагу, теряя до 30% своего веса, либо изменять температуру своего тела с 41 до 34°C.

Размеры и форма тела также связаны с температурными условиями. Среди родственных видов обитатели холодных районов обычно крупнее своих теплолюбивых сородичей — «правило Бергмана». Суть данного правила состоит в следующем: чем крупнее животное, тем меньше отношение поверхности его тела к объему и, следовательно, меньше потери тепла. Точно так же объясняется и другая

закономерность — «правило Аллена»: у животных, обитающих в холодном климате, выступающие части тела (уши, лапы, хвост) обычно бывают короче.

Характерно, что организмы адаптируются не только к температурным колебаниям, но и к динамике влажности, освещенности, солнечной радиации и другим экологическим факторам. Чем выше способность вида адаптироваться к отдельным факторам, тем больше шансов выжить в условиях окружающей среды.

Большинство биологических видов приспособлено не к определенным значениям данного фактора, а к его временным флуктуациям. Организм способен выживать только в пределах определенного диапазона изменчивости данного фактора. Как при более низких, так и при более высоких его значениях жизненные процессы оказываются заторможенными, поэтому может наступить гибель организма. Зависимость интенсивности жизнедеятельности организма или популяции от интенсивности фактора имеет колоколообразную форму и называется кривой толерантности (выносливости) (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Кривая толерантности организмов

Данная кривая имеет две критические точки, определяемые минимальным и максимальным значениями экологического фактора. Заключенный между ними интервал изменчивости фактора является диапазоном экологической толерантности. Чем шире амплитуда колебаний фактора, при которой организм может сохранять жизнеспособность, тем выше его устойчивость, т.е. толерантность к

тому или иному воздействию. Таким образом, толерантность (от лат. *tolerantia* — терпение) — это выносливость организмов по отношению к колебаниям какого-либо экологического фактора, способность организма выдерживать отклонения экологического фактора от оптимальных значений.

Для каждого вида организмов по каждому экологическому фактору можно определить зону оптимума, в которой условия его существования будут наиболее благоприятными, активность организма будет максимальной, а сам он будет лучше и быстрее расти, развиваться, размножаться. Специфические адаптивные механизмы дают возможность организму переносить определенный размах отклонений фактора от оптимальных значений без нарушения его нормальных функций. Эти значения фактора формируют зоны сниженной активности. Зон с такими значениями две — соответственно отклонению фактора от оптимума в сторону либо недостатка, либо избытка.

Дальнейший сдвиг значений фактора в сторону увеличения или уменьшения снижает эффективность действия адаптивных механизмов и, как следствие, нарушает жизнедеятельность организма (замедляется рост, нарушаются циклы размножения и т. д.). Значения любого экологического фактора, близкие к предельным минимальным и максимальным величинам, образуют зоны угнетения, или стрессовые зоны. В стрессовых зонах активность организмов обычно сильно ограничена. При достижении минимального и максимального значений фактор станет несовместим с жизненными процессами, а в организме произойдут изменения, вызывающие его гибель.

Адаптация к любому фактору связана с затратой энергии. В зоне оптимума энергия расходуется только на фундаментальные жизненные процессы. При выходе за пределы оптимума включаются адаптивные механизмы, функционирование которых связано с затратами энергии: чем больше отклонение, тем больше затраты.

Условия окружающей среды проявляют значительную изменчивость во времени и в пространстве. Это могут быть периодически повторяющиеся изменения (при смене времени года или суток, при приливах и отливах), хаотические (стихийные бедствия) либо медленные однонаправленные изменения (например, потепление климата). Лишь немногие виды населяют места, в которых условия существования остаются неизменными в течение их жизни.

Степень приспособляемости организмов к изменениям условий среды характеризуется экологической валентностью (пластичностью) вида. Виды, способные существовать только при небольших откло-

нениях фактора от оптимальной величины, называются стенобионтами (от греч. *stenos* — узкий). Виды, выдерживающие значительные изменения фактора, — эврибионты (от греч. *euryus* — широкий) (рис. 3.2). Такие виды легче расселяются по территории, выживают и размножаются в различных условиях, имеют более широкий ареал распространения, менее подвержены влиянию деятельности человека. *Стенобионтность* и *эврибионтность* характеризуют различные типы приспособлений организмов к выживанию.

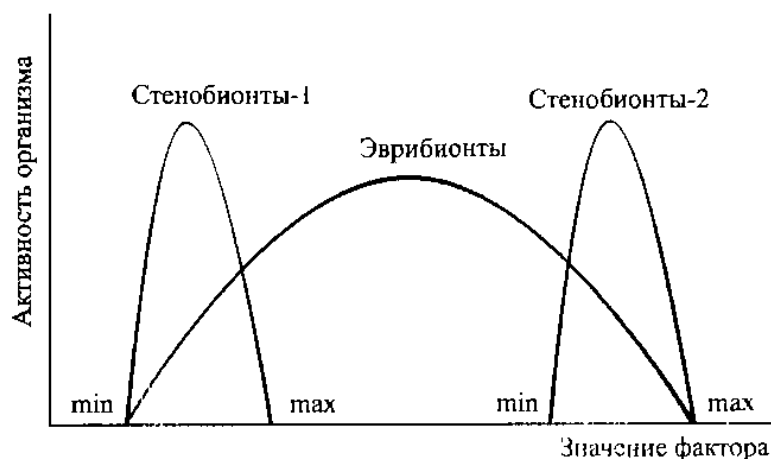


Рис. 3.2. Экологическая валентность видов

Виды, долго живущие в стабильных условиях, могут из эврибионтов превратиться в стенобионтов и наоборот. По отношению ко всем факторам среды эврибионтных организмов очень мало. Чаще всего эти качества проявляются по отношению к одному или нескольким факторам. Названия конкретных экологических типов организмов создаются на основе латинского или греческого названия данного фактора с приставкой эври- или стено-. Например, организмы, которые могут существовать в широком диапазоне температур, называются *эвритермными*, а в узком — *стенотермными*.

Помимо величины зоны толерантности, может изменяться и положение оптимума на шкале количественных изменений фактора. Кривая активности организма в зависимости от величины экологического фактора не всегда имеет симметричный вид. Во многих случаях оптимум может располагаться вблизи крайних точек, а наиболее благоприятным для организма будет тот диапазон, в котором напряженность фактора является максимальной или минимальной.

Исследования экологической устойчивости организмов привели к уточнению принципа толерантности. Существует ряд ограни-

чений, определяющих изменчивость толерантности во времени и пространстве в зависимости от категории особей.

1. Зона толерантности и положение оптимума данного фактора могут быть различны для разных функций организма. Например, термические границы толерантности многих организмов шире для выживания, чем для размножения. Шпрот выживает в воде с температурой от 0 до 10 °С и выше, а нерестится в интервале температур от 8 до 11 °С; балтийская треска имеет зону толерантности от – 2 до +6 °С, а нерест совершает при 4–5 °С.

2. Толерантность организма может зависеть от пола и возраста. Например, температурный оптимум и ширина зоны толерантности у молодых и взрослых особей, а также самцов и самок одного вида значительно различаются (рис. 3.3).

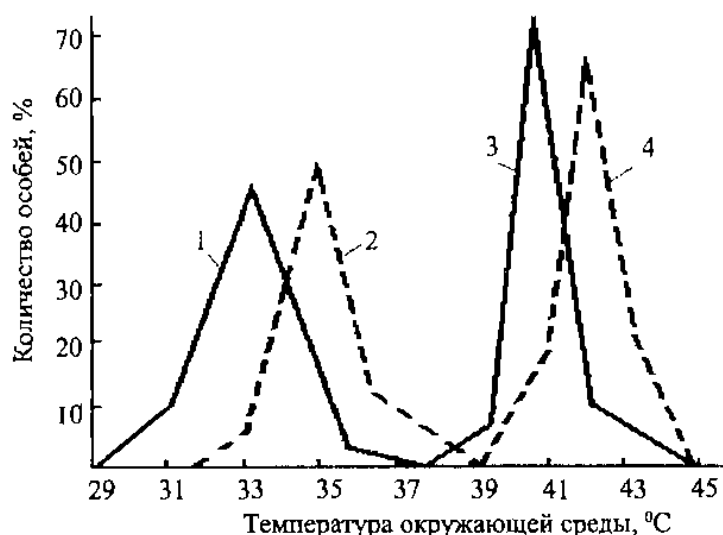


Рис. 3.3. Зависимость толерантности от пола и возраста жука-усача:
1, 2 — личинки; 3, 4 — взрослые особи;
сплошные линии — самки; штриховые — самцы

3. Одни и те же виды организмов, живущие в различных ареалах, могут иметь различные границы толерантности (рис. 3.4). Таким образом, именно локальные популяции, а не биологический вид в целом проявляют приспособляемость к характерным для данной местности интенсивностям фактора.

4. Экологическая толерантность может изменяться под воздействием других факторов среды. Например, в зависимости от влажности воздуха термические границы толерантности соснового шелкопряда могут изменяться: при влажности воздуха 10% температурный диапазон выживания — от 14 до 25 °С, а при влажности 60% — от 10 до 32 °С.

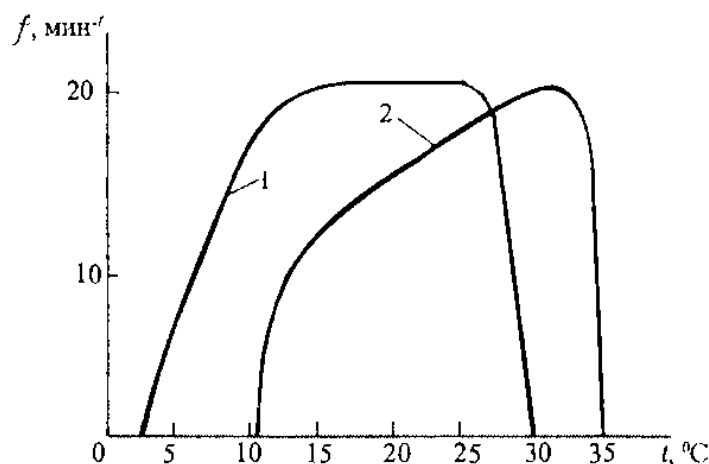


Рис. 3.4. Активность пульсационных движений медузы в зависимости от температуры: 1 — северная популяция; 2 — южная популяция

5. На выносливость организмов влияет скорость изменения экологического фактора. Например, при резком охлаждении одного из видов гусениц с $+15$ до -20 °C и дальнейшем их согревании не удалось спасти ни одну из особей, но при медленном понижении температуры их удалось охладить практически до абсолютного нуля и затем почти всех вернуть к жизни.

Информация об оптимальных значениях отдельных факторов и диапазоне выносливости (толерантности) организма по отношению к конкретным факторам имеет значение для общей характеристики вида при решении таких задач, как акклиматизация видов в новых условиях, влияние антропогенной деятельности на организмы, связанное с существенными колебаниями отдельных экологических факторов.

Экологическая толерантность вида является выражением степени его приспособления к условиям среды и определяется соответствующим ареалом, т. е. областью географического распространения, особей данного вида.

3.3. Лимитирующие факторы среды обитания

В природе на организм одновременно воздействует огромное количество экологических факторов. поэтому при их анализе необходимо выделять наиболее значимые. Все факторы воздействуют в тесной взаимосвязи, оптимум и границы выносливости организмов по отношению к одному фактору зависят от других воздействий. Однако это взаимное влияние ограничено, и ни один фактор не может быть полностью заменен другим. Например, обилие пищи

увеличивает устойчивость организма к климатическим факторам (допустим, к низким температурам). Но если температура окружающей среды будет близка к критическому значению, то никакое пищевое изобилие не спасет организм от гибели.

Поэтому из всего перечня экологических факторов, воздействующих на конкретный организм, ограничивающим будет являться либо отсутствующий полностью, либо находящийся вблизи критических значений. Фактор, уровень которого оказывается близким к пределам выносливости организма, т. е. присутствующий в избытке или недостатке, называется лимитирующим.

В 1840 г. химик-органик Ю. Либих, занимаясь агрохимией растений, сформулировал «закон минимума». Он установил, что развитие растений зависит не только от тех веществ или факторов, которые присутствуют в достаточном для организма количестве, но и от тех, которых не хватает. Например, достаточное для растений содержание в почве азота или фосфора не может компенсировать недостаток магния, калия или железа.

Согласно закону минимума, выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. Экологические факторы, находящиеся в недостатке, т.е. близкие к необходимому минимуму, ограничивают жизнедеятельность организмов. Дальнейшее уменьшение фактора ведет к гибели организма или разрушению экосистемы.

В 1913 г. американский ученый В. Шелфорд доказал, что не только вещества, находящиеся в недостатке, определяют жизнеспособность организма, но и избыток какого-либо вещества также может приводить к нежелательным последствиям. Из повседневного опыта известно, что не только недостаток влаги сдерживает рост и развитие растений. Избыток воды также ведет к аналогичным последствиям. Факторы, присутствующие в избытке или в недостатке, были названы Шелфордом лимитирующими, а правило стало называться «законом лимитирующего фактора», или «законом толерантности». Согласно этому закону, лимитирующие факторы ограничивают жизнедеятельность организмов.

Конечно, закон лимитирующих факторов Шелфорда справедлив не только для растений, но и для всех остальных живых организмов. В качестве лимитирующего фактора могут выступать температура, влажность, концентрация какого-либо вещества в воде, воздухе, почве, пищевые ресурсы и пр. Воздействие загрязняющих веществ антропогенного происхождения также подчиняется закону лимитирующих факторов. Для каждого загрязняющего вещества существу-

ет предельно допустимая концентрация, т.е. верхнее критическое значение, превышение которого приводит к необратимым изменениям в организме человека или в окружающей среде.

3.4. Коэволюция видов

Растения и животные, автотрофы и гетеротрофы, с первых дней возникновения развиваются совместно, обуславливая возможность своего сосуществования. С древнейших времен и до настоящего времени они проходили свой эволюционный путь в тесном контакте, в тесной взаимосвязи и взаимозависимости. В процессе сопряженной эволюции у различных видов растений и животных выработались взаимные приспособления друг к другу, коадаптации, столь прочные, что раздельно жить в современных условиях они уже не могут.

Примером исторически возникших глубоких взаимных приспособлений могут служить коадаптации насекомоопыляемых растений и насекомых-опылителей. Некоторые цветки доступны лишь для определенных насекомых, которые, в свою очередь, отыскивают их и обеспечивают опыление. Причем выраженная индивидуальность структуры, формы, цвета и запаха цветка часто определяется вкусом специфических опылителей.

Например, цветки некоторых видов орхидей настолько специализированны, что их опыление может быть произведено лишь немногими насекомыми. Эти цветки так похожи на осиних самок, что самцы, завидя их, устремляются к ним «на крыльях любви», но когда они убеждаются в обмане, то к этому времени успевают густо покрыться пылью орхидей; с теми же намерениями самцы направляются к другому цветку, попутно производя опыление.

В бразильских лесах на реке Амазонке растет «королевская лилия» с гигантскими круглыми листьями (в диаметре до 4 м). У нее имеется свой жук-опылитель (длина тела 2,5 см), с которым растение своеобразно обращается. В частности, жук, рассчитывая полакомиться тычинками, заползает в цветок и оказывается в заточении: лепестки наглухо за ним захлопываются. Через сутки цветок раскрывается и выпускает невольника, тело которого покрыто пылью растения. Жук-опылитель отправляется к новому цветку, чтобы заодно опылить и его.

Таким образом, насекомые, птицы и млекопитающие оказали огромное влияние на растения — на развитие у них ярко окрашенных цветков, на формирование защитных приспособлений анатомо-

морфологического, биохимического и физиологического характера, на эволюцию съедобных плодов. С другой стороны, растения также сыграли большую роль во взаимоотношениях с животными. Именно в процессе сопряженной эволюции определились группы животных со специализированным питанием: плодоядные, семеноядные, питающиеся нектаром, зелеными органами растений и т. д. Следовательно, биологическая эволюция является результатом взаимодействия организмов.

По теории Дарвина, одним из важнейших факторов эволюции является борьба организмов, конкуренция. Однако взаимопомощь, взаимное влияние, или коэволюция видов является не менее важным фактором. *Коэволюция* — это эволюционные изменения организмов, происходящие не за счет обмена генетической информацией, а за счет взаимного воздействия групп организмов друг на друга. Теория коэволюции объясняет разнообразие организмов, появление полов и другие феномены.

Взаимодействия типа «хищник — жертва» существуют практически с момента возникновения жизни. За это время шла параллельная эволюция обеих популяций: у жертвы вырабатывались эффективные средства защиты, а у хищника — средства нападения.

Средства защиты растений от поедания животными чрезвычайно разнообразны — толстая кора, шипы, колючки. Существуют и растения, вырабатывающие многочисленные химические вещества, делающие их несъедобными и даже ядовитыми. Есть точка зрения, что растения специально затрачивают энергию на синтез этих веществ. Но как бы ни были ядовиты растения, практически всегда находятся фитофаги, приспособившиеся к данным токсическим веществам, способные жить в окружении этих веществ.

Коэволюция ведет к сохранению признаков, благоприятных для популяций и сообществ в целом, но не всегда выгодных для отдельных представителей. Допустим, «хищник» для «жертвы» является отрицательным фактором, что ускоряет естественный отбор, приводит к возникновению новых адаптаций, морфологических и физиологических изменений и, следовательно, к снижению вредности хищника. Однако «хищники» регулируют численность популяций, не имеющих механизмов предотвращения перенаселения, а потому являются необходимым фактором для вида в целом.

В системе «паразит — хозяин» естественный отбор в ходе эволюции должен был бы привести к снижению вредности паразита для «хозяина», однако это тоже не всегда так. В результате борьбы за существование, как правило, усложняются и те и другие виды.

На изучении принципа коэволюции основана гипотеза, объясняющая происхождение полов в системе «паразит — хозяин». По теории Дарвина, наиболее эффективным было бы бесполое размножение, так как при половом размножении мужские особи затрачивают значительно меньше энергии на создание и выращивание потомства, чем женские. Но тогда приспособления (адаптации) к условиям окружающей среды происходили бы при появлении новых признаков у потомства только в результате мутаций. Половые различия у «хозяина» дают возможность обмениваться при размножении генетической информацией, а следовательно, быстрее изменять признаки в потомстве, что делает потомков более устойчивыми к «паразитам».

Паразиты обычно бесполо, так как имеют малый период жизни, поэтому в ходе эволюции быстро приобретают новые признаки за счет мутаций и не нуждаются в наличии полов. Таким образом, естественный отбор, конкуренция в ходе эволюции приводят к снижению степени отрицательного влияния одного вида на другой. С этой точки зрения виды, взаимодействующие по типу «паразит—хозяин», со временем могут прийти к «комменсализму» (паразит становится безопасным для хозяина), а затем даже к мутуализму (взаимовыгодному сожительству). Но так происходит не всегда, поскольку паразиты являются обязательной частью экосистемы, необходимой для ее сохранения и развития. В ходе коэволюции происходит усложнение экосистем и увеличение их разнообразия.

Теория коэволюции лежит в основе одной из гипотез происхождения *эукариотических* клеток (содержащих ядро). В 60-е годы XX в. было высказано предположение о том, что эукариотные клетки появились в ходе симбиоза простых *прокариотных* клеток, таких как бактерии. Митохондрии (клеточные органеллы, производящие энергию из кислорода и углеводов) произошли от анаэробных бактерий, хлоропласты — от фотосинтезирующих бактерий и т. д. Изучение дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) растительных организмов подтверждает гипотезу о том, что сложные растения произошли от простых.

С этой точки зрения симбиоз является одним из наиболее созидательных факторов, приводящих к появлению новых признаков, новых видов. При этом естественный отбор, который играл главную роль в дарвиновском учении, становится сопутствующим фактором, т. е. эволюция идет не только за счет естественного отбора на видовом уровне, но и за счет коэволюции, взаимного отбора на уровне сообществ.

Контрольные вопросы

1. Что такое экологический фактор? Какие классификации экологических факторов вам известны?
2. К каким факторам организмы легче приспосабливаются, почему?
3. Приведите примеры основных абиотических факторов, дайте их характеристику.
4. Какие биотические факторы являются важнейшими? Дайте характеристику основным биотических факторов.
5. Что называется адаптацией, в чем состоит ее значение? Приведите примеры адаптаций.
6. В чем заключается толерантность организмов? Изобразите кривую толерантности и охарактеризуйте ее.
7. От чего зависит толерантность организмов?
8. Какие факторы называются лимитирующими? Сформулируйте закон лимитирующих факторов.
9. В чем состоит принцип коэволюции? Каково значение коэволюции для развития видов?

Глава 4. ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Человек — один из миллионов видов живых организмов, существующих в биосфере, который во многом подобен другим живым существам. В то же время в процессе развития общества человек приобрел многочисленные отличия от других биологических видов. Эти отличительные особенности призвана изучать экология человека.

Экология человека — это комплексная наука о взаимодействии человека как биосоциального существа со сложным многокомпонентным окружающим миром, с постоянно усложняющейся динамической средой обитания. Экология человека изучает вопросы развития народонаселения, сохранения здоровья людей, совершенствования физических и психических возможностей человека.

4.1. Генетическое и культурное наследие человека

В процессе эволюции биосферы происходили кардинальные изменения, приводившие к возникновению новых видов живых организмов, принципиально отличающихся от всех предыдущих. Так, постепенно произошло возникновение многоклеточных организмов, позвоночных животных, животных с постоянной температурой тела и т. д. Возникновение человека также связано с формированием определенного генотипа.

У человека, как и у любых других живых существ, информация обо всех свойствах и особенностях организма передается по единому механизму, обусловленному двойной спиралью ДНК. Одна и та же аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) является главным переносчиком энергии в клетках. Генетическое кодирование у человека, так же как у полипов, птиц, рыб и пресмыкающихся, осуществляется с помощью четырех азотистых оснований — аденина, гуанина, тимина и цитозина. В строении нервной ткани и сердечно-сосудистой системы, печени, почек, мускулов и костей, в мельчайших деталях строения клеток, во всем сложнейшем механизме жизни человек в принципе не отличается от всех других живых существ.

Поведение человека во многом подобно поведению животных. Не столь уж велика разница между условными рефлексам у животных и воздействием ценностных установок и стереотипов на поведение людей. Человек — существо общественное. Существует множество аналогий между поведением групп людей и групп общественных животных: возникновение сложной иерархии в коллективе, выделение неформального актива лидеров и др. И наконец, численность популяций людей в принципе подчиняется тем же закономерностям, что и численность иных популяций, и определяется соотношением биологического потенциала и сопротивления среды.

Таким образом, человек имеет очевидное сходство с другими представителями живого мира, особенно отряда приматов. Предположение о происхождении человека от обезьяноподобных предков высказывалось уже в XVIII в. Одним из сторонников этой гипотезы был И. Кант, позже ее поддерживали Ж.-Б. Ламарк и К. Линней. Впоследствии большое значение имели труды Ч. Дарвина.

Современные исследования строения ДНК показали, что данное родство — еще более близкое, чем это представлялось Ч. Дарвину. После сравнения ДНК человека и обезьян выяснилось, что человек отличается от шимпанзе всего на 2,5%, чуть больше — от гориллы, а от низших обезьян отличие составляет немногим более 10%. Это, конечно, не означает, что ныне живущие шимпанзе или гориллы — точные копии предков человека. Просто у человека с этими обезьянами имелись общие предки — дриопитеки (древесные обезьяны), обитающие на деревьях. Во времена жизни дриопитеков климат планеты претерпел сильные изменения: тропические джунгли сменились пространствами, лишенными лесов. Возможно, это обстоятельство сказалось на жизни дриопитеков и заставило их перейти к наземному образу существования.

Современная наука относит человека разумного (*Homo sapiens*) к семейству людей, подотряду человекообразных обезьян отряда приматов. Первые приматы появились 70 млн лет назад, первые человекообразные обезьяны — порядка 34 млн лет назад. Все виды, входящие в отряд приматов, обладают общими признаками, в том числе наличием пятипалой хватательной конечности, способностью первого пальца противостоять остальным; их пальцы снабжены ногтями, а не когтями, глаза направлены вперед; они обладают богатым набором способов общения звуками, мимикой, жестами, имеют высокий уровень стадных отношений и т. д. Появлению разумного человека на Земле предшествовало несколько видов человекообразных существ (*гоминоидов*) и первобытных людей (*гоминидов*).

Одним из наиболее важных вопросов является вопрос о прародине человечества. Современные данные палеонтологических исследований подтверждают точку зрения Ч. Дарвина об африканском происхождении человека. За последнее столетие было найдено немало останков австралопитеков — первого из представителей гоминоидов — в Южной и Восточной Африке. Австралопитеки существовали в интервале времени от нескольких миллионов до миллиона лет тому назад, были в значительной степени хищниками, охотились на различных животных, применяя для этой цели простейшие орудия. Таким образом, употребление животной пищи, характерное для современного человека, имеет древнее происхождение.

Первым достижением австралопитеков стало прямохождение, о чем свидетельствует строение его тазовых костей. Это привело к резкому изменению взаимосвязей между органами и конфигурации позвоночника. Преимущество такого способа передвижения — высвобождение двух передних конечностей, рук. Теперь ими можно было держать камни, палки, другие орудия. Австралопитеки, судя по всему, еще не создавали своих орудий, а использовали в этом качестве то, что находили.

Начиная с Ч. Дарвина, было принято считать, что толчком к началу прямохождения было изменение климата (похолодание) и условий среды обитания (отступление лесов, распространение саванн). Однако сейчас установлено, что на этот путь стала только одна из нескольких сотен предковых форм, одновременно существовавших в тех условиях. Остальные виды оказались обреченными на вымирание. Очевидно, ухудшение условий жизни лишь усилило действие естественного отбора, но не могло служить первопричиной.

При изучении природных условий, сложившихся на территории прародины человечества 5–20 млн лет назад, были обнаружены уни-

кальные явления. Землетрясения, сдвиги земной коры, извержения вулканов привели к выходу на поверхность Земли урановых руд (в частности, на территории современных Эфиопии, Кении, Танзании, где с севера на юг проходит грандиозный разлом земной коры — Великий Африканский рифт). Это привело к увеличению естественной радиоактивности на большой территории. Все это могло явиться одной из причин возникновения мутаций, приведших к появлению первых прямоходящих обезьян. Впоследствии данные мутации были закреплены действием естественного отбора.

Вторым важным изменением во внешнем виде австралопитеков стала утрата шерсти. Предки человека обладали вдвое-втрое большей активностью, чем другие животные равного размера. Более интенсивное энерговыделение привело к постоянному перегреву организма, так как шерсть в сухой и жаркой саванне значительно затрудняла охлаждение организма. Это и вызвало потерю волосяного покрова.

Следующими в эволюционной лестнице приматов были первые представители рода *Номо* — гоминиды. Они появились около 2—2,5 млн лет назад. Это были человек умелый (*Homo habilis*) и человек выпрямленный (*Homo erectus*), или *питекантроп*. Эти «первые люди» уже создавали примитивные орудия труда. Одеждой им служили шкуры убитых животных. Правая рука была более развита, чем левая. Вероятно, они владели примитивной членораздельной речью. Данный период был первым периодом материальной культуры человечества — *палеолитом*.

Большое значение для эволюции вида *Номо* имели изменения климата, которые были следствием похолодания в высоких широтах. Изменилась система атмосферной циркуляции, в тропиках резко уменьшилось количество выпадаемых осадков, в результате чего тропические леса в ряде областей сменились саваннами и полупустынями. Воздействие природного окружения и необходимость усложнения деятельности привели к появлению около 250 тыс. лет назад древней разновидности разумного человека — *неандертальца* (*Homo sapiens neandertalensis*). Он был грубо сложен, у него были низкий лоб и скошенный подбородок. Но он имел более развитый головной мозг, чем его предшественники — питекантропы, которые в конце концов вымерли. Решающим толчком в развитии неандертальцев были периодически возникающие оледенения четвертичного периода развития Земли. Они чередовались с относительно теплыми периодами межледниковья. Неандертальцы вынуждены были приспосабливаться к суровым климатическим условиям. Они носили

одежду из шкур, строили примитивные жилища или жили в пещерах, охотились на крупных зверей, а около 60 тыс. лет назад научились добывать огонь. О высоком уровне развития культуры неандертальцев можно судить по тому, что орудия, найденные археологами в разных областях Земли, не являлись одинаковыми, как прежде. Начиная складываться одна из особенностей культуры человечества — ее разнообразие. В это же время появились физические отличия обитателей разных областей Земли, начали формироваться расы.

Сейчас еще не совсем ясно, как происходила смена неандертальца человеком разумным. Известно, что последний появился довольно внезапно в Европе, Юго-Восточной Азии и Африке. В Палестине найдены скелеты неандертальцев, более развитых по сравнению с другими своими сородичами, обладавших признаками современного человека: руки стали менее мощными, лоб — более высоким, появился подбородочный выступ. Этот тип называли *Homo sapiens sapiens* («человек дважды разумный», в отличие от неандертальцев).

По мнению некоторых антропологов, первым представителем *Homo sapiens sapiens* была женщина, жившая в Западной Африке около 200 тыс. лет назад. Оттуда представители этой ветви распространились на Ближний Восток, где встретились с неандертальцами. Последние, не выдержав конкуренции с более прогрессивным видом, вымерли 25 тыс. лет назад. В эту эпоху люди заселили все континенты, кроме Антарктиды. По возникшим ледяным мостам 20 тыс. лет назад они проникли в Австралию, 10–40 тыс. лет назад была заселена Америка, а территория Восточно-Европейской равнины была заселена 24–30 тыс. лет назад.

Последствия расселения человечества по всей суше нашей планеты и обживания самых разнообразных экологических ниш выявляются в первую очередь в сфере биологии человека. Адаптация к географическим условиям различных экологических ниш привела к расширению комплекса признаков современного человека. Каждый из адаптивных типов человека соответствует какому-либо географическому поясу — арктическому, умеренному, континентальному или высокогорному. Эти типы включают в себя комплекс генетических приспособлений к условиям различных поясов.

Расселение человека по земной поверхности имело огромное значение не только для формирования биологии человека, но и для развития его культуры. Заселение новых районов сталкивало древнейших людей с новыми видами живых организмов, стимулировало поиск совершенных видов охоты, расширяло перечень съедобных растений, знакомило с новыми породами каменного материала и

заставляло изобретать новые способы его обработки. Культура человечества в ходе расселения перестала развиваться единым потоком. Внутри ее стали формироваться отдельные направления, отражающие условия существования человеческих сообществ в разных климатических поясах и развивающиеся с разной скоростью.

Освоение новых климатических ниш человеком было бы невозможно без наблюдения за ходом природных процессов и явлений, без знания привычек животных и сведений о растениях. Запас знаний, которые приобретало человечество в ходе расселения по земной поверхности, сыграл значительную роль при формировании производящего хозяйства и переходе к цивилизации.

Важным фактором дальнейшего развития человека явилось резкое увеличение объема головного мозга. Причиной этого, вероятно, служило несоответствие технических средств, которыми располагали предки человека, тем задачам, которые им приходилось решать. По мнению ученых, чем менее совершенными орудиями охоты и труда располагали предки человека, тем в большей степени они должны были восполнять эти недостатки более высоким уровнем умственной деятельности, позволявшим побеждать при столкновении с крупными животными. Постепенно прогрессивные изменения в развитии головного мозга закреплялись путем естественного отбора. Следовательно, возникновение современного человека могло произойти в тех экологических условиях, которые предъявляли более высокие требования к его умственной деятельности. Дальнейший прогресс материальной культуры вида *Homo sapiens sapiens* также происходил более интенсивно в тех районах, где природные условия не обеспечивали необходимого количества растительной пищи и требовали продолжения охоты на крупных животных.

Если же добывание пищи было обеспечено наличием съедобных растений или легкодоступных животных (как, например, при заселении Австралии), то развитие культуры существенно замедлялось. Отсюда большая пространственная и временная неравномерность культурного развития первобытного человека в различных регионах нашей планеты, о чем свидетельствуют археологические находки. Необычные природные условия и новый мясной рацион стимулировали умственную деятельность, заставляя отказаться от привычного автоматического животного поведения. С этого времени человек перестал быть просто биологическим видом, зависящим от природы. Он сам стал интенсивно воздействовать на окружающую среду, видоизменяя ее в ходе своей деятельности.

Несмотря на огромное сходство человека с другими биологическими видами, существуют и значительные отличия. Так, накопления культуры и цивилизации, передающиеся из поколения в поколение в процессе обучения и не содержащиеся в генетической программе, являются уникальными свойствами, присущими только человеку. Человек (*Homo sapiens*) оказался единственным видом, у которого идет накопление опыта, знаний и умений и передача их из поколения в поколение. Только человек научился использовать естественное, техническое и культурное наследие для увеличения своей конкурентоспособности и изменения условий окружающей среды.

Именно открытие возможности накопления культурной информации в дополнение к генетической привело к эволюции генотипа и морфологической структуры человека в направлении лучшего использования этой возможности. Произошло увеличение мозга как емкости для сохранения культурной информации и возникновение языка как средства передачи накопленной информации.

У человека особенно развита кора головного мозга и те ее части, которые отвечают за принятие решений, обобщение информации, связаны со способностью к предсказанию и предвидению, к творческой деятельности. У шимпанзе эта область коры занимает 17%, у собаки — 7, а у человека — 29% при несравненно большем общем объеме коры головного мозга. Это определило способность человека к творчеству, в том числе к техническому (например, создание разнообразных орудий труда), а также к абстрактному мышлению.

Возникновение речи было одним из кардинальных изменений в генотипе человека. В отличие от генетически закрепленных звуковых сигналов, используемых животными, человек стал способен передавать по наследству культурный язык. Развитие речи многократно увеличило возможности общения между людьми в процессе их совместной деятельности, передачи опыта и знаний младшим, обучения. С развитием языка стало возможным специализированное накопление информации отдельными людьми. Это привело к возникновению общества — социальной структуры, основанной на культурной специализации, в отличие от генетически закрепленных специализаций в животных сообществах.

Другой отличительной особенностью человека является его способность к труду. Еще Ф. Энгельс связал выделение человека из животного мира с его трудовой деятельностью. Человек делал открытия и создавал орудия труда, а эти орудия изменяли самого человека, оказывали решающее влияние на его эволюцию. Например, ис-

пользование огня для приготовления пищи позволило «облегчить» череп человека, изменить его вес и форму. Приготовленная на огне пища, в отличие от сырой, не требовала мощных мышц для ее пережевывания. А более слабым мышцам не нужен был для закрепления теменной гребень, имевший место у более древних предков человека.

Итак, сущность человека как биосоциального существа развивается под воздействием двух программ — генетической, создающей биологические основы жизни человека, и социальной, которая, опираясь на его биологические особенности, формирует его сознание.

Как биологический вид *Homo sapiens* в течение 40 тыс. лет не претерпел никаких существенных изменений, но в ходе культурного развития достиг современного уровня производства. С каждым поколением все больше развивается мозг, новые профессии требуют новых навыков рук, при улучшении условий жизни и успехов медицины увеличивается продолжительность жизни. Однако все это не вызывает существенных изменений в наследственности. Прогрессивные изменения определяются внешними условиями существования человека в обществе.

Таким образом, благодаря генетическому наследию неуклонно воспроизводится одно поколение людей за другим, а качественные особенности формируются у каждого человека в каждом поколении путем усвоения материального и духовного культурного наследия. Следовательно, культура и цивилизация так же необходима человеку, как и его генетическая программа. Уничтожение и того, и другого приведет к прекращению существования человека.

Генетическая информация о структуре любого биологического вида надежно сохраняется и не может быть утеряна, пока существует достаточное для воспроизводства вида количество особей. Однако все увеличивающееся загрязнение биосферы отходами антропогенной деятельности ведет к необратимым изменениям в генетической программе человека. О начавшемся распаде генотипа человека свидетельствуют данные роста числа генетических заболеваний в развитых странах, снижение иммунитета человека, возникновение новых заболеваний. Наблюдается рост генетически неполноценных детей.

Культурное наследие также может быть утеряно при жизни человека в процессе накопления и эволюции культурной информации. Изменяя окружающую среду, человек меняет и свою культуру, причем эти изменения не способствуют его выживанию. Однако к прежнему существованию он вернуться уже не может вследствие утраты прежней культуры.

4.2. Особенности развития экосистемы человека

Анализируя эволюцию человеческого рода с момента возникновения до настоящего времени, можно заметить, что существует несколько огромных периодов, каждый из которых характеризуется спецификой влияния общества на природу и природы на общество, в рамках которых формируются особенности экосистемы человека. Эти периоды можно рассматривать как эпохи глобального расширения сферы человеческой цивилизации, освоения планетного и космического пространства и меняющегося отношения человека к природе.

Как биологический вид человек может обитать только в пределах суши экваториального пояса (тропики, субтропики), где и возникло семейство *гоминид*. По вертикали его экологическая ниша простирается на 3–3,5 км над уровнем моря. Но благодаря своим социальным свойствам (разуму, речи, способности к трудовой деятельности) человек значительно расширил ареал своего обитания. Так, он может выживать, преодолевая сопротивление лимитирующих факторов (частично путем адаптаций к новым условиям, но в большинстве своем с помощью различных искусственных приспособлений — жилищ, одежды и т. д.) и создавая новые экологические ниши для себя как биосоциального существа.

На первых этапах становления человеческого общества популяции человека чаще всего были представлены отдельными поселениями или их группами. Жители одного поселения являлись глобальным хозяйственным коллективом, связанным общим комплексом трудовых операций, сезонностью работы. Этот коллектив занимал определенную территорию и оказывал на нее постоянное преобразующее воздействие. Симбиоз между хозяйственным коллективом и освоенной им территорией можно назвать *антропогеоценозом*.

Хозяйственный коллектив антропогеоценоза получал от эксплуатируемой территории в первую очередь пищу. Пищевые цепи — это один из видов связей коллектива и среды. Они зависели от численности популяции, типа и интенсивности хозяйства, характеристик среды. Вторая связь осуществлялась через получение коллективом материалов для жилищ, одежды, орудий труда и охоты. На этом уровне возникали связи между различными антропогеоценозами, так как природная среда не всегда снабжала коллектив всем необходимым ему сырьем.

Исследования показывают, что уже тысячи лет назад стихийная деятельность человека приводила к крупным изменениям природ-

ной среды. Верхний палеолит был первой культурой, созданной человеком. Палеолитическая эпоха истории человечества охватила 4 млн лет. Экономической основой развития общества на всех стадиях палеолита была охота на крупных животных, сопровождаемая собирательством. Каждому собирателю требовалось около 550 га земли для нормального пропитания. Если принять, что ареал первобытного человечества составлял около 10^9 га, то численность первобытного человечества не превосходила 2 млн человек. В таких условиях предки-собиратели просуществовали около 1 млн лет.

Открытие огня и создание простейшего оружия позволило человеку занять нишу охотника и заселить территории с умеренным климатом, где жизнь в условиях собирательства невозможна. Население при этом выросло незначительно, так как территория потребления охотника больше территории потребления собирателя. Охота, кроме мяса, позволяла получать кости, шкуры, сухожилия и использовать их для изготовления орудий труда, жилищ, одежды, украшений, ловушек для животных. Охотники занимались и ловлей рыбы. Загонная охота, наподобие хищнических способов лова рыбы, приводила к гибели большого числа животных, которые не могли быть полностью использованы в пищу, так как древние охотники еще не владели приемами хранения пищи.

В эпоху верхнего палеолита, совпадающего по времени с последним *вюрмским* оледенением, исчезли многие крупные животные — мамонт, шерстистый носорог, гигантский олень, пещерный лев, пещерный медведь и др. Существуют данные о том, что именно первобытный человек оказал решающее влияние на исчезновение этих животных, хотя некоторые исследователи считают, что это связано исключительно с изменением природной обстановки, с процессами оледенения. Тем не менее самые крупные виды травоядных животных оказались наименее защищенными от охотников верхнего палеолита, так как они не могли восполнить потери численности от охоты на них высокой рождаемостью, как это имело место у более мелких — травоядных. Исчезновение же крупных хищников (пещерный лев, пещерный медведь), которые не были объектом массовой охоты, можно объяснить нарушением цепей их питания при вымирании соответствующих травоядных. Естественно, что более суровые природные условия в эту эпоху и уменьшение кормовых ресурсов для травоядных животных способствовали резкому уменьшению их численности.

Кроме того, данный период сопровождался ростом численности человеческой популяции. Это подтверждается ростом числа стой-

бищ человека по мере перехода к более поздним стадиям палеолита, о чем свидетельствуют археологические исследования. Чем больше было людей, тем больше они уничтожали животных, изменяя естественные экосистемы. В результате человечество столкнулось с исчезновением тех видов животных, которые на протяжении многих веков служили ему пищей.

Собиратели и охотники во многом были подобны обычным всеядным консументам в естественных экологических системах. Ситуация существенно изменилась, когда люди начали заниматься сельским хозяйством: животноводством и растениеводством. Человек стал отбирать отдельные виды дикорастущих растений и диких животных, создавать новые модификации этих видов, обеспечивать условия для их роста и размножения в домашних условиях, защищать от других видов живых организмов. За тысячелетия культурные растения и одомашненные животные существенно изменились благодаря селекции и гибридизации и уже не могли существовать без постоянного человеческого внимания.

Таким образом, возникла собственная, отличная от природной экосистема человека, включающая его самого, выращиваемые им растения и домашних животных. Эта искусственная среда требовала непрерывной поддержки и способствовала созданию специального инвентаря, сельскохозяйственного календаря, а также организации производства в соответствии с ним. Повышение производительности труда при производстве продуктов питания сделало возможным разделение труда, которое привело к развитию ремесла, промышленности, торговли, культуры. Таким путем возникло производящее хозяйство. Процесс становления производящего хозяйства продолжался длительное время, примерно до начала III тыс. до н. э. Это событие было настолько значительным в эволюции человеческого общества, что его называют *неолитической революцией*.

На этом этапе значительно возросло и влияние человека на природу. Уже с древних времен важным фактором воздействия человека на окружающую среду был огонь. Лесные и степные пожары применялись как средство для охоты на крупных животных, как основа подсечно-огневого земледелия. После вырубki леса и сжигания срубленных деревьев почва давала высокие урожаи даже при неглубокой обработке. Однако ее плодородие убывало достаточно быстро, и через 2—3 года приходилось рубить новые участки леса. Уничтоженный таким образом растительный покров практически не восстанавливался даже после прекращения его систематического выжигания. Широкое применение выжигания растительности привело к замет-

ным изменениям природных условий, включая флору, фауну, почвы, климат и гидрологический режим. Наряду с подсечно-огневым земледелием влияние на растительный покров оказывал чрезмерный выпас скота (без учета возможностей восстановления растительности). Степи и саванны постепенно приобретали черты полупустынь и пустынь. Изобретение искусственного орошения способствовало нарушению естественной системы речного стока.

Таким образом, в указанный период серьезным изменениям подверглось как само общество, так и степень его воздействия на природу. Оно выразилось в масштабных изменениях облика планеты — опустынивании земель, наступлении степи на лес, обезлесении многих территорий, высыхании речных русел. В этот период были сделаны серьезные шаги в сторону создания искусственной среды обитания человека. Но и само общество приобрело большую зависимость от природного окружения. Оно разрушало природу, стремясь все более и более приспособить ее к своим нуждам, и природа «мстила» человеку экологическими кризисами, истощением ресурсов и стихийными бедствиями. Хотя, с другой стороны, изменения окружающей среды создавали определенные стимулы для развития новых видов хозяйствования, технического и экономического прогресса.

Земледелие означало переход больших кочевых групп к оседлому образу жизни. Минимальные энергетические затраты на передвижение при обработке земли обеспечивались распределением земледельцев по индивидуальным участкам с образованием хуторов или небольших деревень. Сначала общины были небольшие — до 20 человек или немногим больше.

Рубеж IV—III тыс. до н.э. был ознаменован громадными сдвигами в жизни человечества — возникновением городов и организацией городской среды. Люди, проживающие в городах, питались продукцией, производимой в сельской местности. Экосистема человека приобрела новые черты: окультуривание ландшафта; вырубка леса; интенсификация земледелия, истощающая почву; выбросы отходов производства в почву, воздух и воду; рост рудников и каменоломен, оставляющих после себя огромные участки эродированной поверхности.

В первые века нашей эры постепенно происходил переход к следующему этапу, связанному с освоением ранее заброшенных территорий планеты, интенсификацией производства. Итогом этого периода явилась антропогенная миграция живого и косного вещества нашей планеты. Перемещение огромных масс людей в эпоху Великого переселения народов в первые века нашей эры, миграции (вме-

сте с ними) пород животных и растений, изменение навыков земледельческого труда, усовершенствование дорожной сети, развитие морской торговли — все это способствовало антропогенным миграциям химических элементов. Одновременно с этим существенно менялись границы экологических ниш, занимаемых человеком.

Около 200 лет назад люди начали использовать энергию ископаемого топлива для передвижения и обработки сельскохозяйственных угодий. Это позволило увеличить получение продукции в сельском хозяйстве и ввести в обработку значительные территории, непригодные к ручной обработке. Развитие промышленности, транспорта, сельского хозяйства, уровня потребления у людей все в большей мере способствовало деградации естественных экосистем и развитию искусственной среды обитания. Создание парового двигателя и появление железных дорог, изобретение электричества еще более усилили эти процессы.

Пятый этап взаимодействия природы и общества связывается с XX столетием — с эпохой научно-технической революции. Это период создания и использования новых технологий, одна из которых — применение атома и атомной энергии. Новые открытия привели, с одной стороны, к огромной технической оснащенности общества, а с другой стороны, к глобальным техногенным катастрофам. Параллельно произошло резкое увеличение численности населения, названное демографическим взрывом, что столкнуло человечество с голодом во многих регионах нашей планеты.

За долгий период развития общества человек научился производить продовольствие, бороться с хищниками и болезнетворными микробами; он создал одежду, дома, системы отопления, построил волохранилища, каналы, системы орошения. Все это позволило человеку преодолеть действие обычных лимитирующих факторов: нехватки пищи и воды, влияния хищников, болезней, низких и высоких температур, и дало человеческой экосистеме возможность распространиться по всему миру, потеснив, изменив или просто уничтожив многие естественные экосистемы. Однако в условиях развитого технически вооруженного общества на человека воздействует огромное количество новых факторов, находящихся периодически или постоянно за пределами толерантности человеческого организма. Это шум, вибрация, температура, электромагнитные поля, примеси веществ в воздухе, воде и почве, радиация и др. Все эти экологические факторы являются элементами современной экосистемы человека. По отношению к ним устойчивость человека мала, и такие факторы оказываются лимитирующими.

Изменение экосистем под влиянием хозяйственной деятельности происходит во много раз быстрее, чем их естественное саморазвитие. Для современных антропогенных экосистем характерны перестройка биохимических циклов, изменение водного и энергетического баланса, биотических соотношений, нарушение устойчивости и продуктивности. Происходит упрощение экосистем, уменьшаются их сложность и разнообразие.

Возможности человека позволяют удовлетворять его потребности за счет нарушения сложившегося в природе равновесия, за счет вытеснения многих элементов естественных экологических систем и создания искусственных, упрощенных антропогенных систем. Сообщество растений, животных, микроорганизмов, составляющих биоценоз на данной территории, заменяет одна, не лучшим образом приспособленная к жизни в данных условиях, но необходимая человеку монокультура. Человек выращивает эту культуру, уничтожая другие виды растений, животных, насекомых, разрушая сложившиеся в природе трофические цепи.

Человек заинтересован в получении максимума чистой продукции, для чего пригодны начальные этапы *сукцессионного* развития. Поэтому антропогенные системы обладают всеми недостатками молодых экосистем. Они лишены таких защитных функций, как устойчивый круговорот питательных веществ, регулирование численности популяций, естественное поддержание плодородия почвы и т. д.

При появлении в структуре экологической системы объектов промышленного производства, оказывающих влияние на ее функционирование, возникает новая искусственная экологическая система, которую можно назвать природно-промышленной системой. Ее основной особенностью является то, что практически все элементы этой системы находятся под постоянным воздействием промышленных предприятий. Сельскохозяйственные и лесные угодья, расположенные в этом районе, в большинстве случаев снижают свою продуктивность или полностью деградируют.

Обмен веществом между элементами такой природно-промышленной системы происходит путем вовлечения определенных технологических и природных ресурсов в материальное производство. Обмен энергией — путем превращения природных источников энергии в энергетические ресурсы производства, а также путем выделения в окружающую среду доли энергии, не использованной в производстве и превращенной в тепло. Обмен информацией позволяет судить о состоянии отдельных компонентов, целенаправленно кор-

ректировать процессы обмена веществом и энергией с помощью различных технологических мероприятий, причем скорости происходящих при этом изменений в антропогенной системе, как правило, очень велики.

Мобильность антропогенных экосистем, с одной стороны, позволяет регулировать и перестраивать их за сравнительно короткий период, часто измеряющийся жизнью одного поколения, а с другой стороны, требует особого внимания к возникновению в них неблагоприятных изменений, которые могут быстро достичь катастрофических величин.

4.3. Влияние среды обитания на здоровье человека

Все процессы, протекающие в биосфере, взаимосвязаны. Человечество — лишь незначительная часть биосферы, а человек является лишь одним из видов органической жизни — *Homo sapiens*. Разум выделил человека из животного мира и дал ему огромное могущество. На протяжении веков человек стремился сделать природную среду удобной для своего существования. Однако любая деятельность человека оказывает влияние на окружающую среду, а ухудшение состояния биосферы опасно для всех живых существ, в том числе и для человека. Всестороннее изучение человека, его взаимоотношений с окружающим миром привели к пониманию, что здоровье — это не только отсутствие болезней, но и физическое, психическое и социальное благополучие человека.

Здоровье человека можно рассматривать как основной признак, отражающий способность общности людей существовать в определенных условиях окружающей среды. Уровень здоровья — это совокупность средних демографических, медицинских, генетических, физиологических, нервно-психических и других показателей людей, составляющих общность. Уровень здоровья позволяет судить о жизне- и работоспособности, средней продолжительности жизни, способности к воспроизводству здорового населения, он существенно зависит от биологической истории популяции, однако во многом определяется и средой обитания. В настоящее время хозяйственная деятельность человека все чаще становится основным источником загрязнения биосферы. Различные химические вещества, находящиеся в отходах производств, выбрасываются в почву, воздух или воду, переходят по экологическим звеньям из одной цепи в другую, попадая в конце концов в организм человека. Реакции организма на загрязнение зависят от индивидуальных особенностей: возраста,

пола, состояния здоровья. Как правило, наиболее уязвимы дети, пожилые и больные люди.

Высокоактивные в биологическом отношении химические соединения могут вызвать эффект отдаленного влияния на здоровье человека: хронические воспалительные заболевания различных органов, изменение нервной системы, действие на внутриутробное развитие плода, приводящее к различным отклонениям у новорожденных. В результате загрязнения появляются новые, неизвестные ранее болезни. Причины их бывает очень трудно установить. Кроме химических загрязнителей, в природной среде встречаются и биологические, вызывающие у человека различные заболевания. Это болезнетворные микроорганизмы, вирусы, гельминты, простейшие. Они могут находиться в атмосфере, воде, почве, в теле других живых организмов, в том числе и в самом человеке. Человек, вторгаясь в природу, нередко нарушает естественные условия существования болезнетворных организмов и сам становится жертвой болезней.

Для нормального роста, развития и поддержания жизнедеятельности организму человека необходимы белки, жиры, углеводы, витамины и минеральные соли, поступающие из внешней среды в основном с пищей. Но теперь появилась новая опасность — химическое загрязнение продуктов питания. Растения способны накапливать в себе практически все вредные вещества. Вот почему особенно опасна сельскохозяйственная продукция, выращиваемая вблизи промышленных предприятий и крупных автодорог.

Излишек азотных удобрений ведет к снижению качества растительной продукции, ухудшению ее вкусовых свойств, снижению выносливости растений к болезням и вредителям, что, в свою очередь, вынуждает земледельца увеличивать применение ядохимикатов. Они также накапливаются в растениях. Повышенное содержание нитратов приводит к образованию нитритов, вредных для здоровья человека, способных вызвать у человека серьезное отравление и даже смерть.

Разнообразные факторы, связанные с ростом городов, также в той или иной мере сказываются на формировании человека и его здоровье. В больших городах особенно сильно проявляются недостатки специфической городской среды обитания — жилищная и транспортная проблемы, повышение уровня заболеваемости. В определенной степени это объясняется одновременным воздействием на организм двух, трех и более вредных факторов, каждый из которых обладает незначительным эффектом, но в совокупности приводит к серьезным бедам у людей.

Так, например, насыщение среды и производства скоростными и быстродействующими машинами повышает напряжение, требует дополнительных усилий от человека, что приводит к переутомлению. Хорошо известно, что переутомленный человек больше страдает от последствий загрязнения воздуха, инфекций. Загрязненный воздух в городе, отравляя кровь оксидом углерода, наносит некурящему человеку практически такой же вред, как и курение. Серьезным отрицательным фактором в современных городах является шумовое загрязнение.

Человек, как и другие виды живых организмов, способен адаптироваться, то есть приспосабливаться к условиям окружающей среды. Жизнь каждого человека можно рассматривать как постоянную адаптацию, но наши способности к этому имеют определенные границы. Способность восстанавливать свои физические и душевные силы для человека тоже не беспредельна.

В настоящее время значительная часть болезней человека связана с ухудшением экологической обстановки в нашей среде обитания: загрязнениями атмосферы, воды и почвы, недоброкачественными продуктами питания, возрастанием шума. Приспосабливаясь к неблагоприятным экологическим условиям, организм человека испытывает состояние напряжения, утомления. В зависимости от величины нагрузки, степени подготовки организма, его функционально-структурных и энергетических ресурсов снижается возможность функционирования организма на заданном уровне.

4.4. Энергетический и ресурсный потенциалы взаимодействия человека и природы. Проблемы народонаселения

Развитие человеческого общества, изменение взаимоотношений в системе «человек—природа» тесным образом связаны с использованием доступных источников энергии. Потребность в энергии — одна из основных жизненных потребностей человека. Энергия необходима не только для нормальной деятельности сложного современного общества, но и для физического существования каждого человеческого организма.

Влияние энергетического потенциала на человечество чрезвычайно велико — развитие промышленности, науки, культуры было бы невозможно без использования энергетических ресурсов Земли. Пользуясь энергией, человек создает для себя все более комфортные условия жизни, резко увеличивая разрыв между собой и природой. Величина удельного потребления энергии широко используется для

оценки напряженности взаимоотношений между человеческими общностями и окружающей средой. Весь длительный период освоения энергии человеком можно разбить на несколько этапов.

Первый этап начался с момента появления человека на Земле и продолжался до V–VII вв. н. э. — этап мускульной энергии. Человек нижнего палеолита поддерживал свое существование за счет энергии продуктов питания. Затем, около 200 тыс. лет назад, люди начали использовать огонь. Вначале огонь зажигали благодаря лесным пожарам, возникавшим от ударов молний. Около 60 тыс. лет назад человек научился добывать огонь сам путем трения. Огонь стали использовать для приготовления пищи, что существенно облегчило пищеварение, высвободив время и энергию для активных действий. Энергетический рацион питания древних охотников и рыболовов не превышал 8–12 тыс. кДж/сут. (2–3 тыс. ккал/сут).

Подсечно-огневое земледелие существенно увеличило затраты энергии человеческим обществом. Потребление энергии одним человеком возросло до 46 тыс. кДж/сут. (с учетом использования огня для приготовления пищи и в хозяйстве). Распределение затрат энергии по регионам было неравномерным и зависело от вида деятельности сообщества и плотности населения. Самая высокая концентрация населения наблюдалась в жарких районах с орошаемым земледелием и использованием органических удобрений, с большим плодородием земли, что приводило к локальным экологическим кризисам.

С появлением государства и развитием технических аспектов цивилизации потребовались новые источники энергии — ими стала мускульная сила рабов. С помощью этой силы прокладывались каналы, создавались плотины, были построены грандиозные сооружения — египетские пирамиды.

Расчеты среднедушевого потребления энергии на этом этапе развития общества затруднены, так как общество разделилось на классы, сильно различающиеся между собой уровнем жизни и, следовательно, потреблением энергии. 3–3,5 тыс. лет назад многие сообщества еще жили общинно-родовым строем с низким энергопотреблением. Сходный уровень энергопотребления был и у рабов, составлявших значительную часть населения античного общества. По оценкам исследователей, в конце эпохи античности суммарное энергопотребление составляло $(2,1–2,5) \cdot 10^{15}$ кДж/год. В этот период на Земле произошли существенные изменения: погибли многие леса, началась активная эрозия почв, а интенсивная разработка месторождений меди привела к изменению ландшафта местности. Ин-

тенсификация человеческой деятельности требовала больших энергозатрат. Однако рабство с течением времени стало тормозить процесс развития энергетики, изживая себя. Человек стал искать новые источники энергии и обратил внимание на текущую воду и ветер.

Второй этап освоения энергии человеком (VII–XVII вв.) связан с использованием движущейся воды и ветра. Упоминание о первой водяной мельнице относится к IV в., а в XI в. их насчитывалось уже десятки тысяч. Ветряные мельницы появились позже водяных, быстро получили широкое распространение, но из-за непостоянства энергоносителя (ветра) не могли заменить водяные мельницы, действующие непрерывно.

Этот период характерен также переходом от ручного производства к машинному. Появляются ткацкие станки, бумагоделательные машины, лесопилки. Но в качестве тягловой силы по-прежнему используется лошадь. Среднее потребление энергии одним человеком возрастает до $1,1 \cdot 10^5$ кДж/сут. Наблюдается рост числа городов и увеличение плотности населения. Увеличилась классовая дифференциация общества. Большая часть энергии шла на удовлетворение потребностей малого количества людей. В это же время предпринимались многочисленные попытки создать вечный двигатель, использующий кажущееся «самодвижение» воды и воздуха (реки, приливы и отливы, ветер). Это было своеобразным отражением энергетического кризиса, постигшего человечество.

Выход был найден с началом использования перехода химической энергии, накопленной в ископаемом топливе, в тепловую и применения силы сжатого пара. Это – **третий этап** развития энергетики (с XVIII в. до начала XX в.). В XVII–XVIII вв. были созданы первые длительно работающие паровые машины, вначале пригодные лишь для откачивания воды из шахт (паровые насосы). Их КПД был не выше 0,3%.

Первая паровая машина была разработана в Англии знаменитым изобретателем Джеймсом Уаттом во второй половине XVIII в.; одновременно с этим Иван Ползунов разработал двухцилиндровый двигатель. К середине XIX в. паровые машины практически везде пришли на смену воде и ветру. Были построены паровозы и пароходы. Однако их существенными недостатками были низкий КПД, громадный расход топлива, сложность и громоздкость. Суммарное потребление энергии возросло до $2,9\text{--}3,1 \cdot 10^{16}$ кДж/год при душевом потреблении в энергетически развитых странах (например, в Англии) до $3,2 \cdot 10^5$ кДж/сут.

Четвертый этап связан со вступлением в свои права электричества. Применение электричества резко повысило энергообеспеченность человечества, КПД электропреобразователей достигал почти 100%.

Численность населения превысила в начале XX в. 1,5 млрд человек. Данные об энергопотреблении стали достоверными, так как за последние 100 лет проводились многочисленные исследования на эту тему. Энергопотребление в начале XX в. составляло $5 \cdot 10^{16}$ кДж/год, а к 2000 г. возросло до $4,1 \cdot 10^{17}$ кДж/год. Душевое потребление энергии в настоящее время зависит от уровня развития и энергообеспеченности конкретной страны.

Пятый этап в развитии энергетических достижений человечества связан с освоением атомной энергии. Этот этап начался в середине XX в. и продолжается до настоящего времени, одновременно со 2-м и 3-м этапами.

Таким образом, человеческое общество в своем развитии прошло через ряд различных экосистем, отличающихся друг от друга источниками энергии: экосистемы, движимые солнечной энергией (природные системы, зависящие от солнечного излучения), и экосистемы, движимые топливом (современные промышленно-городские системы), а также различные их комбинации. В последние десятилетия XX в. часть мира, использующая в крупных масштабах нефть и другие горючие ископаемые, функционирует как экосистема, движимая топливом, а другая часть мира («третий мир») остается зависимой в основном от биомассы (пищи и древесины), т. е. находится на стадии экосистемы, движимой Солнцем. Это различие приводит к серьезным экологическим различиям, к экономическим и политическим конфликтам, так как энергообеспеченность общества является одним из главных условий его развития.

Еще одной составляющей, необходимой для существования и развития человечества, помимо энергии, являются природные ресурсы — важнейшие компоненты окружающей человека естественной среды, используемые для создания материальных и культурных потребностей общества (вода, почва, солнечная радиация и другие виды энергии, растительный и животный мир и т. д.). Природные ресурсы делятся на неисчерпаемые и исчерпаемые, а последние, в свою очередь, подразделяются на невозобновимые и возобновимые.

Неисчерпаемые ресурсы — это количественно неиссякаемая часть природных ресурсов: вода, солнечная энергия, энергия приливов и отливов, внутриземная энергия. Источник этих ресурсов не подвержен влиянию со стороны человека. Можно лишь говорить о количественных изменениях, вносимых его деятельностью. Например,

приток солнечной радиации к поверхности Земли снижается в связи с загрязнением атмосферы. В масштабе всей гидросферы запасы воды остаются неизменными. Но в конкретных регионах обмеление рек и озер, связанное с гидростроительством и созданием оросительных систем, ставит проблему пресной воды на первое место. Практически неисчерпаемые ресурсы вод Мирового океана подвергаются крупномасштабному изменению в результате загрязнения нефтью и другими ядовитыми веществами, что вносит существенные изменения в состав и структуру водных экосистем.

Исчерпаемые ресурсы — это те, количество которых уменьшается по мере их добычи или изъятия из природной среды. К ним относятся богатства недр, почва, растительный и животный мир, чистый воздух, чистая вода. При этом богатства недр относятся к невозобновимым ресурсам, потому что они либо не восполняются в результате природных процессов (нефть, уголь, руды металлов, нерудные стройматериалы и т. д.), либо их запасы восполняются медленнее, чем происходит их потребление (торф). Характерной чертой возобновимых ресурсов (почвы, растительности, животного мира, микроорганизмов) является их способность к самовоспроизводству. Однако для его существования необходимо, чтобы темпы изъятия человечеством этих ресурсов из биосферы были сопоставимы с темпами их воспроизводства.

Природные ресурсы использовались человеком с самого начала его деятельности. Минеральное сырье, в первую очередь кремний, служили основой развития палеолитической техники, а от его распространенности и доступности зависело многое в жизни человеческих коллективов. Отсутствие кремня или аналогичных материалов стимулировало поиск, а значит, и переселение человеческих групп. Влияние потребляющего хозяйства на состояние минеральных ресурсов было крайне ограничено. Сбор кремня и других видов камня в местах поверхностных выходов не затрагивал объема естественных запасов и лишь в очень малой степени влиял на их перераспределение по земной поверхности.

Использование растительных ресурсов Земли начиналось с их окультуривания. Собирачество было слабой попыткой такого использования. Влияние потребляющего хозяйства на растительный покров планеты на этой стадии развития человечества также было незначительным. Собирачество сохраняло естественные фитоценозы, не разрушая их.

В дальнейшем освоение ресурсов фауны протекало более интенсивно в виде охоты на диких животных и рыболовства. Интенсив-

ная охота привела к исчезновению многих видов животных, в первую очередь крупных млекопитающих. Переход к животноводству и земледелию существенно усилил влияние человечества на живую составляющую природных ресурсов.

Минеральные ресурсы более быстрыми темпами стали разрабатываться с возникновением интенсивной добычи металлов. Первым металлом, привлечшим внимание людей, была медь (скорее всего, самородная). Она уступала по твердости камню, но при нагревании ее можно было размягчать и затем выковывать орудия для работы с мягкими материалами — тканями, кожей. В III тыс. до н. э. кроме меди стали использовать ее сплав с оловом, свинцом — бронзу. В это время медь и бронза становятся известны в первобытных зонах континентальной Европы, а во II тыс. до н. э. бронза распространяется почти по всему миру, кроме Африки, где с середины I тыс. до н. э. широко распространилось железо. Появились первые шахты, рудники. Потребность в металлах становилась все более ощутимой.

С этого времени человечество все более быстрыми темпами начинает осваивать все виды доступных природных ресурсов, в том числе минеральных. Однако еще до недавнего времени человек жил в условиях практически неиссякаемых природных ресурсов, скорость потребления как возобновляемых, так и невозобновляемых ресурсов была относительно невелика. Сейчас же возникла качественно иная ситуация, когда уровень потребления возобновляемых природных ресурсов начал превышать скорость их возобновления. Очевидной стала и ограниченность многих невозобновляемых видов ресурсов, в частности ископаемого топлива.

Современная эпоха характеризуется все возрастающим потреблением минерально-сырьевых ресурсов. Только за период с 1900 по 1970 г. потребление полезных ископаемых увеличилось в 12,5 раза. На фоне роста масштабов производства на первый план выступает вопрос об ограниченности природных ресурсов, необходимых для удовлетворения запросов человеческой цивилизации, и о способах их рационального использования.

Темпы использования человечеством биологических ресурсов также постоянно растут, и уже проявляются катастрофические результаты этого явления. Только с 1600 г. до настоящего времени на Земле вымерло 74 вида птиц (1,23% от общего количества видов) и 63 вида млекопитающих (1,43%). Еще больше погибло подвидов птиц и животных, причем более 80% живых организмов утрачено в ходе человеческой деятельности.

Так как скорость возобновления ресурсов растительного и животного мира во многом зависит от деятельности человека, возникает задача сбалансированности масштабов потребления и возобновления природных ресурсов. В противном случае по мере роста потребления произойдет снижение возобновительной способности природных систем в результате истощения их биопродуктивности.

Что же касается невозобновляемых ресурсов, то их истощение со временем неизбежно. И задача заключается не столько в том, чтобы растянуть эти ресурсы на более длительный срок, сколько в том, чтобы до наступления исчерпания того или иного природного ресурса найти ему заменитель природного или искусственного происхождения либо изыскать возможность его регенерации за счет использования вторичного сырья.

Количество возможных запасов различных природных ресурсов и прогнозы на перспективу оцениваются специалистами весьма неоднозначно. По средним оценкам, запасов железной, марганцевой и хромовой руд, фосфатного сырья должно хватить еще на 100–300 лет. Но запасов полиметаллических руд, содержащих никель, вольфрам, молибден, медь, свинец, цинк, олово, осталось на 30–60 лет и менее. Из невозобновляемых природных ресурсов наиболее существенно истощение ископаемого топлива. По оценкам специалистов, его хватит еще на 50–100 лет. В предвидении этого уже сейчас необходимо искать альтернативные виды топлива и энергии.

Одним из способов снижения нагрузки на биосферу и уменьшения темпов истощения природных ресурсов являются безотходные технологии. Сейчас количество добытого из недр Земли сырья, идущего в отходы, составляет 50–95%. В то же время больше половины горных пород, которые снимают с поверхности Земли, чтобы добраться до полезных ископаемых, и более 60% отходов обогащения руд пригодны для производства строительных материалов, строительства дорог, заполнения провалов, образующихся при открытой добыче полезных ископаемых, засыпке оврагов и других видов работ. Утилизация отходов промышленного производства имеет не только экономическое значение (получение ценного вторичного минерального сырья), но и дает возможность ликвидировать источники загрязнения окружающей среды. Отходы одного производства — это сырье для другого, поэтому будущее, несомненно, — за безотходными технологиями.

Наличие доступных энергетических и природных ресурсов также непосредственно связано с ростом численности народонаселения. На протяжении большей части человеческой истории рост народонасе-

ления был незначительным (табл. 4.1). Резкое возрастание численности началось после Второй мировой войны. Понадобилось около 1 млн лет, чтобы число жителей планеты достигло 3 млрд (в 1960 г.), и около 40 лет, чтобы удвоить это значение, что дало повод говорить о демографическом взрыве.

Таблица 4.1

Рост населения на Земле (по Г.В. Стадницкому)¹

Период до н.э., годы	Рост, млн чел.	Время удвоения численности, лет	Период н.э., годы	Рост, млн чел.	Время удвоения численности, лет
7000–4500	10–20	2500	0–900	160–320	900
4500–2500	20–40	2000	900–1700	320–600	800
2500–1000	40–80	1500	1700–1850	600–1200	150
1000–0	80–160	1000	1850–1950	1200–2500	100
			1950–1987	2500–5000	37

В настоящее время население мира увеличивается ежедневно примерно на 250 тыс. человек. Ежегодный прирост населения на Земле составляет 90 млн человек, а общее число жителей достигло 6 млрд. Темпы роста существенно различаются в разных странах. Основной прирост населения планеты (около 80%) приходится на регионы и страны Латинской Америки, полуострова Индостан, Африки, Юго-Восточной Азии. Быстрый рост населения в развивающихся странах резко обостряет экологические и социальные проблемы. Демографы предполагают, что высокие темпы роста населения (около 2% в год) сохранятся до 2090 г. Затем темпы роста снизятся, и по достижении численности населения 12–13 млрд наступит стабилизация. Однако при таком увеличении численности населения может произойти деградация природных систем жизнеобеспечения, возникнет острая продовольственная проблема.

Еще одной важной проблемой является неравномерное распределение населения по территории земного шара. В настоящее время около половины его численности проживает всего лишь в шести странах (табл. 4.2). Более 90% населения сосредоточено в Северном полушарии. Продолжается процесс урбанизации – роста городского населения (табл. 4.3). Если в 1950 г. в мире было лишь 5 городов с населением свыше 5 млн чел. в каждом, то в 1980 г. таких городов было 26, а в 2000 г. – около 50. Наблюдается появление гигантских

¹ Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология: Учеб. пособие для вузов. СПб.: Химия, 1997.

Таблица 4.2

Население крупнейших стран мира в 2000 г. (по Ш. Коннолли¹ и др.)

Страна	Площадь, млн км ²	Население, млн чел.	Страна	Площадь, млн км ²	Население, млн чел.
Китай	9,6	1285	Индонезия	1,9	203,5
Индия	3,3	1000	Бразилия	8,5	163,0
США	9,4	275,6	Россия	17,1	144,8

Таблица 4.3

Наиболее густонаселенные города мира (по Ш. Коннолли и др.)

Город	Население, млн чел.	
	1980 г.	2000 г.
Мехико	15,0	26,0
Токио	17,0	17,0
Нью-Йорк	15,6	15,5
Сан-Паулу	13,0	24,0
Калькутта	9,5	16,6
Рио-де-Жанейро	9,2	13,3
Бомбей	8,5	16,0

городов с населением в 25–30 млн чел. Самые крупные современные города – Мехико, Нью-Йорк, Сан-Паулу и др. (см. табл. 4.3).

Большие города потребляют в сутки значительное количество воды, пищи и топлива, а взамен выбрасывают в атмосферу огромное количество газообразных, жидких и твердых отходов. Кроме того, огромная масса города, сосредоточенная на небольшой площади, оказывает значительное давление на земную кору, вызывая смещение ее пластов, микроземлетрясения.

При сохранении сложившихся темпов роста населения и сосредоточения его в крупных промышленных городах в ближайшие десятилетия в несколько раз возрастет потребление энергетических и материальных ресурсов. Это вызовет необходимость разработки принципов освоения новых природных ресурсов, в том числе за счет использования месторождений морей и океанов. Вмешательство людей в естественные природные процессы резко возрастет и может способствовать изменению режима грунтовых и подземных вод, структуры почв, изменению микроклимата и т. п.

¹ Вокруг света. Географическая энциклопедия / Ш. Коннолли, Э. Мейсон, Д. Мёрден и др. Нью-Йорк: Ларусс Кинг Фишер Чемберс Инк., 2000.

Контрольные вопросы

1. Что изучает экология человека, каковы ее основные задачи?
2. Приведите основные доказательства животного происхождения человека. К какому отряду принадлежит человек?
3. Назовите основные отличия человека от других животных.
4. Дайте краткую характеристику основных этапов развития человека.
5. В чем суть генетического и культурного наследия человека?
6. Охарактеризуйте основные этапы изменения экологической ниши человека.
7. Чем отличается экосистема человека от других природных экосистем?
8. Какова роль энергии в развитии человека? Дайте краткую характеристику основных этапов освоения человеком различных видов энергии.
9. Как среда обитания влияет на здоровье человека? Какие факторы среды особенно значимы для здоровья человека в современном обществе?
10. Какие типы природных ресурсов можно выделить? Чем различаются исчерпаемые и неисчерпаемые ресурсы?
11. Охарактеризуйте основные демографические проблемы современности. Как они связаны с экологическими проблемами?

Раздел II

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Глава 5. ЕСТЕСТВЕННОЕ И АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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

Загрязнения биосферы подразделяют на локальные, региональные и глобальные. *Локальные* загрязнения характерны для городов, крупных промышленных предприятий, районов добычи полезных ископаемых. *Региональные* загрязнения охватывают значительные территории и акватории, подверженные влиянию крупных промышленных районов. *Глобальные* загрязнения распространяются на большие расстояния от места своего возникновения и оказывают неблагоприятное воздействие на крупные регионы, а иногда на всю планету.

По происхождению выделяют *естественное* загрязнение, возникшее в результате мощных природных процессов (извержения вулканов, лесных пожаров, выветривания и пр.), без какого-либо влияния человека; и *антропогенное*, являющееся результатом деятельности человека, иногда по масштабам воздействия превосходящее естественное. Различные типы загрязнения подразделяются на три основных: *химическое*, *физическое* и *биологическое* (рис. 5.1).

Загрязнители, поступающие в окружающую среду, подвергаются воздействию естественных физико-химических процессов. В результате этого могут рассеиваться на большие расстояния от их источника (перенос аэрозолей в атмосфере), образовывать соединения с другими компонентами среды (например, серной кислоты из выбросов SO₂ и атмосферной влаги), активировать процессы в биосфере (например, разрушение озона под действием фреонов).



Рис. 5.1. Основные типы загрязнения окружающей среды

Антропогенное воздействие на биосферу вызывает не только ее загрязнение, но и разрушение вследствие несбалансированности биохимических процессов.

Для создания необходимых продуктов, развития искусственной среды обитания человек вовлекает естественные природные богатства в ресурсный цикл. Под *ресурсным циклом* понимается совокупность превращений и перемещений во времени и в пространстве веществ и энергии на всех этапах их использования человеком. В природных системах «движение» веществ реализуется их круговоротом по замкнутому циклу. Этим обеспечивается динамическое равновесие и естественное развитие биосферы. В антропогенной деятельности ресурсный цикл не замкнут, поскольку используемые в нем вещества и энергия не возвращаются в места их изъятия.

Масштабы антропогенного воздействия напрямую связаны с развитием цивилизации. При этом рост потребления человеком ресурсов биосферы сопровождается еще большим возрастанием загрязнения окружающей среды продуктами промышленного и сельскохозяйственного производства.

Из биосферы ежегодно извлекается около 100 млрд т ископаемых ресурсов, 800 млн т металлов.

Ежегодно в биосферу поступает 17,4 млрд т твердых отходов и 500 млрд м³ жидких стоков. Поступления содержат 100 тыс. наименований химических веществ. Наибольший вклад вносят:

- диоксид углерода — 20 млрд т;
- диоксид серы — 150 млн т;
- железо — 50 млн т;
- синтетические материалы — 60 млн т;
- минеральные удобрения — 500 млн т;
- пестициды — 5 млн т.

Создание искусственной среды обитания с развитием инфраструктуры крупных городов также усиливает масштабы антропогенного воздействия.

5.1. Химическое загрязнение

Химическое загрязнение — увеличение количества химических компонентов определенной среды, а также проникновение (введение) в нее химических веществ в концентрациях, превышающих норму или не свойственных ей. Наиболее опасно для природных экосистем и человека именно химическое загрязнение, поставляющее в окружающую среду различные токсиканты — аэрозоли, химические вещества, тяжелые металлы, пестициды, пластмассы, поверхностно-активные вещества (детергенты) и др. По расчетам специалистов, в настоящее время в природной среде содержится от 7 до 8,6 млн химических веществ, причем их арсенал ежегодно пополняют еще 250 тыс. новых соединений. Многие химические вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, среди которых особенно опасны 200 наименований (список составлен экспертами ЮНЕСКО): бензол, асбест, бензапирен, пестициды (ДДТ, элдрин, линдан и др.), тяжелые металлы (особенно ртуть, свинец, кадмий), разнообразные красители и пищевые добавки. По оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в мире около 600 млн человек подвержены воздействию атмосферы с повышенной концентрацией диоксида серы и более 1 млрд человек (каждый шестой житель планеты) — вредной для здоровья концентрацией взвешенных частиц в атмосфере.

Аэрозольные загрязнения. Аэрозоли — это аэродисперсные (коллоидные) системы, в которых неопределяемо долгое время могут находиться во взвешенном состоянии твердые частицы (пыль), капельки жидкости, образующиеся либо при конденсации паров, либо при взаимодействии газовых сред, либо попадающие в воздушную сре-

ду без изменения фазового состава. Воздух или газ являются дисперсной средой, а твердые и жидкие частицы — дисперсной фазой. Значительная часть аэрозолей формируется в атмосфере при взаимодействии твердых и жидких частиц между собой или с водяным паром.

В атмосфере аэрозольные загрязнения воспринимаются в виде дыма, тумана. По своему происхождению аэрозоли подразделяются на *естественные* и *искусственные*. Первые возникают в природных условиях без участия человека. Они поступают в тропосферу (реже — в стратосферу) при извержении вулканов, сгорании метеоритов, при возникновении пылевых бурь, поднимающих с земных поверхностей частицы почвы и горных пород, а также при лесных и степных пожарах. Во время извержения вулканов, черных бурь или пожаров образуются громадные пылевые облака, которые нередко распространяются на тысячи километров. Штормовые ветры сбрасывают с гребней волн капельки морской воды, насыщенной солями хлоридов и сульфатов, которые осаждаются как на водной поверхности, так и на суше. В Англии, к примеру, ежегодно на 1 м² суши прибрежной зоны осадается 25–35 г солей.

Основными источниками *искусственных* аэрозольных загрязнений воздуха являются тепловые электростанции, которые потребляют уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, металлургические, цементные, магнезитовые и сажевые заводы. Аэрозольные частицы от этих источников отличаются большим разнообразием химического состава. Чаще всего в них обнаруживаются соединения кремния, кальция и углерода (несгоревший уголь, сажа, смола); реже — оксиды железа, магния, марганца, цинка, меди, никеля, свинца, сурьмы, висмута, селена, мышьяка, бериллия, кадмия, хрома, кобальта, молибдена, а также асбест. Большее разнообразие свойственно органической пыли, включающей алифатические и ароматические углеводороды, а также соли кислот. Она образуется при сжигании остаточных нефтепродуктов, в процессе пиролиза на нефтеперерабатывающих, нефтехимических и других подобных предприятиях.

Для сравнительной характеристики участия естественных и искусственных источников загрязнения воздуха твердыми частицами в табл. 5.1 приведены данные о поступлении в атмосферу первичных загрязнителей. Там же представлены сведения о вторичных загрязнителях, связанных с новообразованиями в атмосфере.

Независимо от происхождения и условий образования аэрозолей, содержащий твердые частицы размером менее 5,0 мкм, называется дымом, а содержащий мельчайшие частицы жидкости — туманом. Разновидностью тумана является смог, представляющий собой мно-

Таблица 5.1

Твердые частицы, поступающие в атмосферу

Загрязнители	Масса, млн т/год
Естественные источники	
<i>Первичные загрязнители</i>	
Частицы почвы и горных пород (ветровая эрозия)	100 – 500
Зола от лесных пожаров и сжигания сельскохозяйственных отходов	3 – 150
Морская пыль	300
Вулканическая пыль	20 – 150
<i>Вторичные загрязнители</i>	
Сульфаты	130 – 200
Соли аммиака	80 – 270
Нитраты	60 – 430
Углеродные соединения растительного происхождения	75 – 200
ИТОГО по естественным источникам	770 – 2200
Искусственные источники	
<i>Первичные загрязнители</i>	
Частицы в составе промышленных выбросов	10 – 90
<i>Вторичные загрязнители</i>	
Сульфаты	130 – 200
Нитраты	30 – 35
Углеводородные соединения	15 – 90
ИТОГО по искусственным источникам	185 – 415
ВСЕГО по естественным и искусственным источникам	960 – 2615

гокомпонентную смесь газов и аэрозольных частиц. В состав смеси входят озон, оксиды азота и серы, многочисленные органические соединения перекисной природы, называемые в совокупности фотооксидантами. Смог возникает в результате фотохимических реакций при определенных условиях: наличии в атмосфере высокой концентрации оксидов азота, углеводородов и других загрязнений, интенсивной солнечной радиации и безветрия или очень слабого обмена воздуха в приземном слое.

Время пребывания частиц в атмосфере зависит как от их размеров и плотности, так и от состояния атмосферы (скорости ветра, состава, температуры). Крупные частицы обычно не переносятся в верхние слои атмосферы и оседают в течение нескольких часов вблизи источников их образования с рассеиванием у земной поверхнос-

ти в подветренную сторону. Поэтому над крупными промышленными центрами образуются мощные скопления пылей и аэрозолей.

Мелкие частицы (размер частицы меньше 1 мкм) имеют время пребывания в нижних слоях атмосферы 10–20 суток, что достаточно для их распространения на большие расстояния от источников образования. При этом за счет перемещений воздушных потоков они могут проникать в верхние слои тропосферы и из них — в стратосферу.

Атмосферная пыль и аэрозоли ослабляют солнечное излучение в результате рассеяния, отражения и поглощения лучистой энергии. При достаточно длительном сохранении интенсивных загрязнений атмосферы это приводит к понижению температур и локальным изменениям климатических условий, что наиболее заметно в крупных городах и промышленных центрах.

Пыль и аэрозоли играют заметную негативную роль в процессах коррозии металлических и силикатных материалов из-за образования на поверхностях отложений. В них содержатся сульфаты и хлориды, удерживающие влагу, в которой могут растворяться кислотные газы (SO_2 и HCl). Образующиеся кислоты, удерживаемые в отложениях, разрушают изделия из камня, стекла, металлов. Пылевые и аэрозольные загрязнения атмосферы оказывают заметное влияние на здоровье человека, состояние флоры и фауны.

Снижение потока солнечного излучения уменьшает образование (действием УФ-лучей) витамина D_3 , недостаток которого отрицательно сказывается на формировании костных тканей, обуславливая заболевания рахитом. УФ-лучи уничтожают некоторые микроорганизмы, оказывая стерилизующее действие. Недостаток УФ-лучей повышает риск инфекционных бактериальных заболеваний у растений и животных.

В зонах интенсивных пылевых загрязнений возникает ряд специфических заболеваний. К ним, среди прочих, относятся силикоз и асбестоз, приводящие к изменению тканей легких. Силикоз вызывается кварцевой пылью с размерами частиц около 3 мкм, асбестоз — иглами асбеста длиной более 5 мкм и сечением около 3 мкм.

В отличие от химически инертных частиц кварца и асбеста, действующих на организм чисто механически, мельчайшие частицы металлов, или ионы металлов, вызывают образование в крови токсических продуктов биохимических реакций. Особенно распространенными заболеваниями являются токсичные отравления свинцом, кадмием, алюминием, бериллием и их соединениями, а также вспышки инфекционных заболеваний у людей, имевших длительный

контакт с пылью вольфрама, ванадия, титана и ряда шлаков металлургических производств. Многие виды пылей антропогенного происхождения являются причинами *аллергических* заболеваний. При этом аллергенами могут быть пыли как минерального, так и органического происхождения.

Гигроскопические пыли могут обезвоживать поверхности листьев растений, образуя на них корку, что нарушает естественные процессы обмена. Отложения ряда пылей препятствуют процессу фотосинтеза, отражая часть лучистой энергии в области длин волн 400–750 нм. Наоборот, пыли, типичные для городов, поглощают инфракрасное излучение, способствуя этим перегреву листьев растений. Все это нарушает нормальный водный и температурный режим и в конечном счете снижает активность ферментов фотосинтеза.

Химические вещества. В результате деятельности человека в атмосферу поступают углекислый газ CO_2 , угарный газ CO , диоксид серы SO_2 , метан CH_4 , оксиды азота NO_2 , NO и N_2O , хлорфторуглероды (при использовании аэрозолей в быту), а также углеводороды, бензапирен и др. (в результате работы транспорта).

В среднем автомобиль с бензиновым двигателем за 15 тыс. км пробега потребляет 4350 кг кислорода и выбрасывает 3250 кг диоксида углерода, 530 кг оксида углерода, 98 кг углеводородов, 27 кг оксидов азота. Наиболее массовые загрязнители, выбрасываемые всеми техногенными источниками в атмосферу Земли, представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

**Загрязнители, выбрасываемые всеми техногенными источниками
в атмосферу Земли (90-е годы XX столетия)**

Загрязнитель	Масса, млн т/год
Твердые частицы дыма и промышленная пыль	580
Оксиды углерода	360
Летучие углеводороды и другая органика	320
Оксиды серы	160
Оксиды азота	110
Соединения фосфора	18
Сероводород	10
Аммиак	8
Хлор	1
Фтористый водород	1

Кислотные осадки (дожди) формируются при растворении в воде диоксидов серы и азота. Такие осадки, выпадая на поверхность Земли, имеют показатель кислотности $\text{pH} < 5,6$. Основным источником подобных выбросов являются продукты сгорания топлива (уголь, мазут, бензин и т. д.) в энергетических установках предприятий, наземного и воздушного транспорта, выбросы химических и металлургических предприятий.

Время пребывания SO_2 в атмосфере в среднем составляет около 15 дней. Благодаря своей активности SO_2 в атмосфере претерпевает ряд химических превращений, главное из них — окисление с образованием H_2SO_4 . При этом кислотные пары могут разноситься с облаками на сотни километров (до 1500 км). Самоочищение атмосферы происходит в основном за счет выпадения кислотных дождей и снега, наносящих серьезный ущерб флоре, фауне (химические ожоги), вызывающих коррозию и разрушение элементов зданий и сооружений.

Самоочищение происходит и при «сухом» осаждении кислых осадков, т. е. в виде самого газа SO_2 , газа, адсорбированного на пылевых частицах, или SO_2 , растворенного в мельчайших каплях тумана, в котором медленно образуется аэрозоль серной кислоты. Такой процесс типичен для атмосферы с высоким содержанием диспергированной влаги, мелкодисперсной пыли и мощных выбросов SO_2 .

Кислотные соединения азота (NO , NO_2) из антропогенных источников — энергетики (57,0%), транспорта (38,5%), промышленности (4,5%) — служат источниками образования атмосферной азотной кислоты.

Азотная кислота, в отличие от серной, может долгое время оставаться в атмосфере в газообразном состоянии, так как она плохо конденсируется. Пары HNO_3 в атмосфере поглощаются капельной влагой облаков и частицами аэрозоля.

Кислотные осадки антропогенного происхождения заметно изменили pH окружающей среды. Около 150 тыс. лет назад при образовании ледяного покрова Гренландии уровень pH в осадках составлял 6,0–7,6 (по результатам анализов полярных льдов и горных глетчеров). Во второй трети XX в. pH атмосферных осадков составлял: 4,0–4,5 в Германии и странах Бенилюкса, 2,4–2,7 в Шотландии и Норвегии, 4,0–4,5 в США и Японии.

Значение pH среды чрезвычайно важно для жизнедеятельности практически всех организмов, прежде всего для процессов, связанных с действием ферментов, гормонов, регулирующих обмен веществ, рост и развитие. Особенно это чувствительно для обитателей

водоемов и рек, для организмов, которые адаптировались к среде с $\text{pH} = 6 - 7$. В подкисленной среде яйцеклетки сперма и молодь водных обитателей гибнут, что затрагивает пищевые цепи, сокращая сначала популяции птиц и животных, питающихся обитателями вод, а затем и хищников. Попадая в озерные экосистемы, кислотные осадки понижают величину pH , что нередко вызывает гибель рыб, а иногда и животного населения (табл. 5.3).

Таблица 5.3

**Реакция гидробионтов на понижение значений pH
в пресноводных водоемах Швеции**

pH	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
					Гибнут ракообразные, улитки, моллюски и т.д.				
					Гибнут лосось, форель, плотва				
					Гибнут сиг, хариус				
					Гибнут окунь и щука				
					Гибнут угорь и голец				
					Бурное развитие белого мха, омертвление водоема				

Негативные последствия проявляются при значениях $\text{pH} < 5,5$. Все нормальные формы жизни прекращаются при значениях $\text{pH} < 5$.

Кислотные осадки вызывают деградацию лесов, особенно хвойных. Попадая на листья и хвою деревьев, кислоты разрушают защитный восковой покров, что делает растения более уязвимыми для патогенных организмов, снижает их сопротивляемость болезням, способствует большему испарению влаги.

При взаимодействии с почвенным покровом усиливаются процессы выщелачивания биогенов. При $\text{pH} < 4$ резко снижается активность редуцентов и азотфиксаторов, обостряется дефицит питательных веществ: почвы теряют плодородие. При фильтрации в почву кислоты выщелачивают алюминий и тяжелые металлы, ранее находившиеся в нерастворимых соединениях. Например, в кислой среде возрастает растворимость $\text{Al}(\text{OH})_3$. Если pH среды меньше 3,0, то ионы алюминия вымываются из кристаллической решетки. При концентрации Al^{3+} , превышающей 0,3 мг/л, среда становится токсичной для рыб, к тому же алюминий связывает фосфаты, снижая питательные запасы в реках и водоемах.

Под действием кислотных осадков существенно ускоряется коррозия металлов, нарушается целостность лакокрасочных покрытий, стекол, разрушаются здания, памятники архитектуры. Например, серная кислота, взаимодействуя с мрамором (CaCO_3), образует CaSO_4 , что приводит к «шелушению» изделий из этого камня. Из минеральных строительных конструкций и стекол выщелачиваются карбонаты и силикаты.

Среди вредных веществ, содержащихся в воздухе городов, имеется большая группа, обладающая канцерогенной активностью. Это в первую очередь бензапирен и другие ароматические углеводороды, поступающие от котельных промышленных предприятий и с выхлопными газами автотранспорта. Исследования канцерогенных веществ, содержащихся в воздушной среде, показывают, что возникновение онкологических заболеваний у людей происходит, в частности, от постоянного суммирования небольших доз канцерогенов в течение длительного времени.

Быстрыми темпами нарастает в атмосфере содержание двухатомных газов с несимметричной молекулой (CO , HCl и др.), трехатомных газов (H_2O , CO_2 , SO_2) и газов с числом атомов больше трех (NH_3 , CH_4 и др.). Эти газы обуславливают *парниковый эффект*. Солнечная радиация, падающая на Землю, частично поглощается поверхностью суши и океана, 30% ее отражается в космическое пространство. Поглощенная энергия солнечной радиации преобразуется в теплоту и излучается в космос в диапазоне длин волн инфракрасного излучения. Чистая атмосфера прозрачна для ИК-излучения, а атмосфера, содержащая пары трехатомных (парниковых) газов (воды, углекислого газа, оксидов серы и др.), поглощает инфракрасные лучи, благодаря чему происходит ее разогрев. Поэтому парниковые газы можно уподобить стеклянному покрытию в обычных садовых парниках.

Известно, что основным по значению парниковым газом являются водяные пары. За ним следуют CO_2 , дающий сегодня по сравнению с началом XX в. прирост парникового эффекта на 49%, метан (18%), фреоны (14%), диоксид азота (6%). На остальные газы приходится около 13% прироста.

Естественный парниковый эффект создает прирост средней температуры поверхности Земли на 30°C . При его отсутствии средняя температура поверхности Земли, составляющая в настоящее время 15°C , понизилась бы до -15°C — началось бы глобальное оледенение.

С XVIII в. природное равновесие содержания парниковых газов в атмосфере претерпело серьезные нарушения. За 250 лет содержа-

ние метана в атмосфере увеличилось в три раза вследствие антропогенного влияния (добыча ископаемых видов топлива, рисовые поля, биохимические процессы разложения бытовых отходов и др.).

Рост концентрации CO_2 сначала происходил из-за массовой вырубki лесов, потреблявших углекислый газ на синтез биомассы растений. С начала XIX в. определяющую роль приобретают выбросы CO_2 с продуктами сжигания ископаемого топлива, технологических и попутных газов. Общее выделение CO_2 в результате антропогенной деятельности составляет ежегодно 0,7% от его естественного содержания в атмосфере. При этом промышленность увеличивает выбросы CO_2 ежегодно на 3,5%, что сегодня составляет 30 млрд т/год. Это означает, что в конце XX в. ежегодно средняя концентрация CO_2 постоянно увеличивалась примерно на 3,4% в год, имея сезонные колебания $\pm 2\%$ от среднего значения.

Из антропогенных источников поступления CO_2 в атмосферу наибольший вклад вносят предприятия энергетики и металлургии, транспорт, использующий двигатели внутреннего сгорания. Например, воздушный лайнер за 7 часов полета потребляет на сжигание топлива около 35 т кислорода, а количество CO_2 , выбрасываемое его двигателями в атмосферу, на 37,4% больше. Наибольшее загрязнение атмосферы CO_2 имеет место в промышленно развитых странах. В Северной Америке оно в 2 раза больше, чем в Южной Америке, и в 10 раз больше, чем в странах Юго-Восточной Азии (не считая Японии).

Рост населения планеты и интенсивное разведение домашних животных привели к тому, что биологический вклад (аэробное дыхание, разложение органических остатков) в увеличение концентрации CO_2 в атмосфере стал соизмерим с промышленными выбросами.

Увеличение содержания CO_2 в атмосфере на 60% по сравнению с современным уровнем вызовет повышение температуры земной поверхности на 1,2–2 °C. Это значит, что если до 2050 г. потребление ископаемого топлива не сократится, то концентрация CO_2 в атмосфере возрастет вдвое, а температура поверхности Земли увеличится на 3 °C.

К сожалению, возрастет дополнительный вклад в парниковый эффект таких газов, как NO_2 , SO_2 , NH_3 , CH_4 , фреонов и других органических веществ. Опережающими темпами растет содержание в атмосфере CH_4 и NH_3 . Установлено, что если темпы роста концентрации в атмосфере газов, дающих дополнительный вклад в парни-

ковый эффект, сохранятся на сегодняшнем уровне, то к 2020 г. их действие будет эквивалентно удвоению концентрации CO_2 в атмосфере.

Потепление на Земле, по мнению климатологов, за счет роста температуры на $0,1^\circ\text{C}$ считается значительным, а увеличение температуры на $3,5^\circ\text{C}$ — критическим. Таяние полярных льдов приведет к повышению уровня Мирового океана почти на 100 м, т.е. к затоплению территории, на которой проживает подавляющее большинство населения и сосредоточен основной промышленный потенциал. Изменение перепада температур между зонами полюсов и экватора Земли нарушит естественную циркуляцию атмосферы. Ослабление интенсивности переноса воздушных масс приведет к существенно ухудшению переноса теплоты и влаги — произойдет глобальное изменение климата: в зонах с жарким и сухим климатом увеличится количество атмосферных осадков, в умеренном поясе станет значительно суше.

Развитие процессов в биосфере во многом зависит от состояния озонового экрана. Верхние слои атмосферы в значительной степени определяют условия жизни на Земле. Они являются защитным барьером на пути излучений и частиц высоких энергий из космоса. Особую опасность для биосферы представляет жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца в диапазоне длин волн $\lambda < 310\text{ нм}$.

Известно, что более 99% ультрафиолетового излучения Солнца поглощается слоем озона (O_3) на высоте 25 км (в среднем) от поверхности Земли. Такой слой формируется в стратосфере, где под действием ультрафиолетового излучения молекулы кислорода диссоциируют. Появляющийся атомарный кислород и молекулы кислорода взаимодействуют друг с другом, что и приводит к образованию озона. Естественные процессы круговорота озона в стратосфере нарушаются из-за его разрушения катализаторами, значительная доля которых техногенного происхождения. Среди таких катализаторов наиболее важная роль принадлежит оксидам азота, а также атомам хлора.

Основными источниками NO антропогенного происхождения являются двигатели внутреннего сгорания, высокотемпературные энергетические установки, в которых сжигается топливо, ракеты и сверхзвуковые самолеты.

Атомарный хлор образуется в результате фотохимического разрушения фреонов (фторхлорметанов): CF_2Cl_2 и CFCl_3 . Эти вещества — чисто антропогенного происхождения. Они летучи и устойчивы в тропосфере. Их источником являются холодильные установки

и аэрозольные баллоны. С момента начала промышленного применения (в 50-е годы XX в.) содержание фреонов в атмосфере увеличивалось на 5–10% в год.

В настоящее время учеными обнаружены зоны стратосферы с существенно сниженным содержанием озона. Такая «озоновая дыра» зафиксирована над Антарктидой в весенние месяцы года. Она имеет обширные области с практически нулевой концентрацией озона. По оценкам специалистов, вклад каталитических процессов в разложении O_3 пока невелик. И хотя источник «озоновой дыры» пока непонятен (естественный или антропогенный), натурными измерениями установлено почти двукратное превышение хлорсодержащих частиц в зоне антарктической «дыры» по сравнению со средним значением.

Уменьшение озонового слоя, средняя толщина которого составляет 2,5–3,5 мм, может привести к изменениям облачного покрова Земли, нарушению теплового баланса атмосферы. Рост мощности ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности Земли, может оказать существенное влияние на биологические и геохимические процессы. Концентрация озона за 10–20 лет уменьшится примерно на 17% при существующем уровне загрязнения атмосферы фторхлоруглеродами и оксидами азота. При этом климатические условия у поверхности Земли почти не изменятся, а уровень ультрафиолетового излучения возрастет на 30%. Действие этого излучения вызывает у организмов поверхностные ожоги, разрушает иммунную и генную системы, вызывает онкологические заболевания (рост дозы УФ-излучения на 1% ведет к увеличению раковых заболеваний на 2%).

Среди химических загрязнителей воды наибольшую опасность представляют фенолы, нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы, пестициды. Загрязнение океана связано главным образом с поступлением огромного количества вредных антропогенных веществ на его акватории. Постоянно увеличивающаяся нагрузка на Мировой океан ведет к постепенной деградации морских экосистем с неблагоприятными экологическими последствиями. В настоящее время в водные объекты ежегодно поступает более 30 тыс. различных химических соединений в количестве до 1,2 млрд т, а всего на поверхность океанов, морей и рек в результате аварий и сбросов поступают нефть и нефтепродукты в количестве, превышающем 12 млн т/год. Каждая тонна нефти образует на воде пленку площадью до 12 км². Основные пути попадания загрязняющих веществ в моря показаны на рис. 5.2. В первую очередь это прямой сброс; затем следуют поступления

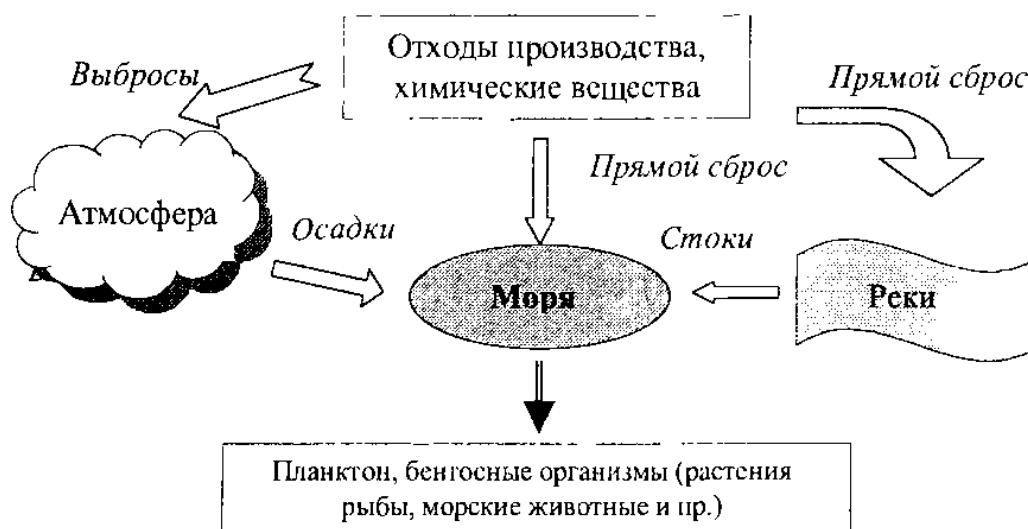


Рис. 5.2. Пути попадания загрязняющих веществ в моря

токсикантов с речными стоками и из атмосферного воздуха. Значительное количество загрязнителей поступает в акватории морей в результате уничтожения отходов, а также за счет работы морского транспорта и во время аварий танкеров.

Гидросфера (водная оболочка Земли) включает ресурсы океанов, морей, рек, озер, прудов, болот и подземных вод. Общее количество воды на Земле достигает 1386 млн км³, а площадь океанов и морей в 2,5 раза больше площади суши. Из общего количества воды на Земле доля пресных вод немногим более 2,5%, (на каждого жителя Земли приходится около 5,8 млн м³). Однако для человека доступно менее 30% этих вод, так как основная их часть сосредоточена в ледниковых покровах (около 27 млн км³), скрыта в подземных образованиях (объем подземных пресных вод примерно в 100 раз больше объема поверхностных вод в озерах, реках, болотах).

Мировой океан является для человека источником поистине колоссальных ресурсов. Это энергетический потенциал океанических приливов и волн, морских течений, термальных вод. Дно океана содержит отложения, в которых имеются запасы более 30 элементов таблицы Менделеева, сопоставимые с их запасами на суше. Из океана добывают 90% брома, 60% магния, 30% поваренной соли и другие ресурсы. Океан обеспечивает более 75% мирового грузооборота. Уже сегодня более 25% белков животного происхождения население Земли получает, используя пищевые ресурсы океана.

Многие сотни лет человечество получало от океана столько благ, что сложилось устойчивое мнение об океане возможностей. Однако уже со второй половины XX в. действие антропогенного пресса про-

явилось в целом ряде негативных явлений и процессов, поэтому стали говорить об океане проблем.

Деятельность человека охватывает практически всю акваторию Океана: поверхность служит для мореплавания и рыболовства; прибрежная зона — для извлечения биологических, минеральных, энергетических ресурсов. интенсивного промышленного и жилищного строительства; дно — для добычи полезных ископаемых и захоронения отходов.

Океаны, как огромные впадины в рельефе Земли, являются местом стока поверхностных вод суши. За небольшим исключением замкнутых бессточных водных объектов, земная поверхность промывается атмосферными осадками. Ручьи впадают в реки и озера, реки несут свои воды в моря и океаны. Таким образом, в загрязнении Мирового океана участвуют почти все источники антропогенного происхождения. Основными загрязнителями вод являются взвешенные вещества, нефтепродукты, фосфор общий, фенол, СПАВ, соединения тяжелых металлов.

В водные объекты поступают загрязненные сточные воды бытового, промышленного происхождения, ядохимикаты и удобрения, смываемые с полей при паводках, загрязненные атмосферные осадки. В результате речных течений и циркуляционных процессов такие загрязнения распределяются на большие пространства и переносятся на сотни и даже тысячи километров.

В Мировой океан сбрасываются для захоронения многие тысячи тонн отходов, в том числе и весьма опасных химически активных веществ. При этом в водную среду поступают неорганические, а также органические вещества различного химического и фазового состава. Их отрицательное воздействие проявляется как в образующихся донных отложениях, так и при физико-химическом взаимодействии с водами и населяющими их организмами. Человек в своей деятельности расходует воду не только для удовлетворения естественных физиологических потребностей. Вода используется промышленностью и сельским хозяйством во все больших масштабах. При этом значительная ее часть связывается в технологических процессах и безвозвратно теряется. По оценкам ученых, такие потери составляют около $150 \text{ км}^3/\text{год}$ — более 1% устойчивого стока пресных вод. Общее потребление пресной воды в 2002 г. составляет $3000 \text{ км}^3/\text{год}$ (с 2000 г. оно возросло на 3,1%). Наибольшее потребление воды идет на сельскохозяйственные нужды. Так, на выращивание 1 т пшеницы за вегетационный период требуется 1,5 т воды, 1 т риса — 7 т, 1 т хлопка — 10 т.

В промышленности вода используется для приготовления растворов, проведения различных реакций нагрева и охлаждения, транспорта сырья, промывки изделий и многих других целей. Так, на производство 1 т продукции расходуется воды, м³: стали, чугуна 15–20, кальцинированной соды – 10, серной кислоты 25–80, вязкого шелка 300–400, меди – 500, пластических масс 100–500, синтетического каучука 2000–3000.

Тепловая электрическая станция мощностью 300 МВт потребляет 300 тыс. м³ воды в год, химический комбинат средней мощности имеет суточный водооборот до 2 млн м³ воды. Во все больших масштабах потребляется вода в крупных городах. Так, средний расход воды для города с населением 3 млн человек составляет 2 млн м³ в сутки. Часть потребляемой воды химически и физически связывается, а часть возвращается в водные объекты в состоянии, загрязненном агрессивными химическими примесями.

В городах для таяния ледяного покрова используют поваренную соль, которая в достаточно широком диапазоне концентраций нетоксична для организмов. В десятки раз больше солей поступает со сточными водами соляных рудников. Поэтому, если пресная вода обычно содержит 2–10 мг хлоридов на литр, то в результате сбросов солей в водные объекты их концентрация может достигать в зонах стоков 2000–15 000 мг/л. В таких условиях речные и озерные рыбы погибают. Вода с содержанием хлоридов более 200 мг/л непригодна для питья, а с концентрацией хлоридов 50–300 мг/л непригодна для поливного земледелия. Минеральные удобрения, вымываемые дождями с полей, попадают в водные объекты. Соединения, содержащие ионы NO_3^- , NH_4^+ , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , способствуют зарастанию водных объектов растительностью, а попадая в организм с питьевой водой, оказывают токсичное действие.

Продуктами жизнедеятельности человека и отходами ряда производств являются органические соединения, которые поступают в водные объекты со сточными водами или в результате фильтрации через грунты. Их разложение осуществляется в результате деятельности аэробных микроорганизмов. В процессах брожения при интенсивном потреблении кислорода, растворенного в воде, образуются CO_2 , H_2O , а также нитраты, фосфаты, сульфаты и кислородсодержащие соединения других элементов. Это приводит, с одной стороны, к интенсивному разложению водорослей и растений, что стимулирует рост зоопланктона и внешней фауны, потребляющей кислород для дыхания. С другой стороны, возникающий дефицит кислорода приводит к массовой гибели аэробных организмов и раз-

множению анаэробных микроорганизмов, разрушающих биомассу путем брожения. Анаэробный распад приводит к образованию CH_4 , CO_2 , H_2S , NH_3 , что изменяет состав воды и делает часто невозможным ее возврат к аэробным условиям. Негативное влияние фекальных стоков — существенно, особенно из-за повышенного содержания в них мочевины и патогенных микробов. Выделяющийся при разложении аммиак создает в воде щелочную среду, растворяющую белки, вызывая массовую гибель организмов.

Другими органическими загрязнителями являются фенолы, их галогенсодержащие соединения, которые попадают в водные объекты со стоками предприятий по производству клеев, пластмасс, кокса. Время распада этих соединений в среднем составляет 7 дней. Весьма опасны органические растворители, широко применяемые в различных химических технологиях (например, хлорированные углеводороды). Время их распада в водной среде составляет более двух дней.

В число антропогенных загрязнителей водных объектов входят вещества, которые устойчивы или трудноразрушаемы в водной среде. Нефть и нефтепродукты попадают в водные объекты при бурении скважин, потерях при транспортировке, авариях танкеров, а также в результате сливов при промывании емкостей. На воде нефть образует тонкие пленки, которые постепенно создают эмульсионный слой нефть-вода, покрывающий в настоящее время до 20–30% поверхности Мирового океана.

Этот слой препятствует газообмену между водой и воздухом. Это ведет к повышению в клетках водных организмов содержания CO_2 и их гибели. У морских птиц нефтяная пленка склеивает оперение, что приводит к утрате способности держаться на воде и переохлаждению организма. Микробиологический распад нефти идет неделями и даже месяцами. Растворимые продукты окисления могут обладать токсическим действием, а нерастворимые выпадают в осадок, загрязняя донные отложения. Такие продукты отрицательно воздействуют на гидробиоценозы, так как аккумулируются в морской биоте, передаваясь по трофическим цепям. Потребление морепродуктов создает угрозу здоровью людей. В морскую среду ежегодно поступает около 3,5 млн т нефти и нефтепродуктов, которые распространяются по акватории весьма неравномерно (табл. 5.4).

В наибольшей степени от загрязнений страдают полузамкнутые моря с высокой интенсивностью судоходства. Так, на Средиземное море приходится до 17% всех загрязнений в океане. Среднее содержание нефти на поверхности Средиземного моря в 1990 г. состави-

Таблица 5.4

Концентрация нефтепродуктов в районах Мирового океана

Акватория	Концентрация, мкг/л
Тихий океан, северо-западная часть	0–200
Атлантический океан, северо-восточная часть	0–160
Северное море	0–350
Средиземное море	0–950
Балтийское море	800–8000

ло 38 мг/м², в то время как на поверхности Мирового океана — всего 0,8 мг/м².

Тяжелые металлы. Особое значение приобрело загрязнение биосферы группой поллютантов, получивших общее название «тяжелые металлы». К ним относится более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева. Тяжелыми металлами являются хром, марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, галлий, германий, молибден, кадмий, олово, сурьма, теллур, вольфрам, ртуть, таллий, свинец, висмут. Употребляемый иногда термин «токсические элементы» здесь неудачен, так как любые элементы и их соединения могут стать токсичными для живых организмов при определенной концентрации и условиях окружающей среды.

Главным природным источником тяжелых металлов являются породы (магматические и осадочные) и породообразующие минералы. Многие минералы в виде высокодисперсных частиц включаются в качестве акцессорных (микропримесей) в массу горных пород. Примером таких минералов являются минералы титана (брусит, ильменит, анатаз), хрома (FeCr₂O₄). Многие элементы поступают в атмосферу с космической и метеоритной пылью, с вулканическими газами, горячими источниками, газовыми струями.

Поступление тяжелых металлов в биосферу вследствие техногенного рассеивания осуществляется разнообразными путями. Важнейшим из них является выброс при высокотемпературных процессах в черной и цветной металлургии, при обжиге цементного сырья, сжигании минерального топлива. Кроме того, источником загрязнения биоценозов могут служить орошение водами с повышенным содержанием *тяжелых металлов*, внесение осадков бытовых сточных вод в почвы в качестве удобрения. Вторичное загрязнение происходит также вследствие выноса *тяжелых металлов* из отвалов рудников или металлургических предприятий водными или воздушными

ми потоками, поступления больших количеств тяжелых металлов при постоянном внесении высоких доз органических, минеральных удобрений и пестицидов, содержащих тяжелые металлы.

Часть техногенных выбросов тяжелых металлов, поступающих в атмосферу в виде аэрозолей, переносится на значительное расстояние и вызывает глобальное загрязнение. Другая часть с гидрохимическим стоком попадает в бессточные водоемы, где накапливается в водах и донных отложениях и может стать источником вторичного загрязнения. Соединения тяжелых металлов сравнительно быстро распространяются по объемам водного объекта. Частично они выпадают в осадок в виде карбонатов, сульфатов, частично адсорбируются на минеральных и органических осадках. В результате содержание тяжелых металлов в отложениях постоянно растет, и когда абсорбционная способность осадков исчерпывается и тяжелые металлы поступают в воду, возникает особо напряженная ситуация. Этому способствует повышение кислотности воды, сильное зарастание водоемов, интенсификация выделения CO_2 в результате деятельности микроорганизмов.

Значительное загрязнение тяжелыми металлами, особенно свинцом, а также цинком и кадмием обнаружено вблизи автострад. Ширина придорожных аномалий свинца в почве достигает 100 м и более. Тяжелые металлы, поступающие на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии. Первый период полуудаления (т.е. удаления половины от начальной концентрации) тяжелых металлов значительно варьируется у различных элементов и занимает весьма продолжительный период времени: для цинка — от 70 до 510 лет; кадмия от 13 до 110 лет, меди — от 310 до 1500 лет, свинца — от 770 до 5900 лет.

Тяжелые металлы способны образовывать сложные комплексные соединения с органическими веществами почвы, поэтому в почвах с высоким содержанием гумуса они менее доступны для поглощения. Избыток влаги в почве способствует переходу тяжелых металлов в низшие степени окисления и в растворимые формы. Анаэробные условия повышают доступность тяжелых металлов растениям. Поэтому дренажные системы, регулирующие водный режим, способствуют преобладанию окисленных форм тяжелых металлов и тем самым снижению их миграционных характеристик.

Растения могут поглощать из почвы микроэлементы, в том числе тяжелые металлы, аккумулируя их в тканях или на поверхности ли-

ствев, являясь таким образом промежуточным звеном в цепи «почва — растение — животное — человек». Различные растения сосредоточивают в себе разное число микроэлементов: в большинстве случаев — избирательно. Так, медь усваивают растения семейства гвоздичных, кобальт — перцы. Высокий коэффициент биологического поглощения цинка характерен для березы карликовой и лишайников, никеля и меди — для вероники и лишайников.

Тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами, токсичность которых возрастает по мере увеличения атомной массы. Их токсичность проявляется по-разному. Многие металлы при токсичных уровнях концентраций ингибируют деятельность ферментов (медь, ртуть). Некоторые из них образуют хелатоподобные комплексы с обычными метаболитами, нарушая нормальный обмен веществ (железо). Такие металлы, как кадмий, медь, железо (II), взаимодействуют с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость.

Особый интерес представляет изучение животных, являющихся чувствительным индикатором начальных стадий загрязнения тяжелыми металлами. Они аккумулируют элементы в доступных биологически активных формах и отражают фактический уровень загрязнения экосистем. Почвенные животные, особенно сапрофитные группы, благодаря тесной связи с почвенными условиями и ограниченной территорией обитания могут быть хорошими индикаторами химического загрязнения биосферы. Среди животных такими индикаторами могут быть европейский крот, бурый медведь, лось, рыжая полевка. Располагая сведениями о содержании тяжелых металлов у млекопитающих, можно прогнозировать их влияние на организм человека.

Пестициды. Пестициды (от лат. *pestis* — зараза, *caedo* — убивать) — средства защиты растений от вредителей и болезней. Ежегодные потери урожая из-за сорняков и вредителей в мире составляют 30–40%, а убытки достигают 70 млрд долларов в год. В настоящее время используется около 700 химических веществ, на основе которых создается несколько тысяч препаратов пестицидов. Масштабы применения пестицидов впечатляют. В России их применение с 1970 по 1990 г. возросло с 1,5 до 2,3 кг/га площадей угодий, или в среднем на 1 жителя с 0,75 до 1,7 кг. Из 5 млн т пестицидов, ежегодно применяемых в мире, 34% используется в Северной Америке, 45% — в Европе, 21% — в других регионах. Однако рост применения пестицидов не дает полной гарантии увеличения урожайности. В России за последние 15 лет она заметно снизилась, несмотря на двукратное увеличение применения пестицидов. В США 10-кратное увеличение

применения пестицидов дало прирост урожайности с 8% в 1951 г. до 12% в 1980 г. Пестициды распространяются на большие пространства, весьма удаленные от места их применения. Многие из них могут сохраняться в почвах достаточно долго (до 10 лет).

Хлорорганические инсектициды (гексахлоран, ДДТ) обычно слабо растворимы в воде, очень устойчивы ко всем видам разложения и могут сохраняться в почве десятилетиями, аккумулируясь при систематическом применении.

Фосфорорганические инсектициды (карбофос, фосфамид, амифос) в почве и других природных средах распадаются довольно быстро. При этом они отличаются эффективностью действия, и их применение перспективно. Широко используются карбамидные инсектициды. Отличаясь высокой токсичностью для определенных видов насекомых, эти препараты почти полностью безвредны для человека.

Пестициды являются единственным загрязнителем, который сознательно вносится человеком в окружающую среду. Пестициды поражают различные компоненты природных экосистем: уменьшают биологическую продуктивность фитоценозов, видовое разнообразие животного мира, снижают численность полезных насекомых и птиц, а в конечном итоге, представляют опасность и для самого человека. В почве они вызывают депрессию процесса естественной нитрификации. Уничтожение пестицидами (в форме гербицидов) травяного покрова многократно увеличивает эрозию почвы. Пестициды существенно подавляют деятельность насекомых — опылителей растений, других организмов, не являющихся мишенями их действия. До 80% пестицидов адсорбируется почвенным гумусом и практически не подвергается биологическому разложению. В результате происходит их постоянная миграция в грунтовые воды и испарение с поверхности почв при их увлажнении и нагреве. Многие виды пестицидов, накапливаясь в почвах, растениях и животных, вызывают заметные изменения в естественных биохимических процессах. Воздействие пестицидов на человека изучено недостаточно. Однако известно, что дефолианты (пестициды, применяемые для уничтожения лиственности) могут вызывать повреждения печени, влиять на наследственность.

Почва является основным приемником и аккумулятором пестицидов, которые накапливаются в ней в результате адсорбции их молекул почвенными коллоидами. Усиленно изучаются судьба пестицидов в почвах и возможности их обезвреживания химическими и биологическими способами. Очень важно создавать и применять

препараты с небольшой продолжительностью жизни, измеряемой неделями или месяцами. В этом деле уже достигнуты определенные успехи, испытываются и внедряются в практику новые быстрорастворимые препараты с большой скоростью метаболической деструкции. Однако данная проблема еще не решена окончательно.

В последние годы усилия ученых направлены на изучение экологии и вскрытие механизмов биологического концентрирования пестицидов. Показано, что в тканях и органах рыб, обитающих в воде без планктона, может накапливаться больше пестицидов, чем при наличии планктона, за счет сорбции вещества жабрами. Птицы, питающиеся протравленным зерном, могут накапливать в своем теле такое же количество пестицидов, что и насекомоядные птицы, питающиеся содержащими пестициды членистоногими, червями и другими организмами-концентраторами.

Сельскохозяйственные удобрения — вещества, компенсирующие потери элементов почвы, связанные с ростом растений. Для сохранения почвенной экосистемы на поля следует (в идеале) вносить эквивалентное количество соответствующих элементов. Отсюда успехи сельского хозяйства связали с минеральными удобрениями и ежегодно увеличивают их количество, вносимое в почву. При этом не все удобрения достигают растений — многое теряется, в частности, при вымывании из почвы. Так, 5-кратное увеличение количества применяемых азотных удобрений позволило повысить урожайность зерновых культур только на 20%, а содержание нитратов в почве и в растениях резко возросло. Сельскохозяйственная продукция, содержащая повышенное количество нитратов, имеет пониженную питательную ценность, теряет устойчивость к длительному хранению. Кроме того, аммиачная форма азотных удобрений увеличивает минерализацию гумуса, что приводит к потере им продуктивных свойств.

Попадание нитратов в организм человека приводит к отравлению гемоглобина крови и, как следствие, к явлениям сердечной недостаточности. В кислой среде организма в результате образования нитрозоаминов возникают канцерогены, которые служат побудителями онкологических заболеваний органов пищеварения.

Другой вид удобрений — фосфорные. Их избыток в почве обогащает фтором и мышьяком растения, что весьма вредно для питающихся ими животных. Значительная доля фосфорных удобрений не усваивается растениями, не вовлекается в биохимический круговорот, а около 5% выносятся в водные объекты.

Калийные удобрения (KNO_3 , K_2SO_4 , KCl) в силу высокой растворимости в воде в значительной степени вымываются в сопредельные водоемы в периоды, когда заканчивается начальная стадия развития растений и потребность их в калии уменьшается.

Наряду с минеральными удобрениями в сельском хозяйстве широко используют органические удобрения (навоз, торф, компост). При большом количестве в почвах таких удобрений, содержащих много патогенных микроорганизмов, и при обогащении водной среды ими создаются условия для возникновения очагов болезнетворных организмов. Применение в качестве удобрений ила очистных сооружений и компоста после переработки отходов может создавать дополнительные проблемы. В таких удобрениях содержатся высокие концентрации тяжелых металлов и органических загрязнителей. Поэтому их использование возможно главным образом для цветоводства и выращивания декоративных растений.

Поверхностно-активные вещества. Широкое применение синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), или детергентов, особенно в составе моющих средств, обуславливает поступление их со сточными водами во многие водоемы, в том числе в источники хозяйственно-питьевого водоснабжения. В настоящее время эти вещества являются одними из самых распространенных химических загрязнителей водоемов.

СПАВ поступают в водоемы с бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными стоками (в сельском хозяйстве поверхностно-активные вещества используют для эмульгирования пестицидов). В подземные воды поверхностно-активные вещества попадают в результате применения почвенных методов очистки сточных вод на биологических полях, при пополнении запасов сточных вод из открытых водоемов и при загрязнении почвы этими веществами.

Поверхностно-активные вещества относятся к экологически жестким веществам. Они очень трудно ассимилируются природной средой и крайне отрицательно влияют на состояние водоемов. Дело в том, что на их окисление расходуется слишком много растворенного кислорода, который таким образом отвлекается от процессов биологического окисления. Детергенты очень вредны для гидробионтов. У рыб они вызывают жаберные кровотечения и удушье, а у теплокровных животных нарушают функции биомембран, усиливая тем самым токсическое и канцерогенное влияние других токсикантов водной среды.

5.2. Физическое загрязнение

Физическое загрязнение связано с изменением физических, энергетических, волновых и радиационных параметров внешней среды. Так, тепловое загрязнение проявляется в ухудшении режима земной поверхности и водоемов. К этому виду загрязнений относится воздействие шума и электромагнитного излучения, причем источниками последнего служат высоковольтные линии электропередач, электроподстанции, антенны радио- и телепередающих станций, а в последнее время также микроволновые печи, компьютеры и радиотелефоны. Особую опасность представляет радиоактивное загрязнение, главными источниками которого являются последствия испытаний ядерного оружия, аварии на ядерных объектах, а также радиоактивные отходы. Вносит свой вклад в уровень радиоактивного загрязнения и естественная радиоактивность, особенно радоновая.

Тепловое загрязнение окружающей среды. За 1880—1940 гг. было добыто 50 млрд т так называемого условного топлива ($29,3 \cdot 10^6$ Дж/кг). Это означает, что в атмосферу было выброшено $1,465 \cdot 10^{21}$ Дж тепла, которого достаточно, чтобы растопить 4,8 тыс. км³ льда. Общая глобальная площадь снежно-ледяного покрова сократилась к середине предыдущего столетия примерно на 10%. А это серьезно уменьшило отражательную способность планеты — ее альбедо, вследствие чего средняя температура земной поверхности повысилась. Ежегодно в мире сжигается до 5 млрд т угля и 3,2 млрд т нефти. Это сопровождается ежегодным выбросом в атмосферу около 18 млрд т углекислого газа и выделением $2 \cdot 10^{20}$ Дж тепла.

Переход от минерального горючего к ядерному до некоторой степени уменьшает химическое загрязнение среды, но при этом возрастает тепловое загрязнение. Так, при производстве $3,6 \cdot 10^6$ Дж электроэнергии на тепловой станции тепловые отходы в атмосферу и воду, используемую для охлаждения, составляют соответственно $1,67 \cdot 10^6$ и $5,65 \cdot 10^5$ Дж, а на современной атомной электростанции — $5,44 \cdot 10^5$ и $7,95 \cdot 10^6$ Дж. Таким образом, атомная электростанция средних размеров, производящая 3000 МВт электроэнергии, производит тепловой поток свыше $5,82 \cdot 10^9$ Вт. Следовательно, для рассеивания тепла требуется водная поверхность порядка 0,6 га на 1 МВт, или 1800 га на электростанцию мощностью 3000 МВт в местностях с умеренным климатом.

Мощные тепловые электростанции отводят большое количество тепла с подогретыми сбросными водами в реки, озера, искусственные водохранилища, тем самым влияя на термический и биологический режимы водоемов.

Локальные вредные воздействия теплового загрязнения на водные поверхности таковы:

- при повышении температуры воды животным требуется больше кислорода, так как в теплой воде его содержание понижено в связи с меньшей растворимостью;
- высокая температура благоприятствует замене обычной флоры водорослей менее желательными сине-зелеными водорослями;
- повышение температуры воды часто усиливает восприимчивость организмов к токсичным веществам (которые, несомненно, присутствуют в загрязненной воде);
- температура может превысить критические значения для стенотермных стадий жизненных циклов водных организмов.

Нормы теплового загрязнения определяются допустимым повышением температуры водного объекта. В водоемах питьевого и культурного пользования оно (повышение температуры) не должно превышать 3 °С в летнее время. В рыбо-хозяйственных водоемах — не более 3 °С в летний и не более 5 °С в зимний периоды.

Источниками теплового загрязнения в пределах городских территорий служат подземные газоходы промышленных предприятий металлургического производства (140–160 °С), теплотрассы (50–150 °С), сборные коллекторы, коммуникационные туннели (35–45 °С), туннели метро и другие подземные сооружения (18–25 °С). Искусственное промораживание грунтов при строительстве в сложных гидрогеологических условиях приводит к формированию временных криозон (от –10 до –26 °С) шириной до нескольких метров. Последствия теплового воздействия проявляются в таких геологических процессах, как термопросадки и термокарст, солифлюкция (медленное передвижение почв и рыхлых грунтов) и деградация многолетней мерзлоты, образование наледей и т. п.

Наряду с тепловыми оазисами — крупными промышленными центрами — все более четко выделяются регионы, где тепло поглощается, ибо там синтез органического вещества превышает его потребление. Регионы с хорошо развитой агрокультурой, в которых получают высокие урожаи и откуда продукцию вывозят, служат добавочной «грядкой» для промышленных центров и городов, где эта продукция потребляется. Все это еще более увеличивает контраст между нагреваемыми и охлаждаемыми человеком регионами земного шара.

Реальные техногенные вариации температурных полей непосредственного влияния на человеческий организм не оказывают, од-

нако вызываемые ими негативные геологические процессы могут ухудшать условия жизни и труда, а в отдельных случаях — даже делать их опасными.

Шум и вибрация. Шум — одна из форм физического (волнового) загрязнения окружающей среды, адаптация организмов к которому практически невозможна. В связи с этим обстоятельством шумы в настоящее время рассматриваются как реальный и серьезный загрязнитель биосферы. Поэтому измерение, регуляция и ограничение (в законодательном порядке) шумового загрязнения следует поставить в один ряд с мероприятиями, направленными на борьбу с другими видами загрязнений. Шум — сочетание акустических волн различной частоты и интенсивности. Акустические волны — это механические колебания, распространяющиеся в упругой среде (твердой, жидкой, газообразной). Основными параметрами акустических волн являются интенсивность и спектральный состав. Последний определяется простыми гармоническими колебаниями, которые характеризуются фазой, частотой и амплитудой.

Звуковые волны представляют собой колебательные изменения давления воздуха — сгущения и разрежения. Интенсивность звука — это количество энергии, переносимое звуковой волной за единицу времени через единицу площади поверхности, нормальной к направлению распространения волны. Интенсивность звука определяется изменением уровня давления в окружающей среде и выражается следующим образом:

$$I = P^2 / (\rho C), \quad (5.1)$$

где I — интенсивность звука, Вт/м; P — звуковое давление (разность между полным давлением и средним значением давления в среде при отсутствии акустического поля), Па; ρ — плотность среды, кг/м; C — скорость звука в среде, м/с.

Минимальное значение звукового давления P_0 , воспринимаемое ухом человека, называется пороговым. На частоте 1000 Гц $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. Соответствующая ему пороговая интенсивность звука $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Для характеристики уровня шума используют не непосредственные значения интенсивности звука и звукового давления, а логарифмы их относительных значений, называемые уровнем интенсивности звука L_I или уровнем звукового давления L_P , дБ:

$$L_I = 10 \lg(I / I_0) = 120 + 10 \lg I, \quad (5.2)$$

$$L_p = 10 \lg(P^2 / P_0^2) = 20 \lg(P / P_0). \quad (5.3)$$

Субъективной характеристикой звука, связанной с его интенсивностью, является громкость, зависящая от частоты. В соответствии с биофизическим законом Вебера–Фехнера человек реагирует не на абсолютный прирост частоты и интенсивности звука, а на относительный. Поэтому весь звуковой частотный диапазон разбивают на девять октавных полос, при этом конечная частота f_k каждой октавы в 2 раза больше начальной частоты f_n , а основная октавная частота равна их среднему геометрическому:

$$f_{\text{окт}} = \sqrt{f_k f_n}. \quad (5.4)$$

Ряд октавных частот выглядит следующим образом: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Акустические колебания, воспринимаемые человеческим ухом, лежат в диапазоне частот от 16 до 20 000 Гц. Этот диапазон называется *звуковым диапазоном частот*. В этой связи шумы, воспринимаемые ухом человека, принято делить на низкочастотные (до 350 Гц), среднечастотные (350–800 Гц) и высокочастотные (выше 800 Гц). Считается, что высокочастотный шум оказывает более неблагоприятное воздействие на организм. Акустические волны с частотой ниже 20 Гц называются *инфразвуком*, а выше 20 000 Гц (20 кГц) – *ультразвуком*.

Основные реакции организмов на шумы хорошо изучены. С гигиенических позиций относительно комфортным считается акустический режим при уровне звука 10–60 дБ. Выраженные психические реакции проявляются уже с уровня 30 дБ, а максимально дискомфортным считается режим при уровне шума выше 80 дБ. Для нервной системы вреден шум выше 50–60 дБ. При звуке с уровнем 80–90 дБ возможны необратимые изменения в органах слуха, а при уровне 120–140 дБ – повреждение этих органов.

Существенный вклад в шумовое загрязнение среды вносят строительные, энергетические и промышленные предприятия. Самым распространенным и мощным источником городского шума является транспорт, который создает 60–80% шума, воздействующего на человека в местах его пребывания. Примерный уровень интенсивности различных звуков и шумов приведен в табл. 5.5.

Экологической значимостью обладает частотная характеристика звука. Например, при частоте инфразвуковых шумов ниже 20 Гц возникают заметные нарушения жизнедеятельности организмов.

Таблица 5.5

Уровень шума от некоторых источников

Уровень шума , дБ	Источник звука
160	Выстрел крупнокалиберного орудия на расстоянии 1–2 м от орудия
120	Шум самолета на удалении 50 м
100–110	Газотурбинные установки, компрессорные станции
80–100	В шумных цехах машиностроительных и металлургических заводов
90–100	Железнодорожный транспорт на расстоянии 20 м
95	Шум в вагоне метро при скорости 60 км/ч
90	Шум в кабине пассажирского самолета
77–83	Автомобильный транспорт на расстоянии 7,5 м
60	Нормальная речь
30–40	Шепот на расстоянии 1 м
15	Шелест листьев на расстоянии нескольких метров
0	Порог слышимости при 1000 Гц

Биологическое действие звуковых колебаний инфразвукового диапазона, сопутствующих некоторым природным явлениям, известно давно – это ощущение психологического дискомфорта, переживание безотчетного страха, возникновение паники среди животных, наблюдаемые перед извержением вулканов, при землетрясениях, перед штормами. Подобную реакцию у животных вызывают звуки пролетающих тяжелых вертолетов, движущихся тяжелых машин, работающих прессов и других устройств, работа которых сопровождается шумом с инфразвуковыми частотами в спектре. Особенно неблагоприятно воздействие на организм человека инфразвуковых колебаний с частотой 4–10 Гц.

Вибрация – это совокупность механических колебаний. Звуковая вибрация представляет самостоятельный интерес лишь при очень высоких ее уровнях в связи с вибрационной усталостью материалов и конструкций. Вибрации могут, во-первых, способствовать звукоизлучению в окружающую среду и являться источником вредных, прежде всего инфразвуковых, волн; во-вторых, воздействуя непосредственно на скелет человека, передаваться с малым затуханием в любую точку организма и приводить даже при относительно малых

уровнях вибраций к значительным последствиям, связанным с резонансными явлениями в организме человека. В связи с этим уровни вибраций также подлежат регламентированию.

Источниками вибраций являются транспортные средства, промышленные агрегаты, строительные машины и механизмы. Основная часть колебательной энергии переносится поверхностными волнами, распространяющимися в пределах самой верхней части грунтовой толщи (до 10–15 м). Характеристики источников вибраций приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Характеристики источников вибраций

Источник вибрации	Виброскорость, мм/с
Рельсовый транспорт	160–0,3
Промышленные установки	5–0,05
Строительная техника	1,6–0,002
Автомобильный транспорт	0,07–0,005
Дневной фон в городе	0,02–0,006
Ночной фон в городе	0,01–0,003
Уровень микросейсмичности в несейсмичных районах	$\leq 0,05$
Безопасный геологический уровень	0,225
Безопасный физиологический уровень	0,12

Воздействие вибраций на грунтовые массивы может приводить к изменению рельефа поверхности, ухудшению механической устойчивости пород, служащих основанием фундаментов зданий и инженерных сооружений. При длительном воздействии вибраций возникает явление «усталости» грунтов, материалов и строительных конструкций.

В большинстве случаев причиной происходящих в грунтовой толще деформаций является изменение напряженного состояния грунтов. Между скоростью перемещения частиц грунта и напряжением существует прямая зависимость. Так, при увеличении скорости с 2,0 до 10 мм/с (что соответствует сильному землетрясению) напряжение в грунтах возрастает примерно в 5 раз. При вибрации со скоростью перемещения частиц грунта 0,4–1,2 мм/с происходит осадка фундаментов зданий, а при скоростях 5–8 мм/с возможны повреждения зданий (как с деревянными, так и с бетонными перекрытиями).

Электромагнитные излучения. Электромагнитное загрязнение является результатом изменения электромагнитных свойств окружающей среды (электромагнитного фона). Источниками естественных электромагнитных полей (ЭМП) являются атмосферное электричество, солнечное и космическое излучения. Естественные изменения электромагнитного фона вследствие существенного изменения солнечной активности, магнитных бурь и других факторов называют электромагнитными аномалиями.

Научно-технический прогресс привел к тому, что уровень ЭМП, созданных человеком, в отдельных районах выше среднего уровня естественных полей в сотни раз. В этой связи правомерно говорить об антропогенном электромагнитном загрязнении.

В условиях современного города на организм человека оказывают влияние электромагнитные поля, источниками которых являются различные генераторы и антенны радиопередающих устройств, электрифицированные транспортные линии, линии электропередач (ЛЭП), трансформаторы, электротехнические устройства автоматики, в также приборы бытовой техники. В зависимости от длины волны электромагнитные излучения делят на ряд диапазонов:

- промышленные частоты, Гц 50...60
- низкие частоты (НЧ), кГц 30...300
- средние частоты (СЧ), МГц 0,3...3
- высокие частоты (ВЧ), МГц 3...30
- очень высокие частоты (ОВЧ), МГц 30...300
- ультравысокие частоты (УВЧ), МГц 300...3000
- сверхвысокие частоты (СВЧ), ГГц 3...30
- крайне высокие частоты (КВЧ), ГГц 30...300

Количественными характеристиками ЭМП являются напряженность электрического поля E , Вт/м, напряженность магнитного поля H , А/м, и плотность потока энергии J , Вт/м².

Токи промышленной частоты (50 Гц) являются сильными источниками электромагнитных волн. Особый интерес представляет ЭМП вблизи высоковольтных ЛЭП, протяженность которых в России в настоящее время свыше 4,5 млн км с напряжением от 6 до 1150 кВ. Измерения напряженности поля в районах прохождения высоковольтных ЛЭП показали, что под линией она может достигать нескольких тысяч и даже десятков тысяч вольт на метр. Волны этого диапазона сильно поглощаются почвой, поэтому на небольшом удалении от линии (50—100 м) напряженность поля падает до нескольких сотен и даже нескольких десятков вольт на метр. Наибольшая напряженность поля наблюдается в месте максималь-

ного провисания проводов по линии точек проекции крайних проводов на землю.

Деревья, высокие кустарники и строительные конструкции существенно изменяют картину электромагнитного поля и оказывают экранирующий эффект. Рельеф местности, по которой проходит трасса, также может влиять на интенсивность электромагнитного поля. Повышение уровня местности по отношению к условной прямой, соединяющей основания двух соседних опор, приводит к приближению токонесущих проводов к поверхности земли и увеличению напряженности поля, а понижение уровня местности — к снижению напряженности поля. Таким образом, напряженность поля под ЛЭП и вблизи от нее зависит от напряжения на ней, а также от расстояния между проводами и точкой измерения.

Наиболее чувствительна к воздействию ЭМП нервная система человека. Ее функциональные нарушения влекут за собой нарушения других систем организма, в частности эндокринного аппарата, а также обменных процессов. Поэтому ЭМП промышленной частоты в условиях населенных мест как биологически действующий фактор подлежит всестороннему изучению и нормированию с одновременным дальнейшим уточнением гигиенических рекомендаций по защите населения от его влияния.

Основные источники высокочастотной энергии в среде обитания человека — радио- и телепередающие центры, радиолокаторы, а в последние годы также микроволновые печи, мониторы компьютеров и сотовые телефоны.

Широкие исследования показали, что микроволновое (сверхвысокочастотное) облучение вызывает нарушения в организме, характеризующиеся повышением температуры. Предполагают, что микроволновое поле растормаживает или угнетает обменные процессы (например, тканевое дыхание) путем изменения ферментативной активности. Микроволны вызывали катаракту хрусталика у ряда экспериментальных животных. Имеются также сообщения о том, что микроволновая энергия способствует появлению катаракты у человека. Однако не установлена корреляция этих патофизиологических изменений с уровнем микроволнового излучения.

Оценивая биологическое влияние ЭМП в целом, можно отметить, что воздействие слабых ЭМП на целостный организм животных чаще всего приводит к нарушениям физиологических функций: ритма сердечных сокращений и уровня кровяного давления, электрической активности мозга и возбудимости нервных клеток, обменных процессов, иммунной активности. Под действием таких полей

изменяются поведение животных, их двигательная активность, ориентация в пространстве и времени, способность к выработке условных рефлексов на различные раздражители.

Под воздействием слабых ЭМП у человека могут возникать чувственные ощущения — зрительные, слуховые, осязательные, а у животных — разнообразные эмоциональные реакции: резкая возбудимость или подавленное состояние, оборонительные реакции или настороженность. При определенных параметрах электромагнитное поле может служить раздражителем для выработки у человека и животных условных рефлексов — сосудистых, пищевых, оборонительных и др.

Особенно резкие нарушения под действием слабых ЭМП наблюдаются в формирующемся организме — эмбрионе — в период роста и развития. На этих стадиях биологические процессы могут быть не только нарушены, но и полностью подавлены. Резкие изменения физиологических функций под действием слабых ЭМП происходят при патологических состояниях организмов человека и животных.

Наиболее высока чувствительность организмов к многократным воздействиям ЭМП. При этих условиях имеет место кумулятивный эффект: реакции возникают в результате ряда воздействий, каждое из которых в отдельности не вызывает реакции. Подобные суммарные эффекты наблюдаются и при длительном непрерывном воздействии ЭМП.

Радиоактивное загрязнение. Радиоактивное загрязнение представляет особую опасность для человека и среды его обитания. Явление радиоактивности связано с самопроизвольным распадом атомных ядер, приводящим к изменению их атомного номера или массового числа и сопровождающимся альфа-, бета- и гамма-излучениями. Альфа-излучение — поток тяжелых частиц, состоящий из протонов и нейтронов, который задерживается листом бумаги и не способен проникнуть сквозь кожу человека. Однако он становится чрезвычайно опасным, если попадает внутрь организма, где вызывает процессы ионизации и распада. Бета-излучение обладает более высокой проникающей способностью и проходит в ткани человека на 1—2 см. Гамма-излучение может задерживаться лишь толстой свинцовой или бетонной плитой.

Процесс самопроизвольного распада нестабильного атома называется радиоактивным распадом, а сам атом — радионуклидом. Время, за которое распадается в среднем половина всех радионуклидов данного типа, принято считать периодом полураспада соответствующего нуклида, а число распадов в секунду в радиоактивном образ-

це — его активностью. Единицей измерения активности в системе СИ является 1 *беккерель* (Бк, Вq), который равен одному распаду в секунду. Количество энергии излучения, переданной тканям организма, называется *дозой*, а количество такой энергии, поглощенной единицей массы облучаемого тела, — *поглощенной дозой*, измеряемой по системе СИ в *греях* (Гр, Gy) ($1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$). Однако при одной и той же поглощенной дозе альфа-излучение гораздо опаснее бета- и гамма-излучений (в 20 раз). Пересчитанная с учетом этого доза считается *эквивалентной дозой*. Ее единицей в системе СИ является *зиверт* (Зв, Sv)¹.

Радионуклиды разделяются на естественные (образовавшиеся на начальном этапе эволюции Земли и при последующих геологических процессах) и искусственные (полученные человеком в атомных реакторах и других энергетических установках). Основную часть облучения (более 80% годовой эффективной эквивалентной дозы) население земного шара получает от естественных источников радиации. Среди естественных радионуклидов выделены четыре группы: долгоживущие (уран-238, уран-235 (актиноуран), торий-232); короткоживущие (радий, радон и другие радиоактивные элементы) — дочерние продукты распада урана, актиноурана и тория; долгоживущие одиночные радиоактивные изотопы, не образующие семейств (калий-40); радионуклиды, возникающие в атмосфере, гидросфере и земной коре в результате взаимодействия космических частиц с атомными ядрами вещества Земли (углерод-14 и др.).

Уровни земной радиации неодинаковы в разных районах и зависят от концентрации радионуклидов вблизи поверхности. Аномальные радиационные поля природного происхождения образуются при обогащении ураном, торием некоторых типов гранитов и других магматических образований с повышенным коэффициентом эманирования; на месторождениях радиоактивных элементов в различных породах; при современном привносе урана, радия, радона в подземные и поверхностные воды, геологическую среду. Высокой радиоактивностью часто характеризуются угли, фосфориты, горючие сланцы, некоторые глины и пески, в том числе пляжные.

Зоны повышенной радиоактивности распределены на территории России неравномерно. Они известны как в европейской части,

¹ Широко распространены внесистемные единицы. кюри (Ки, Ci) — единица активности изотопа ($1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$), рад (рад, rad) — единица поглощенной дозы облучения ($1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$), бэр (бэр, rem) — единица эквивалентной дозы ($1 \text{ бэр} = 0,01 \text{ Зв}$).

так и в Зауралье, на Полярном Урале, в Западной Сибири, Прибайкалье, на Дальнем Востоке, Камчатке, северо-востоке. В большинстве комплексных пород, геохимически ориентированных на радиоактивные элементы, значительная часть урана находится в подвижном состоянии, легко извлекается и попадает в поверхностные, подземные воды, а затем в пищевую цепь. Именно природные источники ионизирующего излучения в зонах аномальной радиоактивности вносят основной вклад (до 70%) в суммарную дозу облучения населения, равную 420 мбэр/год. При этом данные источники могут создавать высокие уровни радиации, влияющие в течение длительного времени на жизнедеятельность человека и вызывающие различные заболевания вплоть до генетических изменений в организме. Если на урановых рудниках ведется санитарно-гигиеническое обследование и принимаются соответствующие меры по охране здоровья сотрудников, то воздействие естественной радиации на человека за счет радионуклидов горных пород и природных вод изучено крайне слабо. В урановой провинции Атабаска (Канада) выявлена Уолластоунская биогеохимическая аномалия площадью около 3000 км², выраженная высокими концентрациями урана в хвое черной канадской ели и связанная с поступлением его аэрозолей в активные глубинные разломы. На территории России подобные аномалии известны в Забайкалье.

Среди естественных радионуклидов наибольшее радиационно-генетическое значение имеют радон и его дочерние продукты распада (радий и др.). Их вклад в суммарную дозу облучения на душу населения составляет более 50%. Радоновая проблема в настоящее время считается приоритетной в развитых странах, в которых ей уделяется повышенное внимание. Опасность радона (период полураспада 3,823 суток) заключается в его широком распространении, высокой проникающей способности и миграционной подвижности, распаде с образованием радия и других высокорadioактивных продуктов. Радон не имеет цвета, запаха и считается невидимым врагом, угрозой для миллионов жителей Западной Европы, Северной Америки.

Образующиеся при распаде радона радиоактивные продукты в виде мельчайших твердых частиц легко проникают в органы дыхания и осаждаются в них, испуская альфа-лучи. По сообщениям печати, около 8 млн домов в США (10% всего количества) наполнены радоном свыше принятых норм. В плохо проветриваемых помещениях радон накапливается, что усугубляет ситуацию. Отмечаются случаи наличия радона в водопроводной воде, используемой для

питьевых нужд. Радон, радий и уран в количествах, часто превышающих ПДК для питьевой воды, обнаружены во всех штатах США.

Аналогичная ситуация наблюдается в Швеции и многих других странах Западной Европы, в которых выполнены специальные работы по выяснению радоновой опасности. В 1976 г. была создана рабочая группа для разработки рекомендаций по защите от естественной радиации применительно к условиям стран-участниц.

В России радоновой проблеме начали уделять внимание лишь в последние годы. Территория нашей страны в отношении радона слабо изучена. Полученная в предыдущие десятилетия информация позволяет утверждать, что и в Российской Федерации радон широко распространен как в приземном слое атмосферы, подпочвенном воздухе, так и в подземных водах, включая источники питьевого водоснабжения.

По данным Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены, наибольшая концентрация радона и его дочерних продуктов распада в воздухе жилых помещений, зафиксированная в нашей стране, соответствует дозе воздействия на легкие человека 3—4 тыс. бэр в год, что превышает ПДК на 2—3 порядка. Предполагается, что вследствие слабой изученности радоновой проблемы в России возможно выявление высоких концентраций радона в жилых и производственных помещениях целого ряда регионов. К ним прежде всего относятся радоновое пятно, захватывающее Онежское озеро, Ладожское озеро и Финский залив; широкая зона, вытянутая от Среднего Урала в западном направлении; южная часть Западного Приуралья; Полярный Урал; Енисейский край; Западное Прибайкалье; Амурская область; северная часть Хабаровского края; Чукотский полуостров.

Ядерная энергетика (при условии строжайшего выполнения необходимых требований) экологически чище, нежели теплоэнергетика, поскольку исключает вредные выбросы в атмосферу (золы, диоксидов углерода, серы, оксидов азота и пр.) Это обстоятельство объясняет строительство и эксплуатацию атомных электрических станций (АЭС), при нормальной работе которых выбросы радионуклидов в окружающую среду незначительны. К настоящему времени, по данным Международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ), число действующих в мире реакторов достигло 426 при их суммарной электрической мощности около 320 Гвт (17% мирового производства электроэнергии). Между тем любая АЭС независимо от уровня ее защиты представляет собой потенциально опасный объект. В зависимости от места аварии на АЭС и ее масштаба

возможно загрязнение среды такими радионуклидами, как стронций-90, цезий-137, церий-141, йод-131, рутений-106 и др. Отсюда высокие требования к обеспечению надежности атомных реакторов, а также к соблюдению жестких правил их эксплуатации, гарантирующих безаварийную работу.

Антропогенными источниками радиоактивных загрязнений среды являются радиоактивные аэрозоли, вносимые в атмосферу ядерными взрывами или предприятиями атомной промышленности, а также радиоактивные отходы, сбрасываемые в гидросферу или литосферу. Прежде всего к ним относятся радиоактивные отходы предприятий по добыче и обогащению урановой или ториевой руды, переработке ядерного горючего, получению металлов из ртутных концентратов, изготовлению тепловыделяющих элементов, регенерации ядерного горючего, а также при многих вспомогательных, ремонтных и дезактивационных работах.

Радиоактивное загрязнение биосферы при переработке ядерного горючего связано с наличием большого числа обстоятельств, возникающих вследствие отклонения от заданного технологического режима и сопровождающихся аварийными выбросами в окружающую среду радионуклидов. Помимо этого, при работе с делящимся материалом возможно накопление его критических масс, что чревато ядерным взрывом.

В коммунальных условиях внешнее облучение может практически полностью определяться радиоактивностью строительных материалов. К таким материалам относятся некоторые разновидности гранитов, пемзы, а также бетона, при производстве которого использовались глинозем, фосфогипс и кальций-силикатный шлак, обладающие довольно высокой удельной радиоактивностью. Отмечались случаи, когда в бетон попадали высокордиоактивные вещества. В закрытых и непрветриваемых помещениях продукты распада урана и тория (в том числе радон) накапливаются и создают высокие уровни радиации.

Уран и другие радионуклиды могут в значительных количествах выбрасываться в атмосферу при работе ТЭЦ, котельных, автотранспорта. Это связано с тем, что угли и нефти иногда характеризуются повышенной ураноносностью. Площадь такого радиоактивного загрязнения может быть обширной.

В настоящее время радиационная обстановка в России определяется глобальным радиоактивным фоном, наличием загрязненных территорий, образовавшихся вследствие чернобыльской (1986) и кыштымской (1957) аварий, эксплуатацией урановых месторожде-

ний, предприятий ядерного топливного цикла, судовых ядерно-энергетических установок, региональных хранилищ радиоактивных отходов, а также аномальными зонами ионизирующих излучений, связанных с земными (природными) источниками радионуклидов.

5.3. Биологическое загрязнение

Биологическое загрязнение может быть случайным или вызванным деятельностью человека. Оно проявляется через проникновение в эксплуатируемые экосистемы и технологические устройства чуждых растений, животных и микроорганизмов. Разновидностью биологического загрязнения является микробиологическое (бактериологическое) загрязнение. Особенно сильно загрязняют среду предприятия, производящие антибиотики, ферменты, вакцины, сыворотки, кормовой белок, биоконцентраты и др., т.е. предприятия промышленного биосинтеза, в выбросах которых присутствуют живые клетки микроорганизмов. К биологическому загрязнению можно также отнести преднамеренную и случайную интродукцию видов, чрезмерную экспансию живых организмов, т.е. введение в культуру дикорастущих растений и распространение животных за пределы естественного ареала.

Наряду с прямым истреблением биологических ресурсов, их угнетением антропогенными загрязнителями во все больших масштабах начинает проявляться фактор непредумышленного расселения видов. С давних времен человек совершал путешествия, используя транспортные средства, и чем интенсивнее шла транспортировка грузов, тем больше видов животных и растений перемещались с одного континента на другой.

Результаты интродукции живых организмов в новую среду ведут не только к постепенному изменению распределения видов на планете, но и создают прецеденты их весьма неблагоприятного воздействия на естественные условия. Во-первых, это «демографический взрыв» интродуцированного вида, угнетающего другие виды в результате конкуренции, хищничества, паразитизма. Например, колорадский жук, первоначально распространенный в Скалистых горах Северной Америки, где он питался дикими пасленовыми растениями, был в 1920 г. обнаружен во Франции. Дальнейшее его распространение по всему миру произошло с развитием культуры картофеля. Во-вторых, перемещение видов часто становится причиной появления новых болезней и вспышек эпидемий. В 1938–1939 гг. в Бразилии в результате вспышки малярии погибло более 12 тыс. че-

ловек. Выяснилось, что в 1929 г. из Южной Африки на самолете было завезено какое-то количество малярийных комаров, способных к размножению на открытых плесах вне леса и залетевших в жилища. Местные же малярийные комары размножались в затененных участках водоемов в лесах (вне мест постоянных поселений). В-третьих, в результате акклиматизации интродуцированные виды претерпевают изменения и могут перестроить сообщество аборигенных видов. Например, вселение в 1965 г. в систему водоемов Панамского канала чужеродного вида окуня привело к поеданию им популяций мелких местных рыб. В результате нарушения пищевых цепей началось цветение воды, массовое развитие зоопланктона, резко возросла вероятность вспышек малярийных заболеваний.

Из трех сфер обитания жизни на Земле — воздуха, воды и почвы — наиболее подвержена биологическому загрязнению гидросфера. Биогенное загрязнение воды вызывает усиленное развитие фитопланктона, приводящее к тому, что вода начинает «цвести». Под «цветением» воды понимают интенсивное развитие водорослей, в результате чего микроскопические организмы из-за своей массовости становятся видимыми и придают воде различную окраску. Если вода «цветет» сине-зелеными водорослями (характерными для умеренного и теплого климата), то в ней образуются токсичные вещества, качество воды ухудшается, появляются посторонние запахи, неприятный вкус. В результате вода становится непригодной для питья. В периоды отмирания большой массы микро- или макрорастительности происходит еще более резкое ухудшение качества воды, снижается содержание растворенного кислорода, появляются неприятные запахи. Это явление (изменение качества воды в результате нарушения естественного хода биологических процессов) получило название вторичного (биологического) загрязнения.

Проблеме «цветения» воды уделяется большое внимание. Биологическими исследованиями доказано, что сине-зеленые водоросли имеют в природе врагов и потребителей. Уже выделено свыше 20 вирусов, отрицательно действующих на развитие этих водорослей. Кроме того, ведутся исследования в области изучения химических препаратов с токсичным специфическим воздействием на сине-зеленые водоросли.

Под влиянием евтрофирования и загрязнения водоемов значительно изменяются их биологические показатели, увеличивается видовое разнообразие, повышается численность и биомасса нефотосинтезирующих микроорганизмов (бактерий, грибов), а видовой состав водорослей и высших водных растений при росте их числен-

ности и биомассы уменьшается. В клетках гидробионтов накапливаются металлы, нефтепродукты и другие опасные соединения. Фауна водоемов изменяется качественно и количественно, многие виды зооорганизмов вымирают: сокращается численность и биомасса рыбы, в том числе ценной; ухудшается санитарно-эпидемиологическая ситуация при усиленном размножении паразитирующих организмов, патогенной микрофлоры вирусов; усиливаются заболевания гидробионтов, птиц, водных животных. В период «цветения» концентрация водорослей достигает величины 1–5 млн клеток в 1 мл, или 1000–5000 млрд в 1 м³ воды, которая приобретает вид зеленого бульона.

К основным причинам «цветения» воды относятся резкое сокращение скорости течения воды, перемешивания и, как следствие, образование застойных зон. На интенсивность развития водорослей большое влияние оказывает температура воды. Пересыщение водоемов питательными веществами (азотом, фосфором, органическими соединениями) представляет собой третью причину интенсификации роста водорослей. Источниками биогенных элементов являются удобрения, вносимые в почву, воды канализации, поступления из затопленных почв, наконец, многолетние донные отложения. Синие-зеленые водоросли чрезвычайно стойки, на любую экологическую катастрофу они откликаются первыми, изменяя характер своего развития и приспособляясь к новым условиям. Комплекс всех этих причин и вызывает «цветение» воды. Возникнув в силу сложившихся в водоеме условий, этот процесс повторяется из года в год с разной интенсивностью и в разных масштабах. Регулирующую роль здесь играют метеорологические факторы (освещенность, давление, температура), гидродинамические особенности водных объектов, а также степень обеспеченности водорослей необходимыми питательными веществами.

Ухудшение основных химических показателей воды при ее «цветении» связано с прижизненным ростом водорослей и разложением образованного ими органического вещества. В воде, подверженной интенсивному «цветению», обнаружено и идентифицировано порядка 200 разнообразных химических соединений, в том числе представляющих опасность для человека (токсины, канцерогенные вещества, аллергены). В скоплениях водорослей в результате возникающих там процессов накапливаются уксусная, масляная и уксусная кислоты, бутиловый спирт. В воде появляются фенолы (причем их концентрация может в 10 раз превышать допустимую санитарную норму), индолсодержащие компоненты, меркаптаны, амины, а рН воды

снижается до 4–5 и ниже. Под влиянием поверхностной пленки водорослей усиливается нагрев воды (на 6–8 °С выше нормы), что повышает испарение и способствует переходу летучих водорослевых метаболитов в воздух, вызывая его загрязнение.

Вследствие большой концентрации органических соединений создается неблагоприятная санитарно-эпидемиологическая обстановка, поскольку они служат питательной средой для развития и сохранения патогенной микрофлоры, в том числе холерных вибрионов. Угрожающая ситуация складывается при массовом развитии токсических форм водорослей. Следовательно, чрезмерное развитие водорослей в водоеме вызывает комплекс негативных последствий. В результате вода из полноценного и доброкачественного природного продукта превращается в опасную для всего живого жидкость. Особо серьезные последствия возникают там, где к биологическому загрязнению добавляются химическое и тепловое.

5.4. Экстремальные воздействия на биосферу

Большинство загрязнителей, попадающих в окружающую среду естественным путем (как, например, в результате извержений вулканов), и многие из тех, которые образуются в результате антропогенной деятельности, разлагаются до безопасных химических веществ или до безвредных концентраций в ходе естественных процессов, а затем вновь вовлекаются в круговорот. Однако очень часто способность природы к осуществлению таких процессов превышает. Положение усугубляется тем, что промышленность производит тысячи химических веществ, которые разлагаются очень медленно или не разлагаются вообще.

Дестабилизирующими факторами состояния биосферы являются не только антропогенное загрязнение природной среды, но и природные катастрофы, вызванные различными причинами, а также техногенные аварии. К первым, кроме упоминавшейся вулканической деятельности, относятся наводнения, ураганы, смерчи, сели и т. п. Испытания ядерного оружия по масштабам воздействия на биосферу соизмеримы с природными катастрофами. Подобные явления оказывают экстремальные воздействия на окружающую среду. В ряде случаев они превышают адаптационные возможности биосферы и приводят к разрушению экосистем из-за нарушения естественных биогеохимических процессов.

Реакция биосферы на загрязнение наступает относительно быстро, поэтому существует реальная возможность регулирования мас-

штабов воздействия — через уменьшение или даже предотвращение необратимых изменений в природных системах. Примером может служить регулирование отлова рыбы в водах Мирового океана. Если же сдвиг в экосистеме происходит с большим запозданием, то возможны необратимые изменения даже в глобальном масштабе. В истории Земли такие процессы привели к исчезновению многих видов растений и животных.

Для решения проблем окружающей среды человек должен осознать, что порог ее устойчивости перейден и антропогенная деятельность должна быть направлена на восстановление биосферы с использованием механизмов стабилизации в целях сохранения человеческого общества.

Экстремальные воздействия на биосферу стали играть заметную роль в развитии биогеохимических процессов во второй половине XX в. В определенной мере это было связано с испытаниями ядерного, химического и бактериологического оружия.

Ядерные взрывы формируют такие радиоактивные загрязнители, которые представлены продуктами распада урана (^{238}U) и плутония (^{239}Pu), не прореагировавшим ядерным горючим и радионуклидами, возникающими при взаимодействии нейтронов оболочки бомбы, воздуха и грунта. В зависимости от времени, проходящего с момента взрыва до оседания частиц на поверхности Земли, радиоактивные выпадения делятся на три типа:

1. *Ближние, или локальные*, выпадения представлены относительно крупными (более 100 мкм) частицами, оседающими на Землю преимущественно под действием силы тяжести. Эти выпадения обычно бывают сухими, не связанными с атмосферными осадками. Локальные выпадения начинаются сразу же после взрыва и продолжаются 1–2 суток, охватывая по мере переноса ветром радиоактивного облака все более обширные территории. В результате локальных выпадений на поверхности Земли образуется полоса так называемых радиоактивных слоев шириной в несколько десятков и протяженностью несколько сотен километров. Крупные частицы оседают под действием силы тяжести, попадают непосредственно на подстилающую поверхность, в том числе на растительный покров. Считается, что при наземных ядерных взрывах мегатонной мощности на ближние выпадения приходится до 80% образовавшейся активности, а при воздушных взрывах — около 10%.

2. *Промежуточные, или тропосферные*, выпадения представлены мелкими частицами (несколько микрометров и меньше). Эти частицы формируются в тропосфере, ниже тропопаузы, на высо-

те 11–16 км. Период полувыведения этих частиц из тропосферы, по различным данным, составляет 20–30 дней. Тропосферные выпадения при поверхностных взрывах мегатонной мощности составляют 5%.

3. *Глобальные, или стратосферные*, выпадения состоят из частиц от десятых до нескольких сотых микрометра, забрасываемых в стратосферу на высоту 10–30 км. Оттуда они переносятся в тропосферу струйными течениями и циклональными вихрями с воздушными массами через разрывы в тропопаузе. В умеренных широтах глобальные выпадения с атмосферными осадками (влажные выпадения) составляют 60–70% общей суммы радиоактивных выпадений, остальная их часть (30–40%) — сухие выпадения. Глобальные выпадения распределяются по всей поверхности земного шара.

Из глобальных выпадений в водный раствор переходит около 50% общей активности, в водонерастворимой форме выпадает до 95% стронция (^{90}Sr) и до 70% цезия (^{137}Cs), в растворимой — 30% церия (^{144}Ce) и 40% циркония (^{95}Zr). Из локальных и тропосферных выпадений от воздушных взрывов, представленных частицами величиной до 20 мкм, в воде растворяются до 30% общей активности. В основном это радионуклиды йода, цезия, стронция, бария.

После испытательных взрывов ядерного и термоядерного оружия, проведенных США на атоллах Бикини и Джонсона (1951–1970 гг.), наблюдались заметные отклонения в поведении и ориентационной способности птиц, черепах, многих других гидробионов (беспозвоночных, млекопитающих) даже на значительных расстояниях от места взрыва, не говоря уже о прямом повреждающем действии (световом излучении, взрывной волне и радиоактивном заражении территории) на те живые организмы, которые находились на атоллах, выбранных в качестве полигонов.

Взрыв атомного реактора на четвертом блоке Чернобыльской АЭС в 1986 г. по своим глобальным последствиям является крупнейшей экологической катастрофой в истории человечества. В результате взрыва и пожара из разрушенного реактора было выброшено 765 т ядерного топлива и продуктов деления с суммарной активностью не менее 50 млн Кюри. Суммарный выброс радиоактивных продуктов в атмосферу в радиусе 300–400 км от станции составил 77 кг. Для сравнения — при взрыве атомной бомбы над Хиросимой количество радионуклидов не превысило 740 г. В состав радиоактивных осадков вошло около 30 радионуклидов с периодом полураспада от 11 (криптон — 85) до 24 100 (плутоний — 239) часов. Чернобыльским выбросом в различной степени загрязнены 80% территории Белорус-

сии, северная часть Правобережной Украины и 17 областей Российской Федерации. Общее загрязнение по площади превысило 100 тыс. км², охватив значительную часть европейской территории СНГ.

Техногенные аварии, возникающие на атомных электростанциях, на предприятиях по переработке урановых и плутониевых руд, могут привести к чрезвычайно опасным радиационным загрязнениям. На локальном уровне техногенные аварии приводят к экстремальным воздействиям на окружающую среду, причем глубина таких воздействий на процессы в биосфере не столь масштабна изначально, как при катастрофах. Наиболее опасными по экологическим последствиям являются аварии в угольной, нефте- и газодобывающей, химической, нефтеперерабатывающей отраслях промышленности и на транспорте.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под загрязнением биосферы?
2. Каковы основные загрязнители атмосферы, гидросферы, литосферы?
3. Каким образом классифицируются загрязнения?
4. Каково происхождение аэрозольного загрязнения?
5. Что такое «кислотные дожди» и каково их влияние на биосферу?
6. Назовите основные химические загрязнители.
7. Чем опасно нефтяное загрязнение?
8. Каков уровень «болевого порога» при воздействии шума?
9. Каково воздействие на биосферу электромагнитных излучений?
10. Назовите основные источники радиоактивного загрязнения.
11. Перечислите основные причины «цветения» воды.
12. Каковы основные источники физического загрязнения почв и ландшафтов?

Глава 6. ИЗМЕНЕНИЯ В БИОСФЕРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЧЕЛОВЕЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

Развитие человеческой цивилизации исторически сопровождалось постоянным ростом потребностей людей, требовавших своего удовлетворения. Другими словами, естественное стремление к выживанию, к улучшению условий жизни со временем (в процессе становления мирового сообщества) создало социальную, экономическую и культурную среду, без которой современному человеку трудно существовать.

6.1. Изменения природной среды

Человеческое общество обеспечивает свое динамическое развитие через интенсивное расширение промышленного производства, создание искусственной среды обитания и более глубокое освоение ресурсов биосферы. Человек выступает как покоритель природы, и в этом стремлении он истощает ее ресурсы, разрушает естественные экосистемы, нарушая биохимические циклы и равновесие в биосфере. Изменения окружающей природной среды сегодня приобрели глобальные масштабы (табл. 6.1). Особое беспокойство вызывает массовое распространение экстенсивных техногенных процессов, реализующих незамкнутые циклы, в результате чего нарастает действие фактора дестабилизации биосферы.

Анализ негативных проявлений результатов техногенной деятельности свидетельствует о том, что человеческое общество еще весьма далеко от осознания необходимости уже сегодня начать радикальную перестройку своего отношения к Природе, частью которой был и остается человек и от благополучия которой зависит его настоящее и будущее (табл. 6.2). Если экологическое сознание и поведение людей не изменится, то, по оценкам ведущих специалистов и ученых, изменения природной среды будут крайне неблагоприятными.

Уже сегодня ясно, что человек для поддержания равновесия с Природой должен вкладывать все больше средств на восстановление утраченных, нарушенных и поддержание существующих естественных ресурсов биосферы. Эти затраты в 1992 г. составили более 92 млрд долларов, а в 2000 г. потребовалось примерно 160 млрд долларов.

Дестабилизирующее влияние человека по отношению к биосфере не остается безнаказанным. Природа сопротивляется наступлению на нее со стороны человека, и зачастую плата за потребительство и хищничество оказывается весьма высокой. Это прежде всего рост заболеваний, нарушение генофонда человека, обострение проблемы голода, рост напряженности отношений между «бедными» и «богатыми» странами, а также отдельными социальными группами и этносами. В конечном счете, это проблема сохранения и эволюции человека.

6.2. Проблемы урбанизации

Численность населения Земли растет довольно быстро — прирост около 90 млн в год. Но более 80% этого прироста приходится на развивающиеся страны с низким уровнем жизни. Такая тенденция

Таблица 6.1

Влияние техногенных процессов на изменение экологической обстановки

Техногенные процессы	Внешние формы, проявления	Результаты воздействий
Бессистемная распашка земель, крутых склонов	Уничтожение первичного рельефа, резкое очерчивание лошин сброса поверхностного водного стока, выворачивание на поверхность щебеннистого материала, появление оврагов	Быстрое оврагообразование, расчленение конфигураций полей, активизация плоскостной эрозии, уничтожение и загрязнение родников и водоемов, нарушение дорожной сети
Сплошная распашка земель, плоскостных форм рельефа	Уничтожение естественных кормовых угодий, всех форм микрорельефа, в горных ландшафтах – выворачивание на поверхность шебня	Активизация плоскостной эрозии, дефляция в отдельных районах, полное разрушение почвенного покрова при малой мощности мелкоземлистой толши
Распашка дний межгорных котловин, приозерных равнин	Уничтожение естественного растительного покрова, выворачивание на поверхность солевых горизонтов, резкое осложнение поверхностного рельефа	Нарастание процессов засоления территории, резкое ухудшение агрономического состояния поверхностного горизонта, ухудшение видового состава растительности, проявление заболачивания, в сухие годы – занос солей на прилегающие территории
Создание водохранилищ в условиях равнинного рельефа	Образование обширных неглубоких акваторий	Затопление и потеря высокопродуктивных сельскохозяйственных земель, уничтожение мест обитания местной фауны и путей ее миграции, ухудшение качества воды из-за сбросов загрязнений, в том числе и средств химизации, абразионное разрушение берегов, развитие оврагов в прибрежной полосе

Продолжение табл. 6.1

Применение вы- соких доз мине- ральных удобре- ний и средств хи- мической защиты урожаев от вреди- телей и болезней	Снижение биологической продук- тивности, общее ухудшение эко- логической обстановки	Подкисление почв, загрязнение их токсикантами, дегуми- фикация, загрязнение продуктов питания и природных вод, евтрификация водоемов
Орошение земель, в том числе мине- рализованными водами	Заболачивание территорий, даже в автоморфных позициях	Засоление, осолонцевание почв, загрязнение поверхностных и подземных вод, в итоге — потеря продуктивных земель
Осушение земель	Резкое ухудшение поверхности территории, быстрое появление поросли древесных пород	Появление борозд, высыхание болот, ухудшение видового состава растительности, оживление эрозийных процессов, облесение, засоление территории
Вырубка лесов в горах и на равни- нах	Резкое проявление эрозийных процессов	Сокращение эксплуатационных запасов, смена ценных хвойных пород на осину и березу, разрушение почвенного покрова, развитие плоскостной и овражной эрозии, резкое снижение водоохранной роли и нарушение гидрологического режима территории, усыхание древостоев, заболачивание, дегумификация почв
Разработка полес- ных ископаемых открытым спосо- бом	Потеря земельных ресурсов, обра- зование карьеров, котлованов, техногенных бедлендов	Уничтожение почв, загрязнение прилегающих территорий продуктами выветривания вскрышных пород, запыление атмосферы, ухудшение гидрологического режима
Пастбищное жи- вотноводство с превышением норм выпаса	Нарушение рельефа и уничтоже- ние естественной растительности	Опустынивание, переуплотнение и дегумификация почв, крайне быстрое ухудшение видового состава естественных травостоев, развитие эрозийных процессов

Окончание табл. 6.1

Интенсивное стойловое живот- новодство	Деградация естественных ланд- шафтов	Химическое загрязнение почв и природных вод, еврифика- ция водоемов, ухудшение качества производимых продуктов питания, возможно, образование метана
Урбанизация	Разрушение естественных ланд- шафтов	Уплотнение и загрязнение почв, потеря земельных ресурсов, уничтожение естественной травянистой и угнетение древес- ной растительности, резкое снижение биологической ак- тивности почв, снижение порога устойчивости экологиче- ских систем, загрязнение природных вод
Эксплуатация те- плоэнергети- ческих объектов	Заметное ухудшение окружающей среды в факеле выбросов тепло- станций	Загрязнение воздуха, почв и водоемов воздушными выбро- сами
Транспортное строительство	Изменение рельефа	Разрушение почв, заболачивание прилегающих территорий, развитие эрозионных процессов
Развитие метал- лургии и химиче- ской промышлен- ности	Уничтожение растительного по- крова	Загрязнение почв и природных вод тяжелыми металлами, гибель лесов (в первую очередь хвойных) в зоне влияния предприятий, формирование кислотных дождей
Добыча полезных ископаемых в чер- те города	Нарушение горно-геологических условий	Провалы, обрушение кровли, активизация эрозии, загряз- нение почв, повышение содержания пыли в воздухе
Эксплуатация ав- тотранспорта	Ухудшение качества воздуха, угне- тение растительного покрова	Загрязнение растительности и почв остатками нефтепродук- тов, свинцом и цинком вдоль дорог, на автостоянках, за- правках и автопредприятиях, загрязнение придорожных территорий транспортируемыми сыпучими рудами и топли- вом, удобрениями, рудными породами, промышленными отходами
Разработка нефтя- ных и газовых ме- сторождений	Полное разрушение почв	Загрязнение обширных территорий нефтепродуктами, хи- мическое загрязнение поверхностных и грунтовых вод, уничтожение растительного покрова

Таблица 6.2
Тенденции изменения окружающей среды человеком

Характеристика	Изменения за период с 1972 по 1992 г.	Сценарий на 2030 г.
Потребление первичной биологической продукции	Рост потребления: на суше — 40%, глобальный — 25%	Рост потребления: на суше — 80...85%, глобальный — 50...60%
Изменение концентрации «парниковых газов» в атмосфере	Прирост концентрации в год, %: CO ₂ — 3,4, фреонов — 5–10, CH ₄ — 2,6–3	Ускорение роста концентрации CO ₂ и CH ₄ из-за ускорения разрушения биоты
Истощение озонового слоя	Истощение озонового слоя на 1–2% ежегодно	Сохранение данной тенденции даже после прекращения выброса фреонов
Сокращение площади лесов, особенно тропических	Сокращение со скоростью от 117 (1980 г.) до 180 (1989 г.) тыс. км ² в год	Сохранение тенденции, сокращение площади тропических лесов с 18 (1990 г.) до 9–11 млн км ² (2080 г.)
Опустынивание	Расширение площади пустынь на 60 тыс. км ² /год, рост опустошения земель	Сохранение тенденции при возможном росте темпов опустынивания в результате уменьшения влагооборота иа суше и накопления поллютантов в почвах
Деградация земель	Рост эрозии, снижение плодородия, закисление, накопление загрязнителей	Сохранение тенденции
Качественное истощение вод суши	Рост объемов сточных вод, количества точечных и распределенных источников загрязнения, числа поллютантов и их концентрации	Сохранение и нарастание тенденции
Исчезновение видов организмов	Быстрое исчезновение видов	Усиление тенденции разрушения биосферы
Ухудшение условий проживания людей, рост генетических заболеваний, связанных с экологическими нарушениями, появление новых болезней	Рост бедности, нехватка продовольствия, высокая детская смертность, высокий уровень заболеваемости, необходимость чистой питьевой водой в развивающихся странах, проживание в зонах интенсивного загрязнения, рост генетических и аллергических заболеваний, пандемия СПИД в мире, понижение иммунного статуса	Сохранение тенденции, расширение зон инфекционных заболеваний, появление новых болезней

ность наблюдается и в пределах одной страны, в том числе в ее регионах (регионы с благоприятными и неблагоприятными условиями климата, промышленно развитые и отсталые и т. д.), в городах и населенных пунктах.

Высокая плотность населения в крупных городах мира (Мехико, Токио, Нью-Йорк и др.), имеющих структуру мегаполисов, породила острейшие проблемы. Среди них — катастрофически высокие уровни загрязнения среды обитания материальными и энергетическими выбросами, вспышки массовых психозов, эпидемических заболеваний, возникновение новых болезней, резкое сокращение рождаемости и рост числа людей с генетическими и иными нарушениями.

Процесс урбанизации (от лат. *urbis* — город) начался около 3500 лет назад в долинах рек Тигра и Евфрата, а позднее Нила. Города возникали как места для развития торговли и совместной защиты их жителей от нашествий. С началом промышленной революции процесс урбанизации приобрел взрывной характер. Города стали наиболее совершенной формой организации искусственной среды обитания человека. Обеспечивая концентрацию промышленности и управления, они в наибольшей степени удовлетворяли условиям быта, развития культуры и информационного обмена. Уровень урбанизации в России, по данным на 2001 г., превысил 73% и представлен 1092 городами с населением 94,7 млн человек и 1875 населенными пунктами городского типа с населением 11,2 млн человек.

Крупный город существенно меняет многие компоненты природной среды. Его инфраструктура оказывает воздействие на загрязнение атмосферы в радиусе до 30–50 км, гидросферы (поверхностные стоки с улиц и промышленных площадок, сточные воды от бытовых и промышленных сетей, фильтрация в грунтовые воды), литосферы (полное разрушение продуктивного слоя, загрязнение грунтов на глубину до 8–12 м, подземные сооружения и др.). Перепады температуры, влажности, солнечной радиации между городом и его окрестностями соизмеримы с перемещениями на 20 градусов по широте. Энергетические поля городов оказывают влияние на расстоянии 1–8 км от их внешней черты. Средняя температура в крупных городах на 1–4 °С выше, чем на соседних территориях. Этим создается своеобразный «тепловой колпак» под городом, усиливающий загрязнение приземного слоя.

Сегодня в городах мира проживает более 30% населения планеты. Здесь проявляются существенные отрицательные факторы воздействия на природные условия жизни человека: прогрессирую-

ший рост загрязнения окружающей среды промышленными и бытовыми выбросами и отходами; прогрессирующее отставание санитарно-технического благоустройства и инженерного оборудования от роста жилого фонда и населения города; нарастающее превышение над допустимыми нормами уровней энергетических загрязнений (шум, вибрации, излучения и др.); возрастающая вероятность массовых инфекционных и нервных специфических заболеваний (стрессы, психозы и др.); постоянно действующие моральные и психические напряжения, приводящие к конфликтам человека и «города».

К этому следует добавить, что действие указанных факторов распространяется и на пригородные зоны отдыха. Их влияние на условия жизни человека приводит к росту сердечно-сосудистых, онкологических, аллергических и ряда других заболеваний.

Вместе с тем города выступают как мощные генераторы и накопители искусственных ресурсов общества. В них концентрируются материальные и культурные блага. Наряду с промышленными объектами здесь существуют центры информации, образования, культуры, благодаря чему открываются и развиваются разносторонние колоссальные возможности удовлетворения личностных потребностей жителей. При этом крупные города становятся теми монстрами, которые ненасытно потребляют природные ресурсы, продукты питания, загрязняют воду, создают условия для постоянно возрастающей миграции людей из сельской местности. В городах жизненный уровень выше, больше возможностей для выживания и развития человека. Все это создает острые и зачастую неразрешимые конфликты города и малых населенных пунктов, горожан и сельских жителей.

Не менее острые проблемы испытывают отдельные регионы в различных странах. Диспропорции в развитии хозяйства, различия в климатических условиях наряду с просчетами в регулировании отношений между этносами создают условия для социальных, экономических и демографических различий между регионами, порождают межнациональные конфликты в государствах.

Все эти негативные явления сказываются на уровне жизни людей из различных регионов. Они проявляются через процессы миграции из экологически неблагоприятных и экономически неразвитых районов страны. В итоге в обществе развиваются напряженные состояния, происходит деградация малых народов, потеря ими своих национальных особенностей при ассимиляции среди коренного населения страны.

Серьезную проблему создают и отношения поколений. Снижение рождаемости в развитых странах и увеличение продолжительности жизни их населения оценивается как положительная тенденция. Но она же создала ряд экономических и социальных трудностей. В передовых странах число людей пенсионного возраста достигает 50% числа работоспособных жителей. Необходимость поддерживать жизнедеятельность пожилых граждан ложится тяжелым бременем на экономику страны и систему ее социального обеспечения. Дополнительно возникает проблема отношений между поколениями. Меньший динамизм пожилых людей, их следование устоявшимся традициям, привычкам, стереотипам поведения вызывают серьезные расхождения с ценностями молодого поколения. «Вес» пожилых людей в этом конфликте поколений превалирует, и общество становится все более консервативным, что усиливает регрессирующие тенденции в его развитии.

Непропорциональный рост населения в развитых странах мира и быстрое увеличение числа жителей Земли создают глобальную проблему выживания человечества. Известно, что на человека, как на биологический вид, распространяется действие закона геометрической прогрессии скорости размножения, открытого Мальтусом. Теоретически его можно проиллюстрировать данными табл. 6.3.

Трактовка действия этого закона, предложенная Мальтусом, и сегодня привлекает сторонников, поскольку требование «последовательно способствовать действиям природы, вызывающим смертность...» сопровождается здесь предложениями по ухудшению жизни бедных людей, прекращению всяческой помощи больным и голодным.

Таблица 6.3

Теоретический рост потомства одной семьи

Число поколений	1	2	3	5	...	10
Число носителей	4	8	16	64	...	2048
Общая численность семьи	6	14	28	112	...	3548

Варварские методы регулирования народонаселения Земли, предложенные Мальтусом, не раз реализовывались в нашей недалекой истории и имеют свои проявления в настоящее время как в пассивном созерцании больных и голодных, так и в проявлениях геноцида.

Современное цивилизованное общество понимает, что если человечество не остановит прогрессирующий рост своей численности на Земле, то природа сделает это гораздо более решительно и жестоко. Она уже сейчас показывает свои способности защиты от ант-

ропогенного давления. Подтверждением этого являются вспышки массовых эпидемий, прокатившихся по ряду стран Африки и Юго-Восточной Азии, а также очаги неизвестных тяжелых заболеваний в густонаселенных районах планеты и др. Понимание необходимости цивилизованного и гуманного ограничения рождаемости находит свое отражение в реализации странами мира мер по регулированию рождаемости с использованием экономического и социального воздействия на семью, в развитии экологического мировоззрения и экологической культуры людей. Сравнение складывающихся тенденций в регулировании народонаселения планеты позволяет прогнозировать развитие человеческой цивилизации. Исходя из оценки динамики развития общества, сложившейся в конце XX в., следует предположить, что в XXI в. численность населения и загрязнение окружающей среды человеком сначала будут возрастать как следствие развития индустриального типа общества. Затем общество сможет гуманным путем обеспечить сокращение численности населения планеты (рис. 6.1,а). Если в результате достижения согласия в мировом сообществе удастся обеспечить стабилизацию численности людей с нулевым приростом народонаселения, то вполне возможен переход к устойчивому развитию человечества в гармонии с Природой (рис. 6.1,б).

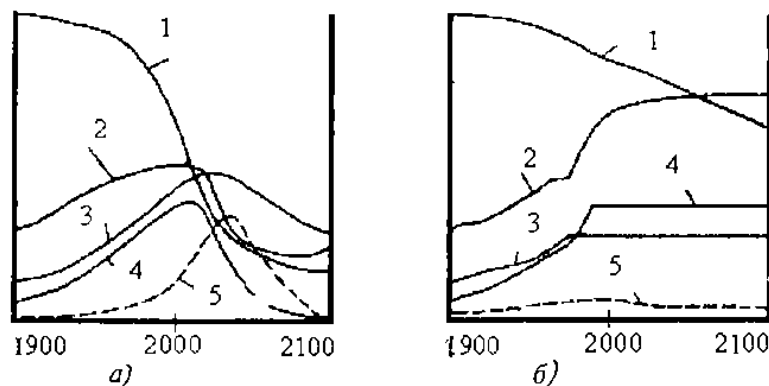


Рис. 6.1. Модели развития общества: при сохранении современных тенденций (а); при сохранении нулевого прироста населения Земли (б): 1 — ресурсы общества; 2 — производство продуктов питания на душу населения; 3 — численность населения; 4 — производство промышленной продукции на душу населения; 5 — загрязнение окружающей среды

6.3. Проблемы «бедных» и «богатых» стран

Историческое развитие человеческого общества и его распространение на Земле происходило неравномерно. Еще до возникнове-

ния государств люди селились преимущественно в наиболее благоприятных климатических зонах, обладающих мягким климатом и богатыми ресурсами для жизнеобеспечения людей. Обособление отдельных государств и формирование их специфических интересов создало условия для возникновения проблемы «бедных» и «богатых» стран. Становление «богатых» стран происходило на основе интенсивной экспансии (военной и экономической), развития торговли и промышленности в условиях постоянного дефицита ресурсов и на фоне роста существующих и возникновения новых потребностей. «Бедные» страны длительное время существовали в некоторой изоляции (удаленность от торговых путей, временный избыток ресурсов питания и др.), отставая от «богатых» стран и постоянно подпадая под их влияние.

Быстрый рост населения развивающихся стран до предела обострил экологические и социальные проблемы. В 42 развитых странах проживает менее 25% населения планеты, но потребляется более 80% всей производимой энергии, а средний энергетический эквивалент питания одного жителя соответствует 3380 калориям в день. В 128 развивающихся странах, где проживает более 75% населения Земли, потребляется менее 20% производимой на планете энергии, а средний энергетический эквивалент питания одного жителя – менее 2380 калорий в день. В результате «богатые» страны производят и потребляют более 70% общемировой продукции. Около 50% богатств общества сосредоточено у 6% населения Земли. Более 70% жителей планеты не умеют читать, 50% страдают от недоедания, 80% проживают в не приспособленных для удовлетворительного быта жилищах и только 1% имеют высшее образование. Продолжительность жизни людей стран мира по этим причинам существенно различается (табл. 6.4).

«Богатые» страны в своем стремлении к дальнейшему развитию зачастую строят свои отношения с «бедными» странами не на условиях равного партнерства, а на условиях максимальной выгоды в ущерб «бедным». Развивающиеся страны для снятия возникающих напряжений в обеспечении своих жителей питанием, предметами быта и др. вынуждены истощать свои природные ресурсы, экспортируя в развитые страны древесину, нефть, газ, уголь, рыбу и др. В то же время развитые страны предпринимают меры для покупки этих ресурсов по демпинговым ценам, создают у себя резервы своих природных ресурсов, сокращая их изъятие, и не способствуют созданию в «бедных» странах современных производств по переработке их природных ресурсов.

За последние 45–50 лет в отношениях этих стран проявилась еще одна тенденция, связанная с экологической обстановкой. Известно, что страны с развитой промышленностью являются основными загрязнителями окружающей среды. Например, техногенное поступление углекислого газа в атмосферу в странах Северной Америки в 2 раза выше, чем в Южной Америке, и в 10 раз больше, чем в развивающихся странах Юго-Восточной Азии.

Количество отходов на душу населения в развитых странах больше, чем в «бедных», в 2–4 раза по бытовым и в 11–14 раз по промышленным отходам. Стремление улучшить экологическую обстановку в своей стране привело развитые страны не к интенсивному созданию и развитию экологически чистых технологий, а к действиям, направленным на экспорт в «бедные» страны самых экологически неблагополучных технологических переделов, и превращение соответствующих регионов в места захоронения и складирования отходов. Известно, что наиболее экологически «грязными», технически отсталыми и затратными являются технологии добычи и первичной переработки ресурсов (обогащение добытых руд, получение из них полуфабрикатов, очистка ископаемых от примесей и др.). Данные технологии создаются и развиваются в «бедных» странах, а продукты их реализации отправляются в «богатые» страны, где сосредоточены экологически более чистые и высокие технологии, требующие современного, уникального оборудования и высококвалифицированного персонала.

Таблица 6.4

Продолжительность жизни населения стран мира

Страны	Энергообеспеченность на 1 жителя, кВт · ч	Валовой национальный продукт на 1 жителя, долл.	Продолжительность жизни, лет	
			мужчины	женщины
Высокоразвитые:				
Япония	6944	12850	73,8	79,9
Франция	6661	10740	70,6	78,1
Англия	5761	8920	70,1	76,1
Умеренно развитые:				
Южная Корея	2775	2370	62,7	66,6
Бразилия	1643	1810	61,6	65,4
Слаборазвитые:				
Индия	335	290	52	51
Руанда	27	270	46,7	50
Эфиопия	18	120	39,4	42,6

Неутилизируемые отходы и отбросы производств (в том числе содержащие токсичные и опасные вещества высокой концентрации) развитые страны «экспортируют» в «бедные» страны, превращая их территории в свалки.

Доходы «бедных» стран от такой деятельности во много раз ниже выигрышей развитых стран. Установлено, что увеличение численности населения страны на 1 % требует роста валового национального продукта на 3 % для полного снятия потенциальных напряжений в жизни людей. Сегодня в развивающихся странах это условие не выполняется даже наполовину. Следствиями являются голод, массовые заболевания, процессы усиливающейся миграции, экономические и социальные потрясения, локальные военные конфликты. В результате потрясений, возникающих в развивающихся странах, несут потери и «богатые» страны, и мировое сообщество в целом. Сегодня стало ясно, что политика одних стран жить за счет других приводит к росту затрат первых на стабилизацию обстановки во вторых странах до уровней, вполне сопоставимых с полученными ранее выгодами. Это затраты на беженцев, иммигрантов и их семьи, расходы на борьбу с распространением эпидемий, ликвидацию крупных катастроф, военных конфликтов.

Выход из такого положения — в единстве миропонимания, а также в совместных скоординированных действиях государств и народов на пути устойчивого развития всего человечества для достижения полной его гармонии с Природой.

6.4. Экологическая обстановка в России

Россия переживает трудный период экономических и социальных преобразований. Резкое сокращение производства, моральный и физический износ оборудования, возросшее число техногенных аварий и катастроф привело ко многим экономическим и социальным конфликтам.

Крайне тревожная экологическая ситуация сложилась в большинстве регионов России и городских агломераций. Расширяются зоны экологической напряженности и неблагополучия; ныне они занимают около 15 % всей территории страны, в которой проживают сотни миллионов человек. 99 городов, в том числе Москва, отнесены к городам с неблагоприятной экологической обстановкой. Сложность российской экологической ситуации связана также с действием разнообразных природных факторов.

6.4.1. Природные факторы

Российская Федерация расположена в восточной части Европы и северной части Азии. Большая часть европейской территории страны занята Восточно-Европейской равниной. Северные склоны Кавказа ограничивают этот район с юга. На северо-западе расположены горы Хибин. К востоку от Урала тянется Западно-Сибирская равнина, окаймленная на юго-востоке горами Алтая. Между реками Енисеем и Леной простирается Среднесибирское плоскогорье, к которому на юге примыкают хребты Саянских гор, а между рекой Леной и Тихим океаном — хребты и плоскогорья Северо-Восточной Азии. Наиболее крупные реки — Волга, Северная Двина, Дон, Печора, Обь, Иртыш, Енисей, Ангара, Лена, Амур. Крупнейшие озера — Каспийское (море), Байкал, Ладожское, Онежское. Таким географическим положением определяются не только климатические условия, но и распределение всех природных ресурсов — минеральных, топливных, водных и др.

Климат страны меняется от морского на крайнем северо-западе до резко континентального в Сибири и муссонного на Дальнем Востоке. Средние температуры января от 0 до -50°C , июля от 1 до $+25^{\circ}\text{C}$. Осадков выпадает от 150 до 200 мм/год. Территория России включает следующие климатические зоны: арктическая, тундровая, лесотундровая, лесная, лесостепная, степная, полупустынная (Прикаспийская низменность). Для многих районов Сибири и Дальнего Востока характерно существование многолетней (вечной) мерзлоты, доля которой от общей площади России достигает 65%.

На обширных просторах России находятся месторождения нефти, природного газа, угля, железных руд, руд цветных, редких и благородных металлов, алмазов, калийных солей, фосфоритов и др. Многие месторождения по своим запасам являются крупнейшими в мире.

Разнообразная гидрометеорологическая обстановка, формирующаяся под воздействием трех океанов и различной солнечной активности, которая в ряде случаев осложнена возникновением чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, создает такие условия для жизни населения, которые не соответствуют благоприятным, о чем свидетельствуют данные рис. 6.2.

По данным Госгидромета, в 1999 г. было зафиксировано более 150 бедствий гидрометеорологического характера, а в 2000 г. — уже около 190. В период с 1900 по 2001 г. отмечена устойчивая тенденция положительного изменения среднегодовой температуры в России. Наибольший рост температуры отмечен в Прибайкалье и Забай-

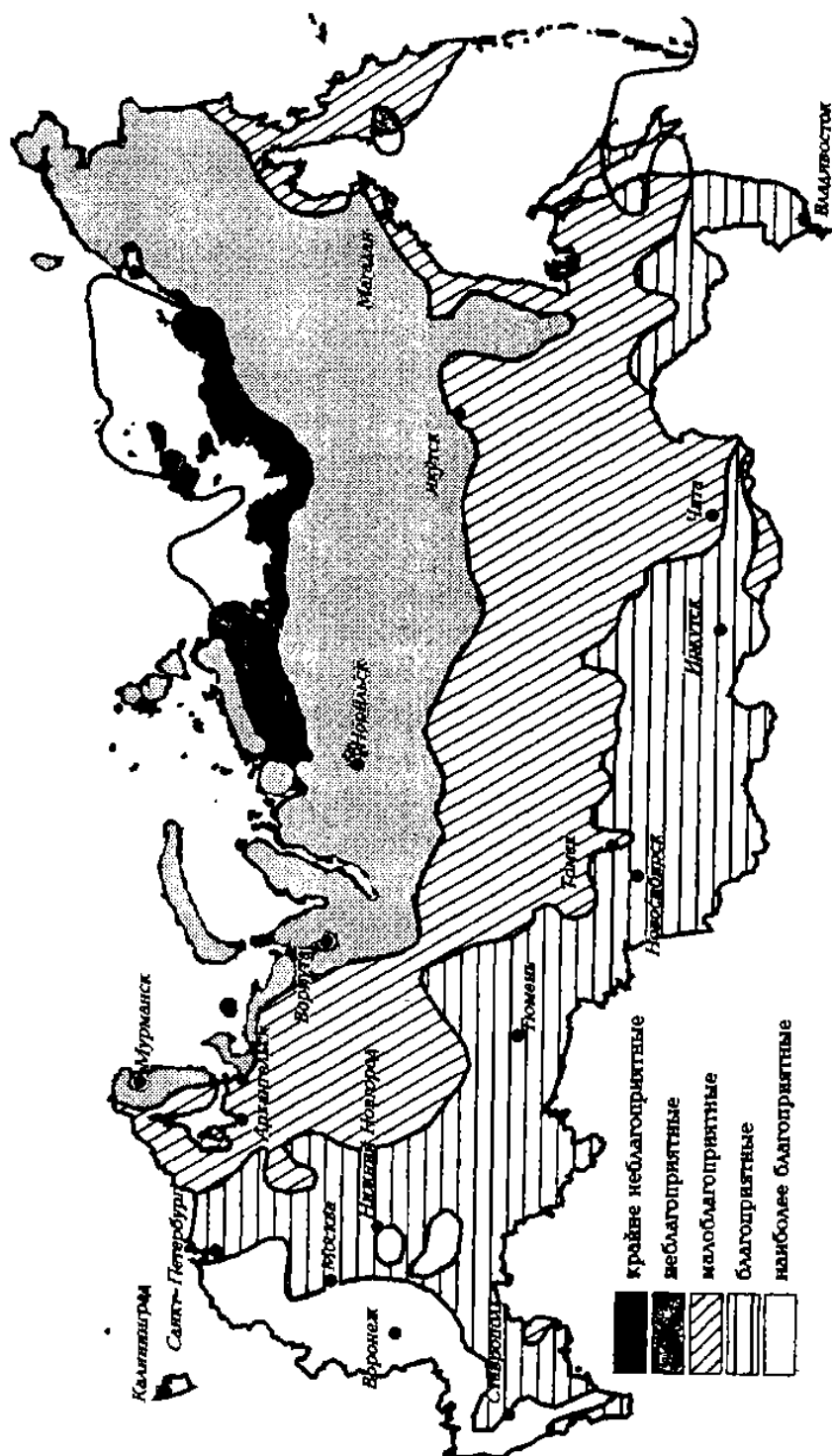


Рис. 6.2. Степень благоприятности природных условий для жизни населения России

Таблица 6.5

Распределение опасных гидрометеорологических явлений
по регионам России, %

Факторы природных процессов	Евро- пейская часть	Северный Кавказ	Урал и Сибирь	Забайкалье	Россия в целом
Летний период					
Ветер	50	11	55	17	38
Ветры с ливнями	2	4	—	5	2
Ливни	27	42	30	74	39
Ветры, ливни, град	3	7	5	2	2
Град и ливни	18	36	10	2	19
Зимний период					
Ветер (с гололедом и без)	48	40	67	58	53
Снегопад	38	20	22	25	27
Метель	14	40	11	17	20

калье (за 100 лет температура возросла здесь на 3,5 °С), а в целом по стране потепление особенно заметно для весеннего (+2,9 °С) и зимнего (+4,7 °С) периодов года. Тенденция положительного изменения среднегодовой температуры в стране вызывает существенную нестабильность погодных условий и частые катастрофические явления. Спокойная гидрометеорологическая обстановка наблюдается лишь в центральной части европейской территории страны, а наименее благоприятны условия в районах Северного Кавказа, Урала, Северо-Восточной Сибири и Дальнего Востока. Распределение опасных гидрометеорологических явлений по России в целом и по отдельным ее регионам показано в табл. 6.5. В качестве примера в табл. 6.6 приведены особенности и последствия таких явлений для европейской части страны.

Величина ущерба в результате последствий возникающих чрезвычайных ситуаций гидрометеорологического происхождения зависит не только от масштаба подобных явлений, но и от оперативности и четкости работы служб Министерства по чрезвычайным ситуациям России, администраций регионов и органов местного самоуправления. При хорошей организации и взаимодействии этих структур величина ущерба может быть сведена к минимуму. Здесь важны анализ рисков, своевременная подготовка защитных мероприятий и техники, а также слаженность действий персонала и населения.

Таблица 6.6

Гидрометеорологические процессы на европейской части территории России

Опасные явления	Параметры чрезвычайных ситуаций (ЧС)	Особенности и последствия проявления (ЧС)	Время и частота проявления
Ураганы, смерчи, шквальные ветры	Скорость ветра более 35 м/с	Значительные разрушения построек, коммуникаций, уничтожение посевов, ветровалы	Сезон шквальных бурь (апрель–сентябрь)
Сильный ветер	Скорость ветра более 25–30 м/с	Умеренные разрушения, ветровалы, повреждения летних построек	Практически ежегодная повторяемость в весенне-летний сезон
Грозы, ливни, электрические разряды	Интенсивность дождя 150 мм и более за сутки	Гибель людей, животных, пожары; затопления, повреждения построек, электрических сетей, разрушение дорог, мостов; нарушение режима полевых работ, потеря части урожая с полей	Грозы в июне–июле, до 20–25 явлений в году
Сильные снегопады, метели, снежные бури	Метель с ветром 20 м/с и более в течение суток со снегопадом; выпадение снега более 30 мм слоя за 12 ч	Нарушение транспортных перевозок, режима работы предприятий и жизнедеятельности населенных пунктов	Среднегодовое число дней с метелями – более 30–40, снежными бурями от 5 до 6
Гололед, изморозь, обледенение, градобитие	Отложение льда на проводах более 20 мм; размер градин более 20 мм	Серьезные травмы людей, повреждения линий связи, электропередач, транспортные аварии; повреждения растительности, посевов	Наблюдаются ежегодно
Резкое похолодание в период вегетации растений	Температура воздуха снижается до -5°C	Гибель урожая сельскохозяйственных культур, гололед на транспортных магистралях, аварии и травматизм	В XX в. каждые 10 лет отмечались 2–3 периода сильных похолоданий
Наводнение, паводки, снеготаяние	Потъем уровня над средним паводочным более чем на 3–5 м	Разрушение населенных пунктов, транспортных магистралей, линий электропередач, сельскохозяйственных комплексов; ущерб урожаю	Сильные наводнения (1 раз за 10–15 лет); особенно сильные наводнения: 1496, 1566, 1607, 1655, 1879, 1908 гг.

6.4.2. Качество воздушной среды в России

Наблюдения за состоянием атмосферы по 5–25 ингредиентам регулярно ведутся в 219 городах и населенных пунктах страны на 622 стационарных постах Росгидромета. Дополнительная информация о состоянии атмосферы получается от систем дистанционного зондирования со спутников и других объектов наземного базирования, а также мобильных лабораторий.

По данным Росгидромета, в 2000 г. более 25% всех загрязнений атмосферы поступало от 18,6 тысяч предприятий, на которых было расположено 955 тысяч источников образования выбросов. В 2001 г. валовые выбросы предприятий превысили 79,6 млн т, в том числе без очистки выброшено в атмосферу 15,7 млн т, остальные были очищены с улавливанием и обезвреживанием загрязняющих веществ. Доля отраслей промышленности в загрязнении атмосферы представлена на рис. 6.3.

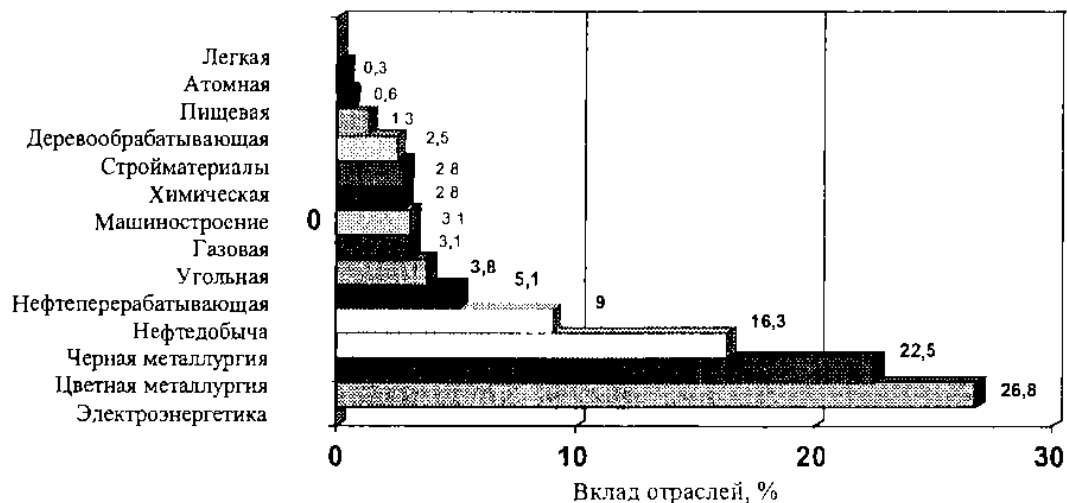


Рис. 6.3. Доля отраслей промышленности в выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух Российской Федерации

В 195 городах России концентрации одного или нескольких загрязнителей существенно превышают ПДК. В список таких городов вошли Екатеринбург, Иркутск, Кемерово, Красноярск, Краснодар, Братск, Магнитогорск, Новокузнецк и др. Первые места среди загрязнителей занимают здесь формальдегид, диоксид азота, взвешенные вещества. Для некоторых городов основными загрязнителями являются фенолы, бензапирен, аммиак. Число жителей, испытывающих более чем десятикратное превышение ПДК по загрязнениям, только в 2001 г. составило около 50 млн человек, пятикратное превышение ПДК — около 60 млн человек.

Следует отметить, что с 1991 по 2001 г. средние концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, аммиака, фенолов, фтористого водорода, сероуглерода в атмосфере уменьшились на 5–49% из-за существенного снижения объемов производства. Но в это же время на 13–15% увеличились концентрации оксида углерода, диоксида азота, соединений свинца вследствие существенного роста доли автотранспорта, в том числе из-за использования этилированного бензина и неудовлетворительного состояния автомагистралей.

Особую проблему для России создает климатический фактор. В стране существуют определенные условия для устойчивых атмосферных процессов с переносом воздушных масс. Поэтому загрязнения атмосферы от локальных источников зачастую переносятся на сотни и тысячи километров в регионы как России, так и сопредельных с ней стран. Это приводит к перераспределению загрязнителей по территории страны. При этом повышенные экологические нагрузки испытывают регионы, в которых выбросы собственных промышленных объектов относительно незначительны. Данные рис. 6.4. служат иллюстрацией этого явления. Анализ приведенных данных показывает, что целый ряд регионов страны, не имеющих мощных источников загрязнения атмосферы, находится под влиянием процессов трансграничного переноса. Загрязнение атмосферы в них происходит за счет техногенных выбросов в соседних регионах России.

6.4.3. Состояние водных объектов

Уровень загрязнения водных объектов России определяется поступлением сточных вод и сбросов от промышленных предприятий и объектов хозяйственно-бытовой сферы, а также в результате сельскохозяйственной деятельности. Следует отметить, что многие вещества органического и минерального происхождения, поступающие со стоками (сбросами) в водные объекты, либо нерастворимы в водной среде и накапливаются в отложениях, либо растворимы и поэтому «отравляют» значительную часть водного объекта (табл. 6.7).

В России сформировались зоны устойчивого загрязнения в бассейнах рек Волги, Дона, Кубани, Северной Двины, Амура, Иртыша, Лены и др.

Загрязнение бассейна реки Волги (особенно рек Камы и Оки) обусловлено высокой концентрацией промышленных предприятий, транспортных зон и сельскохозяйственных объектов. В результате антропогенная нагрузка в этом бассейне в 8 раз превышает среднюю по России. Загрязнение реки Кубани превышает ПДК по многим

Таблица 6.7
Динамика сброса основных загрязняющих веществ во внутренние водоемы России, тыс. т

Год	Загрязняющие вещества							
	нефте- продукты	взвешенные вещества	фосфор общий	фенол	СПАВ	соединения меди	соединения железа	соединения цинка
1993	19,7	883,0	55	0,13	6,5	0,8	48,7	1,2
1994	14,4	895,0	44,8	0,10	4,9	0,3	40,9	1,1
1995	11,8	701,2	38,1	0,09	4,2	0,6	27,7	0,9
1996	9,3	618,6	32,4	0,08	4,0	0,2	19,2	0,8
1997	7,8	542,1	31,2	0,06	3,6	0,2	19,6	0,7

веществам, содержащимся в стоках с сельскохозяйственных угодий (особенно с рисовых чеков).

Ладожское озеро из-за стационарных промышленных стоков высококонцентрированных загрязнений (особенно от предприятий целлюлозно-бумажной промышленности) находится в состоянии эвтрификации, а в ряде мест экосистема озера просто деградирует.

Очень серьезна проблема экосистем таежных рек, текущих к Северному Ледовитому океану и подверженных существенному загрязнению в промышленных зонах Сибири. Реки Обь, Лена, Ишим, Колыма загрязнены нефтепродуктами, фенолами, солями тяжелых металлов. Большинство водных объектов Урала относятся к «грязным» и «загрязненным», непригодным для питьевого и рыбохозяйственного назначения. Весьма тревожная ситуация сложилась в зоне озера Байкал. Река Ангара загрязнена соединениями хлора, а в районе г. Усолье-Сибирское в реке обнаружены повышенные концентрации соединений ртути и поверхностно-активных веществ.

Следует констатировать, что для России проблема воды становится первостепенной вследствие варварского отношения к ее колоссальным водным ресурсам. Россия является страной, имеющей как внутренние, так и внешние морские водоемы. Их акватории уже сегодня вызывают серьезное беспокойство экологов по причине наращивания объемов сбросов неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод, разливов нефтепродуктов и захоронения отходов.

Значительный ущерб экосистемам наносит крупномасштабный нерегулируемый промысел в морских акваториях России. Так, на территориях Хабаровского и Приморского краев практически прекратили свое существование нерестилища лососевых. Повсеместно отмечается значительное сокращение рыбных запасов. Продуктивность дна в заливе Петра Великого (на побережье которого расположен Владивосток) за последние пятьдесят лет практически сократилась до нуля — залив быстро превращается в пустыню. Его донные отложения почти повсеместно мертвы. Произошло сокращение видов и особей всех без исключения морских обитателей от 10 до 100%.

На картах, обработанных с помощью съемок из космоса, большая часть акватории Черного и Азовского морей густо заштрихована. Это означает, что концентрация вредных веществ в них превышает допустимые нормы в десятки раз. От ядохимикатов ежегодно в среднем на каждом квадратном километре морской поверхности гибнет около 200 т рыбы. Ученые, занимающиеся проблемами Черного моря, предупреждают, что если не будут предприняты экстрен-

ные меры по его спасению, то уже через десятилетие в его бассейне придется полностью прекратить добычу рыбы и моллюсков, которые станут ядовитыми.

Гидрологические процессы создают в России серьезные чрезвычайные ситуации. Их причинами являются не только интенсивное таяние снега и льда, ливневые дожди, но и влияние ветровых нагрузок, создающих «нагонные волны». В 1999 г. наводнениям подверглось 745 городов России. Особенно интенсивно они проявлялись в Волгоградской, Нижегородской, Брянской, Владимирской, Кемеровской и Читинской областях. Серьезное подтопление береговой части имело место в поймах равнинных рек Мордовии, Татарстана, Чувашии, Приморья. Очень сложной была обстановка в Красноярском крае, Томской, Тюменской, Амурской областях, в Республике Саха, где подъем воды значительно превысил критические отметки и вызвал затопление населенных пунктов, автомобильных дорог, трасс газо- и нефтепроводов.

При характеристике опасных природных явлений и процессов нельзя не обратить внимание на их определенную связь с антропогенной деятельностью. Научно доказано и не вызывает сомнения утверждение о том, что деятельность человека зачастую «провоцирует» естественные природные катаклизмы. Так бывает при строительстве дамб, гидротехнических сооружений и водотоков, бурения и эксплуатации скважин, запусках ракет и проведении испытаний различных видов оружия.

6.4.4. Состояние ландшафтов и почвенного покрова

Интенсивное использование земельных ресурсов без строгого соблюдения природоохранных требований привело к неблагоприятной экологической обстановке и дестабилизации ландшафтов различных зон России. Ландшафты России представлены зонами тундры, тайги, смешанных и широколиственных лесов, лесостепной и степной зон, аридными территориями.

Для экосистем тундры характерно соотношение живого и мертвого органического вещества как 10 к 90%. В биомассе преобладают растения (95%). Отсюда низкая первичная продуктивность и скорость переработки веществ редуцентами. Во второй половине XX в. началось интенсивное освоение ресурсов тундры: геологоразведка, добыча нефти и газа, минерального сырья, строительство предприятий, дорог, городов, поселков, что привело к сокращению площади оленьих пастбищ. В итоге от реликтовой тундры России осталось

менее 60%, а остальная ее часть представляет собой нарушенную экосистему.

Зона тайги характеризуется значительными запасами органической массы, в которой живая биомасса превышает 60% (содержание растений по массе больше 99%). Таежные экосистемы, имея значительные ресурсы фитомассы (в основном деревья), дают высокую продуктивность и заметный вклад в кислородный баланс атмосферы.

Сегодняшнее сокращение реликтовой тайги в России происходит в основном вследствие вырубки лесов и осушения болот. Все больше начинает сказываться влияние строительства транспортных магистралей и промышленных зон добычи и переработки полезных ископаемых.

В смешанных и широколиственных лесах также сосредоточен большой запас органического вещества, в котором живая биомасса составляет около 45% (90% растений). Леса обладают высоким плодородием почвы. Величина первичной продуктивности фитомассы весьма значительна, широколиственные леса способны эффективно поддерживать кислородный баланс атмосферы.

Территории широколиственных и смешанных лесов России осваивались с давних времен. Со второй трети XX в. эта зона стала в большей части антропогенным экологическим комплексом, в котором среди ландшафтов еще можно найти островки реликтовых лесов. В южной части лесного пояса России эти леса уничтожены полностью, а в начале XXI в. ожидается появление аридных зон, для которых характерны малые запасы живых органических веществ. В почвах преобладают мертвые органические вещества.

Аридные территории всегда были малонаселенными — с концентрацией населения в оазисах, долинах рек и в предгорьях. Традиционными видами хозяйствования здесь было пастбищное скотоводство.

Для экосистем луговой степи характерны большие запасы органического вещества при господстве почвенного гумуса (96%) и высоким плодородии земель. В живой биомассе 92% принадлежит травянистым растениям. Первичная продуктивность их весьма значительна, однако вклад в кислородный баланс невелик. Распашка земель и освоение засушливых районов с применением систем орошения привели прежде всего к потере гумусового слоя и резкому (до 85%) падению урожайности. Нарушение естественного почвенного покрова ухудшило условия тепло- и влагообмена. В зоне пахотных угодий усилились и участились засушливые периоды. Настоящим бедствием стали пыльные бури со скоростью ветра 20–30 м/с,

с понижением относительной влажности до 10–15% и видимости до 50–100 м.

Дестабилизация ландшафтов изменила экологическую обстановку в районах сельскохозяйственной деятельности. В России общая площадь пашни, на которой необходимо проводить мероприятия по защите почв от эрозии, составляет 152 млн га, сенокосов и пастбищ – 175 млн га. Число оврагов достигло 13 млн, их протяженность – более 1 млн км, а ежегодный прирост в длину – 20 тыс км. Оврагообразование ежегодно сокращает площадь пашен на 100–150 тыс га, а площадь смытых земель увеличивается почти на 1 млн га. За последние 10 лет из-за эрозии пахотные угодья сократились на 20 млн га, что соответствует ежегодным потерям 30–40 т/га плодородной почвы. Ежегодно с полей и пастбищ смывается 2–3 млрд т мелкозема, содержащего до 100 млн т гумуса. В результате смыва унос питательных веществ в 1,5 раза превысил их количество, вносимое в почву с удобрениями. В местах опустынивания площади подвижных песков возрастают на 40–45 тыс. га в год.

В России около 6 млн га орошаемых земель и более 5 млн га осушенных земель. Большая их часть находится в неудовлетворительном состоянии (вторичное засоление, заболачивание, пересушивание). Значительные площади теряются в ходе инженерно-строительных, горных разработок и геолого-разведочных работ.

Основная масса загрязнений в почву поступает вместе с атмосферными осадками, распространяется с мест складирования отходов производства и потребления (полигонов отходов, несанкционированных свалок), с вносимыми в почву удобрениями, пестицидами. В 1999 г. Росгидрометом был проведен анализ 34,4 млн га сельскохозяйственных угодий из 221,1 млн га, имеющих в России. Установлено, что 1,1 млн га существенно загрязнены соединениями тяжелых металлов, представляющими особую экологическую опасность. Более 2% почвы загрязнены веществами первой группы опасности, более 3,8% – веществами второй группы опасности. Превышение ПДК по тяжелым металлам установлено в Бурятии, Дагестане, Краснодарском, Красноярском и Приморском краях, на Среднем и Южном Урале, в Кемеровской, Костромской, Сахалинской и Читинской областях, на Кольском полуострове. Таким образом, загрязнения имеют место не только в зонах крупных промышленных агломераций. Путем трансграничного переноса им подвержены и сельскохозяйственные районы многих регионов России.

Особенно тяжелая ситуация с загрязнением почв тяжелыми металлами сложилась в ряде городов России. В почвах 210 городов

страны тяжелые металлы (Ni, Zn, Pb, Cu, Cd, Co, Sn, Cr, Mo) содержатся в концентрациях, заметно превышающих ПДК, т.е. 0,5% почв загрязнены чрезвычайно опасно, от 3 до 5% — опасно, более 8,5% — умеренно опасно.

Известно, что основным источником поступления соединений тяжелых металлов в почву являются предприятия металлургического комплекса. Так, в городе Рудная Пристань, где расположено свинцовое производство, содержание свинца в почве в 300 раз превышает ПДК. Интенсивному загрязнению почв соединениями свинца способствует автомобильный транспорт, использующий этилированный бензин. Многократное увеличение числа автомобилей в России привело к тому, что уже в 1998 г. более чем в 120 городах страны в 80% случаев установлено существенное превышение ПДК по свинцу и более 10 млн жителей находятся под постоянным воздействием его соединений.

Сельскохозяйственное производство страны явилось серьезным источником загрязнения почвенного покрова. Стремление к увеличению урожайности культурных растений привело к устойчивой тенденции роста объемов удобрений искусственного происхождения, вносимых на поля. Из-за низкой культуры земледелия, нарушений норм и правил вносимые удобрения усваиваются растениями менее чем на 30%, остальная их часть остается в почве, ухудшая ее плодородие и загрязняя атмосферу и гидросферу.

Загрязнение сельскохозяйственных угодий России пестицидами представляет реальную опасность для экологических систем и человека. Пестициды более 50 лет применяются для борьбы с сорняками, вредителями сельскохозяйственной продукции и паразитами у домашних животных. Эти соединения, фактически являясь искусственными ядами, обладают способностью аккумулироваться в растениях, организмах животных, а следовательно, передаваться по пищевым цепям. Особую опасность пестициды представляют для здоровья детей.

Наряду с пестицидами серьезной проблемой России стало накопление нитратов в почвах и сельскохозяйственных растениях (особенно в опасных формах нитратаминов). Известно, что использование в качестве пищи сельскохозяйственных продуктов с повышенным содержанием нитратов существенно снижает концентрацию гемоглобина в крови человека, нарушает функции всего организма.

В зонах городов Чапаевск, Новочебоксары, Серпухов, Новомосковск, Уфа, Щелково, Дзержинск отмечено высокое содержание в почвах диоксина — вещества, разрушающего эндокринную и иммун-

ную системы человека. Основными источниками этого токсичного яда являются предприятия химической, агрохимической, электротехнической и целлюлозно-бумажной промышленности.

Особую опасность для почв представляют их физические нарушения в результате антропогенной деятельности, и прежде всего вследствие извлечения полезных ископаемых. В ходе открытой добычи минеральных ресурсов образуются карьеры, достигающие глубины 400–500 м и диаметра 1–1,5 км. Шахтная добыча создает многокилометровые подземные пустоты. Отходы, формирующиеся при добыче рудных и нерудных материалов, их обогащении, а также при реализации различных промышленных технологий, используются в ограниченных количествах. Как правило, они складировются, не просто занимая плодородные земли и выключая их из сельскохозяйственного оборота, но и значительно загрязняя почву вне хранилищ.

Наиболее повреждены земли в Центральном районе России, где на 1000 км² плодородного слоя приходится более 600 га поврежденных земель. В зонах Дальнего Востока, Восточной Сибири и Севера России эти нарушения составляют около 100 га на 1000 км² земель. Следует особо отметить, что наиболее существенные нарушения земель имеют место в тех регионах России, где расположены самые богатые месторождения полезных ископаемых, наиболее интенсивно развивается промышленность, т.е. быстро растет удельная нагрузка техногенного характера на ресурсы почвы. В то же время задачи рекультивирования нарушенных земель предприятиями-природопользователями решаются неудовлетворительно.

Очень опасны загрязнения почв вследствие техногенных аварий и катастроф. В 2000 г. МЧС зафиксировало более 10 крупных аварий на предприятиях нефтепереработки, а 7 из них привели к катастрофическому загрязнению почв. Аварийная инфильтрация нефтепродуктов привела к образованию их крупных скоплений (в десятки тысяч тонн) в зонах городов Ангарск, Моздок, Туапсе, Ейск, Орел, Уфа, Комсомольск-на-Амуре.

Значительное нарушение земель в России происходит также по причине ветровой и водной эрозии. Под действием ветров и воды ежегодно теряется с пахотных земель 400–650 млн т плодородного слоя, а каждый третий гектар сельскохозяйственных угодий нуждается в защите от деградации. В настоящее время эрозии подвержено 125 млн га, из которых до 80 млн га составляют эродированные земли. Водная эрозия приводит к смыву плодородного слоя земли с последующим образованием оврагов. Так, в составе земель России овраги сегодня занимают более 1,7 млн га, а их ежегодный прирост

достигает 80–100 тыс га. Особенно подвержены водной эрозии возвышенные территории европейской части России, Западной Сибири.

Ветровая эрозия связана с процессами выдувания частиц с поверхности слоя (эоловая эрозия), разрушения частиц при их взаимодействии друг с другом (коррозионная эрозия) и перемещения частиц с их последующим накоплением в локальных зонах (эоловая аккумуляция). При интенсивных проявлениях эоловой эрозии возникают пыльные бури. Например, в 1960 г. из-за мощных пылевых бурь на Юге России пострадали посевы на площади более 4 млн га. В Ставропольском и Краснодарском краях толщина снесенного культурного слоя земли составляла 6–10 см, а в 1969 г. она доходила до 10–20 см. При сильных ветрах (скорость 20–24 м/с) пылевые частицы поднимались на высоту до 5–6 км и уносились от мест образования пылевых облаков на расстояния в сотни и тысячи километров. Отметим, что при сильном проявлении дефляционных процессов пылевые частицы могут под действием воздушных масс концентрироваться и выпадать из атмосферы с образованием мощных наносов. Так, в результате пылевых бурь в Ростовской области наносами были засыпаны оросительные каналы и рисовые чеки. Для их расчистки потребовалась выемка 913 тыс. м³ осадков.

По данным статистической отчетности, за последние 10 лет ветровая эрозия почв России составляет в среднем 0,37 т/га почвы, выносимой с поверхности плодородного слоя.

6.4.5. Особенности экологической обстановки в регионах России

Экологическая ситуация в различных экономических регионах России, а также некоторые характеристики воздействия (причиненного ущерба природе) представлены ниже.

Российский Север. В 1999 г. в водоемы региона сброшено 1,8 млрд м³ загрязненных сточных вод, из них 230 млн м³ — без очистки. В них содержалось около 1 млн т загрязняющих веществ, в том числе около 6 тыс. т метанола, 194 т нитратов, 491 т формальдегидов и т.п.

Всего предприятиями Северного региона (а их здесь более 1300) в течение 1999 г. было выброшено в атмосферу около 3,1 млн т вредных веществ, вследствие чего в ней увеличилось содержание бензапирена, пикеля, оксида меди, метилмеркаптана и др. Особенно это характерно для районов расположения металлургических предприятий (городов Никель, Костомукша, Кандалакша, Мончегорск, поселка Заполярный), лесопромышленных и топливно-энергетических

комплексов (города Архангельск, Ухта, Котлас, Северодвинск, Наводвинск, Коряжма, Петрозаводск).

Довольно остро стоит проблема сохранения в притоках реки Печоры крупнейшей популяции атлантического лосося — семги, поскольку при сверхнормативном загрязнении рек эта популяция может полностью потерять промысловое значение.

В Архангельской области в 1999 г. не соответствовали стандартным санитарно-химическим показателям 81,3% проб воды, а бактериологическим — 34,4%. Использование подземных вод затруднено из-за содержания в них стронция и железа в концентрациях выше допустимых.

Концентрация объектов военно-промышленного комплекса и военно-морского флота в районе г. Северодвинска, наличие отработанного ядерного топлива во временных хранилищах, отработавшие реакторы атомных подводных лодок, многолетняя эксплуатация Новоземельского ядерного центра, а также ракетного полигона «Плесецк» создают серьезную опасность химического и радиационного загрязнения. Бассейн реки Северная Двина отнесен к зоне устойчивого загрязнения и находится в состоянии деградации.

Наблюдаются вспышки болезни хвой, усиливается лесопатогенный фон под влиянием антропогенных изменений. Прослеживается устойчивая тенденция к сокращению площадей водорослей в Белом море и появление признаков их угнетения. Изменение состояния природной среды привело к высокой смертности гренландского тюленя в первые годы жизни.

Санкт-Петербург и Северо-Западный регион. Большие плотность и количество населения (более 5 млн), обилие промышленных предприятий (более 2000), средств транспорта (более 300 тыс. автомобилей, 2000 трамваев и др.) в Санкт-Петербурге крайне негативно влияют на среду обитания человека.

Спуск бытовых и промышленных сточных вод в реку Неву приводит к опасному в эпидемиологическом отношении загрязнению устьевых участков ее дельты. В 1998 г. в водоемы города и области предприятиями различных форм собственности было сброшено 1805 млн м³, в 1999 г. — 1615 млн м³ загрязненных сточных вод. В городскую канализацию сбрасывают производственные сточные воды более 900 предприятий. Только 23 крупных предприятия города дают почти 90% всех неочищенных стоков, а свыше 200 предприятий вообще не имеют очистных сооружений.

Санитарное состояние Ладожского озера, реки Невы и Невской Губы неудовлетворительно, антропогенное загрязнение водной си-

стемы из года в год нарастает. Ладожское озеро вследствие сбора высококонцентрированных загрязнений находится в состоянии эвтрификации, а в ряде мест экосистема озера деградирует. В Невской Губе появились зоны замора рыб. Река Нева чрезвычайно загрязнена промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками из-за недостаточной их очистки и низкой пропускной способности дамбы. Восточная часть Финского залива охвачена процессом эвтрификации. Все это отрицательно сказывается на состоянии здоровья жителей города.

Уральский регион. Урал является типичным промышленным регионом с высокой концентрацией экологически неблагоприятных техногенных объектов и сложной экологической обстановкой.

Загрязнение атмосферы от стационарных источников (промышленных и хозяйственных объектов) и транспорта за 1991–1999 гг. заметно снизилось. При этом если вклад стационарных источников выбросов уменьшился вследствие общего снижения объемов производства, то удельные загрязнения на единицу выпускаемой продукции увеличились из-за существенного износа газоочистного оборудования предприятий. На этом фоне наблюдается устойчивая тенденция быстрого роста доли загрязнения атмосферы автотранспортом. В 1999 г. от общего выброса по всем источникам она составила около 39% в Удмуртии, Курганской и Оренбургской областях, превысила 55% в Башкортостане, Пермской, Челябинской и Свердловской областях.

К числу 23 городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферы относятся Екатеринбург, Магнитогорск, Нижний Тагил. Доминирующими специфическими загрязнениями здесь являются бензапирен, формальдегид, аммиак, сероуглерод, соединения тяжелых цветных металлов.

Для Уральского региона с особой остротой стоит проблема воды, в том числе питьевой. Реки и водоемы имеют высокий уровень загрязнения промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками. Из-за высокой концентрации промышленных стоков реки этого региона относятся к «загрязненным» и «грязным». Большинство из них не пригодны для питьевого и рыбохозяйственного назначения.

Снижение объемов промышленного производства сопровождалось ростом сброса загрязненных сточных вод на 7% к началу 1999 г. из-за недостатка мощностей водоочисток. Этому также способствовали участвовавшие случаи аварийных сбросов.

Основные промышленные объекты — загрязнители водного бассейна Урала те же, что и загрязнители атмосферы. Но в общем сбросе

загрязненных сточных вод все большую долю занимают объекты жилищно-коммунального хозяйства (в среднем более 30% по Уральскому региону). Сточные воды отличаются высоким содержанием таких загрязнителей, как нефтепродукты, соединения тяжелых металлов, поверхностно-активные вещества и органические растворители.

Энергетика, горно-рудная, металлургическая и другие промышленные отрасли формируют громадное количество твердых отходов производства. Только в 2000 г. по Уральскому региону было образовано более 26,0 млн т токсичных отходов. Из-за неудовлетворительного обезвреживания (1,4%), переработки и использования (58,0%) происходит их накопление и, как результат, усиление техногенной нагрузки на атмосферу (пыление), водную среду (смывы во время таяния снега и при дождях), почву.

Остается неблагоприятной обстановка в сельском и лесном хозяйстве региона. Так, баланс по гумусу в среднем не превышает 51% от нормы, а гибель лесов в Челябинской и Курганской областях относится к наиболее интенсивным процессам среди регионов России.

Уральский регион характеризуется неудовлетворительным состоянием здоровья населения. До 40% патологических изменений здоровья людей обусловлено воздействием загрязнителей среды обитания и условиями производства и быта. Это проявляется в чрезвычайно высокой легочной патологии, заболеваниях органов дыхания, в участвовавших вспышках инфекционных заболеваний и заболеваний кишечного тракта.

Западно-Сибирский и Восточно-Сибирский регионы. Сложность климатических условий усугубляется слабой мощностью и несовершенством очистных сооружений. Доля нормативно-очищенных сточных вод составляет 40–43% общего объема сбрасываемых вод (в Омской и Тюменской областях сбрасывается до 80% стоков, требующих очистки). В большинстве промышленных центров Западной Сибири содержание вредных компонентов в атмосфере многократно превышает допустимые нормы (в Новокузнецке уровень загрязнения атмосферы наиболее высокий по России). По экологическим критериям и состоянию здоровья населения Кузбасс соответствует зоне экологического бедствия.

В Восточной Сибири более 44 тыс. предприятий и комплексов, которые в 1996 г. выбросили в атмосферу 4,54 млн т загрязняющих веществ. Нет ни одного промышленного города с воздушной средой, соответствующей по всем установленным гигиеническими нормами компонентам.

Всего предприятиями Сибири в 1996 г. выброшено в атмосферу более 10 млн т вредных веществ, в том числе около 80 т свинца, 470 т пятиоксида ванадия, 50 т акролеина и множество других вредных веществ. Зона распространения загрязнений от Братского комплекса в 52 раза превышает проектную площадь и составляет 400 км². В сточных (считающихся нормативно-очищенными) водах Селенгинского комплекса концентрации токсичных веществ (содержащих лигнин, сульфанол, остаточный алюминий) в 2–5 раз превышают ПДК (предельно допустимые концентрации). От зарегистрированных на Байкале 400 судов ежегодно поступает в озеро около 8 т нефтепродуктов, образующих на поверхности пленку площадью до 160 км². Экологическая система озера деградирует: появились водоросли в мелководье, возникли нехарактерные (вульгарные) виды флоры и фауны. Аграрные предприятия насыщают воды Байкала гербицидами и пестицидами.

В 1996 г. в поверхностные водоемы Сибири сброшено 11 млрд м³ сточных вод, в том числе загрязненных более 5 млрд м³, из которых 1,79 млрд м³ совершенно не подвергались очистке.

В водоемы Сибири ежегодно сбрасывается около 4 тыс. т нефтепродуктов, 600 тыс. т сульфатов, более 9 млн т фосфора и много других вредных веществ. Особую тревогу вызывают экосистемы таежных рек, текущих к Северному Ледовитому океану из районов Сибири, с мощным техногенным влиянием. Сегодня уже нет ни одной сибирской реки, где не было обнаружено избыточного количества вредных веществ. Так, в Оби, Лене, Ишиме, Колыме высоко содержание нефтепродуктов, а воды Иртыша вообще признаны чрезвычайно грязными и ядовитыми из-за многократного превышения ПДК по соединениям тяжелых металлов.

Дальний Восток. Валовые выбросы вредных веществ в атмосферу во Владивостоке, Хабаровске, Амурске, Комсомольске-на-Амуре и Дальнегорске превышают 100 тыс. т/год. В выбросах стационарных источников преобладают твердые вещества, оксид углерода и диоксид серы. Наибольшее воздействие на природную среду наблюдается в Приморье, Приамурье, южной части острова Сахалин.

В Сахалинской области сбрасывается в водоемы около 107 млн м³ загрязненных сточных вод, в том числе 81 млн м³ — семью целлюлозно-бумажными заводами. В Камчатской области в 1996 г. было сброшено 42 млн м³ загрязненных сточных вод в рыбохозяйственные водоемы. Доля коммунальных сточных вод г. Магадана, сбрасываемых без очистки в Охотское море, составляет 80%. В залив Петра Великого, являющийся наиболее загрязненным районом Японс-

кого моря, поступает ежегодно 650 млн м³ сточных вод, из них 500 млн м³ без очистки.

Повсеместно отмечается значительное сокращение рыбных запасов, особенно в Камчатской и Сахалинской областях, дающих половину дальневосточных уловов рыбы. На грани экологического бедствия находятся нерестилища рек Камчатки, Сахалина, Курильских островов.

В лесном хозяйстве Дальнего Востока сложилась трудная экологическая ситуация, вызванная бесконтрольной вырубкой и несбалансированностью отраслей, что усугубляет разрушение экосистем. Леса на больших площадях подвержены регулярным пожарам, воздействию вредителей и болезней. Ущерб от них составил примерно 50% общего ущерба всех пожаров в стране.

Концентрация вредных веществ в атмосфере превышает 10 ПДК в 80 городах; 5 ПДК — в 126 городах, 1 ПДК — в 204 городах России. Наибольшее количество загрязняющих веществ от стационарных источников выбрасывается в Красноярском крае (10% общего выброса по России), в Свердловской и Тюменской областях (7,5%), в Кемеровской области (4%). Главные причины — нарушения в работе технологического оборудования, отсутствие пыле- и газоочистного оборудования или его физический износ.

Контрольные вопросы

1. В чем состоят основные тенденции и прогнозы изменений биосферы под воздействием антропогенных факторов?
2. Каковы основные техногенные процессы, оказывающие наибольшее влияние на состояние биосферы?
3. В чем заключаются проблемы, порожденные нерегулируемым ростом народонаселения Земли?
4. В чем состоят особенности развития общества при сохранении современных тенденций и при сохранении нулевого прироста населения планеты?
5. Каковы основные последствия урбанизации?
6. Почему отношения «бедных» и «богатых» стран являются источником дестабилизации экологической обстановки на планете?
7. В чем проявляется влияние изменений в биосфере на экономические и социальные отношения в обществе?
8. Как проявляются изменения экологической ситуации в России?
9. Почему при сокращении объемов производства в России не наблюдается соответствующего им снижения загрязнения окружающей среды?
10. В чем состоят основные особенности деградации ландшафтов России?

Глава 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КРИЗИСЫ И КАТАСТРОФЫ. МЕРА ИХ ОПАСНОСТИ

В истории развития биосферы Земли неоднократно происходили процессы как постепенного, так и резкого изменения состояния природных систем. Результаты резких изменений проявлялись в глобальных природных или природно-антропогенных катастрофах, что всегда вызывало существенные эволюционные перестройки, которые, как правило, оказывались прогрессивными для развития природных систем в процессе их адаптации к изменившимся условиям среды. При этом в биоте сначала происходило снижение биологического разнообразия, а затем взрыв формообразования новых видов.

Примером природной катастрофы является сближение Земли с крупными космическими телами, в результате чего возникли необратимые изменения в биосфере: произошла перестройка структуры и состава ее компонентов (литосферы, гидросферы, атмосферы), исчезли одни виды живых организмов и возникли новые живые формы.

Природно-антропогенные катастрофы связаны с действиями людей — их началом служит мощный антропогенный толчок. Это может быть, к примеру, ядерная война. Ее необратимые последствия способны привести к необратимым глобальным изменениям на Земле и самоуничтожению человечества.

От глобальных природных и природно-антропогенных катастроф следует отличать экологические катастрофы и экологические кризисы. Экологическая катастрофа представляет собой необратимый процесс в биосфере, проявляющийся в возникновении природной аномалии. Например, длительные засухи и массовая гибель животных, происходящие в результате прямого или косвенного воздействия человека на биосферу и приводящие зачастую к тяжелым экологическим последствиям.

Типичным примером экологической катастрофы является катастрофа, развивающаяся в настоящее время в Аральском море. За последние 25 лет объем воды в Арале сократился более чем на 60%, а уровень снизился на 14 м. Площадь моря сегодня составляет лишь 30% от площади 1960 г. В 70-е годы резко увеличилось солесодержание вод Арала, практически исчезли пресноводные рыбы, и сегодня вода в море соответствует по содержанию солей водам Черного моря. В естественных условиях Арал сохранялся благодаря динами-

ческому равновесию между объемами воды, испаряемой с его поверхности, и воды, поступающей от рек (Амударьи и Сырдарьи). Человек начал интенсивно развивать в зонах этих рек хлопководство, выращивание риса и других культур. Строительство орошающих каналов нарушило естественный баланс воды, и сегодня Арал гибнет.

В экологических катастрофах человек выступает вынужденно пассивной и страдающей стороной. Однако экологические катастрофы не возникают неожиданно. Им всегда предшествуют негативные процессы, происходящие в биосфере и приводящие к нарушениям равновесия ее экосистем. Основным проявлением таких процессов является экологический кризис.

Экологический кризис – это напряженное состояние во взаимоотношениях человека с окружающей природной средой, характеризующееся несоответствием развития производительных сил, производственных отношений и потребностей общества ресурсам биосферы.

Экологический кризис следует рассматривать как обратимый процесс, в котором человек выступает активно действующей стороной. Поэтому, во-первых, экологический кризис является результатом усиления антропогенного воздействия на биосферу. Во-вторых, развитие экологического кризиса – это усиление влияния изменений в окружающей среде на человеческое общество. В-третьих, разрешение экологического кризиса есть определенная фаза в развитии биосферы, сопровождающаяся как количественными, так и качественными изменениями экосистем.

Возникновение и развитие экологического кризиса, как напряженного состояния в отношениях человека с природной средой, может приводить к экологическим бедствиям, катастрофам, различным по масштабам и последствиям. В этом процессе антропогенный фактор также играет важнейшую роль.

7.1. Основные элементы экологического кризиса

Естественное развитие биосферы происходит в соответствии с закономерностями и принципами биологической стабилизации. Согласно принципу Ле-Шателье при воздействиях на экологические системы, отклоняющих от их стабильных состояний, в них развиваются внутренние процессы, направленные на возвращение систем к стабильности. В условиях взаимодействия человека с природными системами биосферы ее постоянство обеспечивается реализацией следующих положений:

- биосфера — не просто источник ресурсов и приемник отходов производства и жизнедеятельности человека; биосфера является фундаментом живого, и в ней сама биота обеспечивает стабильность окружающей среды;
- биосфера имеет предельную хозяйственную емкость, превышение которой нарушает устойчивость биоты и окружающей среды;
- в пределах хозяйственной емкости биосфера может восстанавливать нарушенные функции экосистем; время восстановления и предел хозяйственной емкости меняются от ландшафта к ландшафту в зависимости от продуктивности биоты (в пустынях эта способность наименьшая, в лесах — наибольшая);
- превышение хозяйственной емкости биосферы нарушает естественный биологический круговорот веществ, геохимический баланс в экосистемах, приводя к загрязнению окружающей природной среды;
- загрязнение окружающей среды служит причиной и поводом для трансформации экологических ниш и, как следствие, гибели живых организмов;
- в условиях экологических нарушений природной среды человек должен заботиться о сохранении и восстановлении естественных сообществ организмов в масштабах, обеспечивающих возвращение в пределы хозяйственной емкости биосферы, т.е. ее стабильности;
- пределом роста человеческой популяции является хозяйственная емкость биосферы, верхний порог которой — перевод в антропогенный канал не более 1% чистой первичной продукции биоты (фотосинтеза); переход через этот порог ведет к дестабилизации окружающей среды и, в конечном счете, к исчезновению человека;
- для решения проблем окружающей среды человек должен осознать, что порог ее устойчивости перейден, и его поведение должно быть направлено на восстановление биосферы с использованием механизмов стабилизации в целях сохранения человеческого общества.

Исследования истории развития биосферы под воздействием антропогенных факторов показывают динамику развития экологического процесса при переходе экосистем в различные состояния напряжения.

1. Естественное состояние биосферы. Наблюдается фоновое антропогенное воздействие, при котором биомасса максимальна, а биологическая продуктивность минимальна.

2. Равновесное состояние. Скорость восстановительных природных процессов не ниже темпа антропогенных нарушений. Биологическая продуктивность больше естественной, а биомасса начинает постепенно снижаться.

3. Кризисное состояние. Антропогенные воздействия начинают превышать по скорости восстановительные процессы, но коренного изменения состояния экосистем еще не происходит. Биомасса заметно снижена, а биологическая продуктивность существенно повышена.

4. Критическое состояние. Происходит обратимая замена естественных экосистем на менее продуктивные (например, частичное опустынивание). Биомасса мала и, как правило, снижается.

5. Катастрофическое состояние. Происходит труднообратимый процесс закрепления малопродуктивных экосистем (например, сильное опустынивание). Биомасса и биологическая продуктивность — минимальны.

6. Состояние коллапса. Происходит необратимая потеря биологической продуктивности. Биомасса постепенно исчезает.

Примерами развития напряженных состояний в экосистемах являются следующие:

- равновесное состояние — акватория Тихого океана, Охотское море;
- равновесное состояние, переходящее в кризисное, — Балтийское море, экосистемы Севера России;
- кризисное состояние, угрожающее перейти в критическое. — Каспийское море;
- критическое состояние — Черное море;
- катастрофическое состояние — экосистемы рек Белой и Уфы;
- катастрофическое состояние, переходящее в состояние коллапса, — Аральское море.

Изменение характера и степени (масштаба) антропогенного воздействия на биосферу хорошо иллюстрируется экологическими процессами в различные исторические эпохи человеческой цивилизации. С момента возникновения человека как биологического вида, отличающегося от других представителей биоты, произошло несколько экологических кризисов. В них человек выступил в качестве активного участника в борьбе за свое существование и удовлетворение потребностей.

Около 3 млн лет назад в биосфере происходили заметные изменения, которые создали условия перенаселенности тропических лесов животными. Нехватка пищевых ресурсов вынудила представи-

телей высших животных к миграции в области более сухого и жаркого климата. Возник так называемый доантропогенный кризис *аридизации* (от лат. *aridus* — сухой). По сложившемуся сегодня мнению, он послужил толчком к возникновению первобытного человека, обеспечивающего свою жизнедеятельность за счет ресурсов промысла животных и собирательства растений.

Возникновение «биологического» человека и развитие его популяции привели к росту его антропогенно-физиологических потребностей. Естественные ресурсы питания были обеднены, и 35–50 тыс. лет назад возник кризис промысла и собирательства, который разрешился биотехнической революцией, когда человек уже осознанно стал выжигать растительность для интенсификации роста растений, употребляемых в пищу. Выход человека из чисто биологического состояния приходится на длительный период общего похолодания климата на Земле с периодическим возникновением циклов оледенений в средних материковых широтах. Эти циклы вызвали миграции популяций человека и вместе с этим совершенствование орудий и способов промысла животных. Именно с ними ученые связывают массовое истребление и уничтожение многих представителей крупных животных-консументов. Около 10–35 тыс. лет назад возник экологический кризис перепромысла (кризис консументов). В этот период между людьми устанавливаются этнические отношения, позволившие им объединиться в борьбе за свое существование. Человек разрешил кризис перепромысла, перейдя к примитивному поливному земледелию и одомашниванию диких животных.

Однако этот эволюционный процесс, выразившийся в первой сельскохозяйственной революции, был недолог. Интенсивная эксплуатация земель без должной компенсации привела к их засолению и деградации почв. И около 2 тыс. лет назад разразился кризис примитивного поливного земледелия, который вынудил человеческое сообщество совершить вторую сельскохозяйственную революцию, перейдя к целенаправленному освоению неполивных земель. Освоение новых сельскохозяйственных угодий было связано прежде всего со сведением лесов, с введением мозаичности в естественные экосистемы. Осваивая новые земли под угодья (для посевов, пастбищ), человек не заботился о восстановлении их плодородия и примерно за 1500 лет превратил освоенные земли в непродуктивные. Около 150–300 лет назад возник второй антропогенный кризис (кризис *продуцентов*), разрешение которого потребовало от человека радикальных действий.

Человеческое общество перешло к культурному земледелию — получило развитие поливное земледелие на новых осваиваемых землях с применением средств интенсификации, удобрений и гербицидов. Но для этого обществу потребовалось реализовать научно-технические достижения в новых интенсивных промышленных технологиях, увеличить разработку традиционных и освоение новых природных ресурсов. В деятельности людей все большее значение стали приобретать экономические и социальные потребности — из *природно-трудового* формируется *социальный* человек.

Расширение и развитие промышленного производства и хозяйствования по экстенсивному пути около 30—50 лет назад создали условия для развития современного экологического кризиса редуцентов (кризиса загрязнений). Материальные и энергетические загрязнения в биосфере достигли предельного уровня. В нарастающих масштабах загрязнения нарушается баланс естественных экосистем, и редуценты уже не успевают «очищать» биосферу от загрязнений. Данный процесс сопровождается прогнозируемым на ближайшие 100—150 лет истощением традиционных естественных энергетических ресурсов. Сегодня в общемировой выработке энергии эти ресурсы находятся в следующем состоянии: нефть — 36,1%, уголь — 27,2%, газ — 22,9%, биологическое топливо (дрова, торф и др.) — 5,4%, ресурсы ГЭС и АЭС — 8,4%. Очевидно, что эти ресурсы, за исключением энергии от ГЭС, являются истощаемыми и невозобновляемыми. По прогнозным оценкам специалистов, уже в начале XXI в. человеческое общество будет испытывать в них острый недостаток. В то же время создание и развитие новых источников энергии (гелиоэнергетика, геотермальная, ветровая энергетика, биоэнергетика и др.) находятся в стадии освоения, и их доля в выработке энергии менее 1%. Эти негативные явления уже сегодня послужили основанием для прогнозирования возникновения в ближайшее время нового глобального кризиса — термодинамического (теплого), выход из которого может быть осуществлен только в результате более широкого использования альтернативных источников энергии (возобновляемых, ресурсы которых неисчерпаемы), т.е. в результате энергетической революции.

Наряду с проблемами энергообеспечения человеческое общество создало цивилизацию, а техногенная деятельность привела к масштабному нарушению экологических систем, для восстановления которых потенциал биосферы оказывается недостаточным. И этот процесс продолжает развиваться. Прогнозируемым следствием интенсивного нарушения биосферы является глобальный кризис на-

дежности экологических систем. Выход из него возможен на основе радикальной перестройки отношения человека к окружающей природной среде или в революции экологического планирования. Это означает, что человек должен построить свои отношения с биосферой так, чтобы не было процессов деградации, а развитие было устойчивым.

Рассмотрение экологических кризисов в истории человечества позволило выделить несколько этапов их формирования.

1. Воздействие человека как биологического вида на биосферу.
2. Сверхинтенсивная охота и собирательство, ведущие к угнетению и даже истреблению некоторых видов животных и растений.
3. Изменение экосистем за счет интенсификации естественных процессов (выжигание растительности, разведение и выпас домашних животных).
4. Интенсивная вырубка лесов и массовая распашка новых земель.
5. Глобальные изменения компонентов экосистем, нарушение круговорота веществ и энергетики биосферы в результате интенсификации техногенной деятельности.

7.2. Особенности современного экологического кризиса

Развитие человеческой цивилизации и усиление ее воздействия на все элементы биосферы в современных условиях характеризуются следующими проявлениями экологического кризиса.

1. Крупномасштабное изменение структуры и ландшафта земной поверхности в результате распашки земель, сведения лесов, добычи полезных ископаемых, мелиорации, создания искусственных ландшафтов и др.
2. Изменение состава биосферы, естественного круговорота и баланса веществ (изъятие ископаемых ресурсов, техногенное загрязнение литосферы, атмосферы, гидросферы, внедрение в биосферу веществ искусственного происхождения).
3. Изменение энергетического (в том числе теплового) баланса регионов Земли с заметным влиянием на климатическую обстановку на планете.
4. Нарушение биологического разнообразия (подавление, уничтожение видов растений и животных, интродукция в экосистемы иных видов, создание новых видов и др.).
5. Увеличение частоты и масштабности экологических бедствий и катастроф как следствий антропогенных воздействий.

Основными факторами, вызывающими развитие современного экологического кризиса, являются следующие. В своей хозяйственной деятельности человек интенсивно использует внутренние (по отношению к биосфере) источники энергии. Получение и использование такой энергии неизбежно ведет к изменению энтропии. В результате прямого сжигания топлива в промышленных и транспортных установках образуются мощные выбросы в биосферу, чем нарушаются естественные циклы веществ (углерода, азота, серы и др.), происходит тепловое загрязнение биосферы.

Природные циклы замкнуты, так как вовлекают в круговорот веществ практически все биогенные элементы. Техногенные циклы разомкнуты, так как в них образуется масса отходов, материальных и энергетических выбросов, не вовлекаемых в процессы переработки и загрязняющих биосферу. Современная цивилизация в возрастающих масштабах создает, производит и использует искусственные вещества, которые нарушают экологическое равновесие и увеличивают токсичность окружающей среды.

Стремление к удовлетворению растущих потребностей в условиях обеднения ресурсов биосферы приводит к созданию генетически измененных видов животных и растений, массовому разведению и распространению монокультур, домашних животных, что ведет к сокращению биологического разнообразия видов и изменению экосистем.

Стабильность биосферы нарушается в возрастающих масштабах за счет чрезмерного увеличения численности и распространения на планете человека, относящегося к природной среде как к источнику ресурсов. При этом человек опирается на достижения науки и техники, что позволяет человеческому сообществу:

- производить в изобилии продукты питания и избавляться от опасности голода;
- создавать искусственную среду обитания, обеспечивающую наилучшие условия для жизнедеятельности (условия комфорта);
- успешно противостоять многим болезням, эпидемиям и др.;
- применять интенсивные способы хозяйствования в производстве товаров, продуктов сельского хозяйства и др.;
- успешно развивать материальную и духовную сферы.

В результате человек выиграл в конкурентной борьбе с другими видами, создал цивилизацию, быстро развившуюся в последние десятилетия XX в. Однако реализация достижений науки и техники породила и современный экологический кризис, а также и сопровождающие его экологические катастрофы.

Бурный рост народонаселения (1960 г. — 1,6 млрд, 1987 г. — 5 млрд, прогноз: 2020 г. — 8 млрд, 3000 г. — 12 млрд человек) сопровождается интенсификацией производства. В XX в. объем производства вырос в 16 раз, потребность в энергии только за 20 лет выросла в 5 раз. Ресурсы же нефти и газа будут исчерпаны примерно к 2080 г. Если 10 лет назад из земных недр было извлечено более 100 млрд т различных ресурсов, то в 2000 г. спрос на эти ресурсы достиг 300 млрд т. Характерно, что из всей массы извлекаемого минерального сырья полезно используется лишь 2–5%, а все остальное теряется, рассеиваясь с выбросами и отходами.

Из-за техногенных выбросов заметно изменились биосферные процессы. С 1950 по 1995 г. выбросы в атмосферу увеличились в 18 раз, а по сравнению с 1900 г. сегодня температура на планете на 0,6–1 °С выше. Около 25% поверхности Мирового океана покрыто пленкой нефтепродуктов, в воды ежегодно сбрасывается более 6,5 млн т бытовых отходов, 6 млн т фосфора, 2 млн т свинца, 5 тыс. т ртути, 50 тыс. т пестицидов. Биологическая продуктивность Мирового океана снизилась на 15–25%.

Уровень загрязнения атмосферы и гидросферы в зонах крупных промышленных центров в 5–10 раз превышает предельно допустимый по условиям сохранения нормальной жизнедеятельности и воспроизводства живых организмов.

Ежегодно из сельскохозяйственного оборота выводится 6,5 млн га земель (теряется 65 млн т плодородного слоя), уничтожается 11,3 млн га лесов, опустынивается около 6 млн га суши, деградирует более 23 млн га ландшафтов.

На грани вымирания оказалось более 1000 видов позвоночных животных и более 25 тыс. видов растений.

Во все более возрастающих масштабах на планете возникают вспышки эпидемий, новых заболеваний, массовых отравлений животных и растений токсикантами, усиливаются тенденции к обнищанию и голодному вымиранию населения ряда слаборазвитых стран, множатся конфликтные ситуации между «бедными» и «богатыми» странами.

Развитие экологического кризиса является причиной возникновения экологических катастроф.

7.3. Экологические катастрофы

В общем смысле катастрофа означает достаточно быстрый переход системы к новому качественному состоянию. Катастрофы

могут быть обусловлены внешними воздействиями на систему со стороны окружающей ее среды и внутренними динамическими процессами, протекающими в системе. Примерами внешних воздействий на биосферу являются возмущения орбиты Земли из-за процессов в большом космосе, столкновения Земли с космическими телами и др. В результате таких воздействий происходили качественные изменения биосферы (состава атмосферы, площадей суши и океанов и др.).

Порождаемые экологическими кризисами в биосфере катастрофы являются результатом саморазвития биосферы, ее внутренних процессов. Роль экологических катастроф в эволюции природы и общества, в конечном счете, сводится к разрушению консервативных структур и нарушению консервативных потенциалов систем — к созданию условий перехода к новым качественным условиям в развитии биосферы. Так, экологическая катастрофа на Чернобыльской АЭС разрушила не только потенциал производства электрической энергии, но и потенциальные возможности большинства биocenozов, обеспечивающих жизнедеятельность людей, которая на огромной территории стала практически невозможной.

Биосфера и экологические системы относятся к категории сложных. Поэтому их наблюдаемое поведение неразрывно связано с эволюционными процессами развития, с предшествующей историей систем. Так, начиная с 60-х годов XX в. все большее число явлений свидетельствует о росте внутренней изменчивости климата на Земле. Это послужило основанием для установления степени влияния человека на этот процесс.

Климатические изменения на Земле характеризуются колебаниями, имевшими место как в длительные исторические периоды, так и в течение относительно коротких отрезков времени. 200—300 млн лет назад (за исключением нескольких периодов) климат Земли был мягким (25—30 °C на экваторе, 8—10 °C на полюсах), уровень Мирового океана был в среднем на 1 м выше современного. В третичном периоде (около 40 млн лет назад) примерно за 100 тыс. лет температура южной части Мирового океана снизилась на несколько градусов Цельсия. Возникновение новых океанических течений привело к дальнейшему охлаждению масс океанических вод в приполярных областях.

В начале четвертичного периода (около 2 млн лет назад) разности температур между экватором и полюсами оказалось достаточно для образования континентального льда. В Северном полушарии оледенения повторялись с периодом около 100 тыс. лет, причем

последнее продвижение льдов наблюдалось 18 тыс. лет назад. Поскольку ледники связывали большие массы воды, то уровень Мирового океана понижался на 120 м по отношению к современному.

Если рассмотреть изменения климата Земли за более короткий промежуток времени, то наблюдается следующее. Последние следы континентальных льдов исчезли около 7 тыс. лет назад. Следующий за этим период отличался ростом влажности засушливых районов (в центре Сахары были реки и развивалось земледелие). Около 3 тыс. лет назад началось глобальное похолодание, при котором периодами раз в сто лет происходили флуктуации температуры с амплитудой около 1 °С (потепление в 800–1200 гг., похолодание в 1550–1700 гг.).

В начале XX в. наблюдалось потепление с отступлением льдов в Северном полушарии. Это способствовало росту производства сельскохозяйственной продукции, увеличению численности населения и расширению среды обитания человека. Но с середины 70-х годов снова наблюдаются климатические изменения, сопровождающиеся аномальными явлениями (суровая зима в восточной части Северной Америки и длительная засуха в западных районах этого континента в 1976–1977 гг.).

Основным естественным фактором, управляющим климатическими процессами, является поток солнечного излучения. Известно, что яркость солнечного излучения постепенно возрастает. Но при этом на Земле наблюдались периоды похолоданий. Это обусловлено как внешними, так и внутренними процессами. В биосфере изменение потока солнечного излучения, падающего на поверхность Земли, зависит от состава атмосферы, ее циркуляции, наличия облачности и др. При внешних воздействиях происходят отклонения орбиты Земли с изменением прецессии оси вращения, отклонениями оси вращения от плоскости эклиптики, со смещением земной орбиты от классической траектории. Эти изменения происходят с периодами 22, 41 и 100 тыс. лет соответственно.

Антропогенные воздействия для экологических систем могут играть роль внешних возмущений, которые в случае совпадения их с естественными тенденциями во внутрисистемных процессах усиливают их и могут привести к экологическим бедствиям.

Известно, что ритмичность процессов характерна и для литосферы, и для гидросферы. Причем между этими ритмами существует жесткая корреляция. Взаимодействие компонентов биосферы друг с другом и с космосом генерирует как их собственные ритмы, так и ритмы биосферы в целом. Так, часть солнечной энергии аккумулируется биосферой и продуктами ее деятельности и поступает в ли-

тосферу в виде осадочных отложений. Гео- и биохимические процессы в них протекают с выделением теплоты, которая возвращается частично в космос, а частично преобразуется в энергию тектонических движений (сдвиги платформ, горообразование, вулканические явления и др.). При этом, если природные катастрофы возникают на основе суперпозиции естественных ритмов биосферы и ее компонентов, то антропогенные катастрофы являются результатом наложения на природные ритмы возмущений случайного характера, обусловленных деятельностью человека.

Это значит, что в условиях возрастающих масштабов антропогенных воздействий на биосферу природные ритмы играют роль своеобразного механизма, «запускающего» ту или иную катастрофу. К числу наиболее распространенных экологических катастроф относятся наводнения, землетрясения, пожары, изменения климатических условий.

Масштабы наводнений, связанных с естественными колебаниями уровня вод (вследствие таяния льдов, выпадения осадков и др.), зачастую возрастают из-за результатов деятельности человека. Это образование заторов при сплаве леса по рекам, грубые ошибки при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений, регулирующих сток, прорывы искусственных дамб, плотин и др.

В зонах сейсмической активности в результате их урбанизации, разработки ископаемых, строительства водоемов, развития промышленности происходит нарушение естественной структуры верхних слоев земной коры. Это намного усиливает действие подземных толчков и последствия землетрясений, поскольку техногенные нарушения создают локальные места ослабления земной коры, провоцируя наведенную сейсмичность.

Значительная часть крупных лесных пожаров, охватывающих тысячи гектаров, возникает в результате деятельности человека. Они начинаются в местах больших скоплений отходов (при заготовке древесины), на торфоразработках, при образовании массивов лесного сухостоя в нарушенных человеком экосистемах и пр.

Крупными экологическими бедствиями могут обернуться техногенные аварии. Аварии танкеров в XX в. стали настоящей бедой для Мирового океана и его обитателей. В 1970 г. произошло 29 крупных аварий, в 1989 г. — 11, в 1991-м — 7. В 1987 г. у берегов Англии потерпел аварию танкер, в результате чего на водную поверхность вылилось 117 тыс. т сырой нефти.

В последние 10–15 лет отмечено увеличение числа крупных аварий на промышленных предприятиях. Только за 5 лет с 1983 г. в мире

произошло 19 масштабных аварий, в результате которых погибло 4775 человек и более 65 тыс. человек получили ранения. Масштабы разрушения составляют порядка 6000 км², а ущерб исчисляется в 76 млрд долларов. Самой крупной с точки зрения последствий является авария на Чернобыльской АЭС. Радиоактивные осадки, содержащие церий-144, рутений-103, цезий-137, стронций-90 и др., были отмечены в европейских и Скандинавских странах, в зонах Черноморского побережья Кавказа, бассейнов Дуная, Днестра, Дона, Волги. В радиусе 30 км от места аварии была прекращена деятельность человека, полностью погибли 600 га хвойных лесов и более 15 тыс. га получили сильное поражение. На многие десятки лет изъяты из хозяйственного оборота 144 тыс. га сельскохозяйственных угодий, 492 тыс. га лесов. Не поддаются оценке затраты на переселение жителей из зоны бедствия, на их обустройство и лечение.

7.4. Причины, порождающие экологические кризисы

За тысячелетия истории человеческой цивилизации сложилась устойчивая тенденция ставить себе на службу природные ресурсы. Стремление человека полнее удовлетворять свои потребности развивало производство, расширяло масштабы освоения ресурсов и преобразования биосферы. В борьбе с силами природы в общественном сознании утверждался принцип человеческой исключительности, для которого характерны проявления антропоцентризма, антиэкологизма и своеобразного социального оптимизма. Он выражается в следующем:

- человек отличается от всех остальных живых существ на Земле, над которыми он доминирует, так как люди, кроме генетической наследственности, обладают культурным наследием;
- именно социальные и культурные, а не биологические и физические факторы окружающей среды обуславливают деятельность человека;
- технологический и социальный прогресс может продолжаться бесконечно, и все социальные проблемы принципиально разрешимы.

В результате утверждения в сознании людей этих стереотипов сформировалось достаточно устойчивое антропоцентрическое мировоззрение, характерное для развитых стран мира. Оно состоит в следующих утверждениях и выводах из них.

- Высшую ценность представляет человек. Поэтому только он самоценен, а все остальное в природе важно лишь постольку,

поскольку оно может быть полезно человеку. Природа — собственность человечества.

- В иерархической картине мира на вершине пирамиды стоит человек. Ниже — все, что создано человеком и для человека. Еще ниже — различные объекты природы, место которых определяется их полезностью для человека. Мир людей противопоставлен миру природы.
- Целью взаимодействия с природой является удовлетворение потребностей человека, т.е. извлечение и использование природных ресурсов для получения определенных полезных продуктов.
- Характер взаимодействия с природой определяется принципом: правильно и разрешено то, что полезно человеку и человеческому обществу.
- Дальнейшее развитие природы должно быть подчинено интересам развития человечества.
- Сущность деятельности человечества по природопользованию состоит в сохранении природной среды и ресурсов для будущих поколений.

В дополнение к этому необходимо, с учетом характеристик территорий, первичной биологической продукции, возобновляемых и невозобновляемых ресурсов, прийти к твердому убеждению: существующие и многократно повторяемые как в научных и экономических работах, так и в средствах массовой информации стереотипы антропоцентрического экологического мировоззрения следует менять. Типичным примером необходимости изменения устойчивых стереотипов является наша страна.

Утверждение о широте территории России и в связи с этим о наличии достаточно большой емкости для размещения населения и хозяйственных объектов неверно, так как значительная часть неосвоенных или слабо освоенных территорий страны (60–65%) приходится на районы холодного климата, где распространена вечная мерзлота и продукция фотосинтеза незначительна. Зона сравнительно благоприятных климатических условий с наиболее высоким уровнем фотосинтетической продукции уже заселена, освоена и занята десятками тысяч хозяйственных объектов. Таким образом, при наличии физического пространства имеет место экологическая нехватка территории. Поэтому предложения о перераспределении на восток производительных сил по экологическим соображениям представляются просто опасными в существующих условиях жестокого экологического кризиса. Необходимо осознать, что при наличии

физического пространства экологическое пространство России полностью исчерпано.

Другим стойким стереотипом служит постоянное утверждение о необходимости увеличения количества населения. Демографическая концепция поощрения роста населения поддерживается государством. Между тем хорошо известно, что прирост населения на 1% требует для сохранения прежнего уровня жизни увеличения валового национального продукта на 3%. В противном случае вновь рожденные дети будут менее обеспеченными, менее здоровыми и менее счастливыми. Если же добиваться еще большего прироста населения, то разрушение биосферы и истощение ресурсов приведет в перспективе к бедности, голоду и гибели всего человечества.

Во многих случаях поддерживается широко распространенное мнение о необходимости расширения использования возобновимых ресурсов. Хотя опасные планы переброски воды северных рек европейской части России и Сибири отвергнуты, продолжается планирование расширения потребления водных ресурсов, особенно в европейской части, что обосновывается ростом населения и наращиванием промышленного и сельскохозяйственного потенциала. Тем не менее в настоящее время и в обозримом будущем дефицит водных ресурсов вызывается и будет вызываться в основном их неэффективным использованием, распространением устаревших технологий в большинстве отраслей национального хозяйства, переполивом в системе орошения, низким качеством оросительных объектов и, наконец, загрязнением водных источников.

Часто фиксируют факт сокращения площадей пашни и других сельскохозяйственных угодий, считая это отрицательным явлением. Между тем площадь сельскохозяйственных земель в России слишком велика. Однако малая эффективность использования пашни приводит к огромному импорту зерновых. Огромная площадь пашни требует большого количества техники для ее обработки и рабочих рук при уборке урожая. В действительности пашенные угодья необходимо резко сокращать, повышая эффективность использования земли. Именно огромные размеры пашни служат одним из факторов ее неэффективного использования.

Необходима смена стереотипов и по отношению к лесным богатствам. Расчетная лесосека в России составляет 600 млн м³/год. При этом существует стремление увеличить объемы рубок, так как, по некоторым оценкам, Россия испытывает все возрастающий дефицит в древесине, превысивший в 1990 г. 50 млн м³. Однако толь-

раз соответствуют дефициту, а если учесть все потери, то они превышают дефицит вдвое или втрое. Большие возможности для снижения потребления древесины дают новые технологии, позволяющие с единицы древесного сырья получать намного больше единиц конечной продукции. И дело здесь не только в повышении эффективности использования и снижении потерь древесины. После рубок происходит резкое нарушение круговорота веществ — по мере восстановления естественного растительного покрова до невозмущенного состояния леса требуется примерно 300 лет. Однако повторные рубки производятся уже через 50 лет после образования спелой древесины, что прерывает процесс восстановления первичного леса с замкнутым круговоротом веществ. Поэтому было бы разумным увеличить в шесть раз время между вырубками. Следует скептически относиться к мифу о лесных богатствах Сибири, где темпы прироста леса в несколько раз меньше, чем на европейской территории России из-за очень низкой биологической продуктивности.

Стереотип отношения к невозобновляемым ресурсам похож на стереотип, связанный с обилием территории России. Это мнение утверждает изобилие минеральных ресурсов в стране, а в отношении истощающихся ресурсов порождает надежды на геологические изыскания и разведку новых месторождений. Между тем по ряду видов ресурсов идет неуклонное сокращение их разведанных запасов, однако более серьезным фактором становится удорожание как разведки, так и добычи полезных ископаемых. Если в 1975 г. на добычу сырья стоимостью 1 руб. надо было затратить 2 руб., то к 1986 г. эти затраты выросли в 2 раза. Они продолжают расти в настоящее время. Новые ресурсы находятся в отдаленных от промышленных центров районах, а потому освоение месторождений и транспорт сырья связаны с очень большими расходами и значительным ущербом для окружающей среды. Сокращение запасов невозобновляемых ресурсов, которые отнимаются у будущих поколений, никак не учитывается в экономических расчетах, что создает иллюзию их бесплатности (или низкой стоимости). Особое беспокойство вызывает сокращение запасов нефти и газа, которые в огромных количествах извлекаются из недр России.

Конечно, удовлетворение потребностей человека немыслимо без использования природных ресурсов. Любое производство по своему существу основано на природопользовании, т.е. преобразовании природных ресурсов, составляющих часть потенциала биосферы. Ресурсный потенциал включает вещества и энергию, которые вовлекаются человеком в социально-экономическую сферу. При эконо-

мическом подходе к потенциалу оценивается стоимость ресурсов: стоимость сырья на внутреннем и мировом рынках, затраты на его добычу, транспорт, переработку, а также экономическая целесообразность выбора различных видов природопользования. В каждом конкретном случае необходимо решать, что более выгодно экономически: вести разработку в данном районе полезных ископаемых или сохранить природный ландшафт как источник других ресурсов (например, лесных). При экологическом подходе природный потенциал оценивается как совокупность условий, необходимых для жизни и воспроизводства населяющих данную экосистему организмов, в том числе человека.

Антропогенная деятельность, влияющая на формирование условий возникновения и развития экологических кризисов, должна базироваться на эколого-экономической оценке, которая включает учет затрат на восстановление естественного потенциала экосистем после его нарушения человеком. При экономии на этих затратах (в условиях экстенсивного хозяйствования) человек зачастую создает для себя трагические эколого-социальные последствия: снижение работоспособности, ухудшение здоровья, увеличение смертности и др. Часто эти последствия во много раз перекрывают затраты на восстановление нарушенной среды обитания.

Воспитанное тысячелетиями потребительское отношение к природе породило у человека устойчивое представление о безграничности природных ресурсов. Пока интенсивность их изъятия была относительно невелика, биосфера восстанавливала нарушенные равновесия экосистем. Но с недавних пор антропогенное воздействие уже не компенсируется потенциалом биосферы, а человек продолжает «покорять» природу, расширяя и усиливая разрушительные процессы в ней.

Известно, что для биосферы характерны механизмы самоуправления, ведущие к гомеостазу экосистем — обеспечению внутренних и внешних связей, сохраняющих ее устойчивость. Гомеостаз природных систем поддерживается, с одной стороны, взаимодействием с внешней средой путем материального и энергетического обмена. С другой стороны, гомеостаз поддерживается благодаря внутренним процессам функционирования, осуществляющимся при относительно постоянных энергетических затратах и преимущественно за счет рассеянных источников энергии. Эти процессы обеспечивают внутреннюю целостность систем и составляют второй блок ее управления. Причем ведущая роль в гомеостазе природной системы принадлежит функциям живого вещества, без которого она быстро дегра-

дирует: усиливаются функции и роль механических форм движения, структура системы упрощается.

Поведение экосистем термодинамически организовано так, что в них работают естественные механизмы экономичной передачи энергии с одного уровня потребления на другой, а количество энергии, выделяемое системой в окружающую среду, незначительно. Природная система, благодаря таким механизмам саморегулирования, постоянно стремится к переходу в более организованное и более устойчивое состояние. Энергия в ней естественным образом убывает.

Иначе обстоит дело с природно-антропогенными системами, особенно городами и промышленными комплексами. В них массо- и энергообмен существенно отличается от природных процессов. Ресурсные циклы производства и потребления открыты, а поток вещества и энергии через производственно-хозяйственную систему почти не имеет положительных обратных связей. С одной стороны, это все возрастающее потребление природных ресурсов, ведущее к деградации экосистем, с другой — огромное количество отходов и отбросов, не возвращаемых для переработки в эту систему и загрязняющих окружающую среду. Энтропия техногенных систем имеет тенденцию к росту: возникают экологические бедствия, кризисы и катастрофы, нарушаются связи управления. Для поддержания этих систем в рабочем состоянии человек вынужден интенсифицировать изъятие природных ресурсов, увеличивать энергетические затраты, во все большей степени концентрируя их. Тем самым человечество создает условия для новых напряженных состояний, связанных с проблемами исчерпания природных ресурсов, загрязнения и разрушения экосистем. Существенные различия процессов в биосфере и обществе (табл. 7.1) указывают не только на источники возникновения экологических кризисов, но и на пути снижения возникающих напряженных состояний и выхода из них. Сюда относится рациональное природопользование, которое подразумевает деятельность человека, обеспечивающую сохранение естественного равновесия экосистем и их эволюционное развитие. Это значит, что, понимая объективную необходимость потребления природных ресурсов, человеческое общество должно признать и реализовать неизбежность возврата вещества и энергии в биосферу в количествах, близких к эквивалентным (средообразующим возможностям биоценозов).

Для обеспечения экологической безопасности человечества возможны три направления его деятельности:

Таблица 7.1

Особенности процессов в биосфере и обществе

Биосфера	Общество
Регулирование численности популяций	
Борьба за существование. Жесткие, порой безжалостные механизмы, предотвращающие вспышки роста численности отдельных видов	Достаточно гуманные принципы развития общества. Жизнь человека провозглашается высшей ценностью на Земле. Быстрый рост народонаселения, рождающий проблемы питания, быта и др.
Потребление энергии	
Эволюция биосферы происходит при относительно постоянном потоке рассеянной солнечной энергии	Развитие цивилизации требует быстрого роста потребления энергии. Главные энергетические ресурсы современности быстро истощаются, создавая угрозу энергетического кризиса
Массообмен	
В основе функционирования экосистем лежат замкнутые круговороты веществ. Ресурсный потенциал экосистем не истощается, а загрязнений окружающей среды не происходит	Интенсивное извлечение природных ресурсов до полного их истощения. Выбросы и сбросы в результате производства и хозяйствования в возрастающих объемах загрязняют окружающую среду. Нарушаются, разрушаются и не восстанавливаются природные ландшафты. Развивается кризис редуцентов. Создаются условия для кризиса экологического планирования
Гомеостаз	
Природные системы обладают способностью самоорганизации, самовосстановления, саморазвития. Энтропия эволюционирующих систем уменьшается	Техногенные системы не обладают способностью саморазвития, организуются и восстанавливаются только за счет внешних управлений. Предоставленные самим себе, они разрушаются. Энтропия растет

1) сохранение и поддержание расширенного воспроизводства естественных экосистем;

2) управление природно-антропогенными системами, средообразующие функции которых близки к тем естественным экосистемам, чье место они заняли;

3) реализация экологически чистых технологий, устраняющих последствия хозяйственной деятельности, неблагоприятные для биосферы и человека.

В формировании экологических кризисов важную роль играет социально-экономическая обстановка в различных регионах мира.

Если для предотвращения локальных экологических кризисов требуется мобилизация ресурсов территории, то для ликвидации последствий региональных бедствий и катастроф требуются уже ресурсы мирового сообщества. Однако сложившиеся сегодня отношения между группами людей, регионами и странами мира полны противоречий, которые создают серьезные, а зачастую трудноразрешимые проблемы в экологической деятельности. Такие противоречия являются одной из важнейших частей механизма, определяющего хозяйственную деятельность людей и их действия в условиях возникновения и развития экологических кризисов. Эти действия могут быть позитивными только на путях достижения компромиссов и соглашений, взаимовыгодных для всех участников. Поиск таких путей требует изменения психологии, сложившихся привычек и традиций, перестройки системы ценностных установок в человеческом обществе.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные принципы обеспечения стабильности биосферы?
2. Что понимается под экологическими кризисами и катастрофами?
3. В чем заключаются основные причины экологических кризисов и катастроф?
4. Как проявляется напряженное состояние биосферы при формировании экологических кризисов?
5. Каковы этапы экологических кризисов в период возникновения и развития человеческого общества?
6. Как проявляются особенности современного экологического кризиса?
7. Как развиваются экологические катастрофы?
8. Каким образом проявляются экологические бедствия, возникшие вследствие техногенных аварий?
9. Что необходимо для обеспечения экологической безопасности человечества?
10. Каковы различия природных и техногенных процессов в биосфере?

Раздел III

ПРИРОДООХРАННАЯ ПОЛИТИКА

Глава 8. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРАВА

Понятие *право* определяется как совокупность устанавливаемых и охраняемых государственной властью норм и правил, регулирующих отношения людей в обществе, а также наука, изучающая эти нормы. По мере развития цивилизации формировались те или иные разделы права, такие как гражданское право, международное право, избирательное право и т. п.

Загрязнение окружающей природной среды, ее разрушение, истощение природных ресурсов привели к изменению качества окружающей среды и сказались на состоянии здоровья населения. По мере развития этих процессов формировалось и природоохранное законодательство. Первые акты этой направленности были изданы при Петре I (например, указ о регламентации вырубке лесов). В советской России первые законодательные акты об охране и использовании природных ресурсов появились в 1917–1922 гг. За время существования СССР природоресурсное и природоохранное законодательство активно развивалось. Качественно новые подходы к пониманию экологического права России возникли после 1990 г. — в период становления России как суверенного государства, когда были разработаны не только основополагающие законы, но и созданы специальные органы по охране природы. Законодательные акты экологической направленности отличаются конкретностью и детализацией материала.

8.1. Экологическое право: источники, определение, объекты

Основание системы экологического законодательства на современном этапе развития российского общества составляют следующие нормативные акты:

- Декларация Первого съезда народных депутатов РСФСР о государственном суверенитете Российской Советской Федеративной Социалистической Республики (принята 12 июня 1990 г.);

- Декларация прав и свобод человека и гражданина (принята 22 ноября 1991 г. Верховным Советом РСФСР);
- Конституция (Основной закон) Российской Федерации (принята 12 декабря 1993 г. в результате всенародного голосования).

Этими документами определены стратегические направления экологической политики государства и пути укрепления экологического правопорядка и экологической безопасности на территории Российской Федерации. Так, в гл. 1 (ст. 9.1). Конституции Российской Федерации записано: «Земля и другие природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории». Среди прав человека и гражданина, представленных в гл. 2 Конституции, следует выделить ст. 42, в которой указывается: «Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением». Это право подкрепляется другим, отраженным в ст. 58 той же главы: «Каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам».

Глава 3 Конституции содержит очень важное положение (ст. 71) о том, что в ведении Российской Федерации, наряду с другими функциями, находятся установление основ федеральной политики и федеральные программы, в том числе и в области экологического развития страны. Это положение Конституции реализуется через федеральные законы, обязательные для исполнения на территории страны. В качестве примера могут быть приведены Законы «Об охране окружающей среды» (2002), «Об экологической экспертизе» (1995), «О радиационной безопасности населения» (1996), «О гидрометеорологической службе» (1998) и др.

Следующая статья Конституции (ст. 72) расширяет источники экологического права, указывая, что в совместном ведении Российской Федерации и ее субъектов находятся:

- вопросы владения, пользования и распоряжения землей, недрами, водными и другими природными ресурсами,
- природопользование, охрана окружающей среды и обеспечение экологической безопасности, особо охраняемые природные территории, охрана памятников истории и культуры;
- административное, административно-процессуальное, трудовое, семейное, жилищное, земельное, водное, лесное законодательство, законодательство о недрах, об охране окружающей среды.

Такой подход позволяет субъектам Федерации осуществлять регулирование экологических отношений путем принятия соответствующих законов и других нормативно-правовых актов. При этом важно, чтобы принимаемые законы и нормативные акты не вступали в противоречие с федеральными законами, а дополняли или развивали их. К числу таких законов относятся, например, законодательные акты: Свердловской области: «Об отходах производства и потребления» (1997), «Об экологическом мониторинге» (1998) и др.; Томской области: «Об экологическом аудите» (1997). Перечень подобных законов может быть существенно расширен.

В соответствии с Конституцией Правительство России призвано обеспечивать проведение в Российской Федерации единой государственной политики в области культуры, науки, образования, здравоохранения, социального обеспечения, экологии. Примерами отражения принципов государственной политики в области экологии могут служить: «Национальный план действий по охране окружающей среды Российской Федерации на 1999–2001 годы» (1998), утвержденные Правительством России положения: «О государственном контроле за геологическим изучением, рациональным использованием и охраной недр» (1998), «О ведении государственного мониторинга водных объектов» (1997), а также постановления «О первоочередных мероприятиях по обеспечению экологической безопасности при осуществлении деятельности Вооруженных сил Российской Федерации» (1996), «О государственном регулировании и контроле транспортных перевозок опасных отходов» (1996). Эти и другие документы по существу выступают источниками экологического права.

Если основанием экологического законодательства являются Конституция Российской Федерации и равные ей по значимости документы (международные договоры Российской Федерации, общепризнанные нормы международного права и т.п.), то федеральные законы образуют систему источников экологического права. Среди таких источников на первое место должен быть выдвинут Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды», принятый 12 января 2002 г. Принятый Закон «...регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду, как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континенталь-

ном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации». В ст. 3 Закона сформулированы принципы, развивающие этот тезис. Они таковы:

- соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;
- обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;
- научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды;
- платность природопользования и возмещения вреда окружающей среде;
- обязательность проведения государственной экологической экспертизы проектов и иной документации, обосновывающих хозяйственную и иную деятельность, которая может оказать негативное воздействие на окружающую среду, создать угрозу жизни, здоровью и имуществу граждан;
- обязательность участия в деятельности по охране окружающей среды государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц;
- сохранение биологического разнообразия;
- соблюдение права каждого на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды, а также участие граждан в принятии решений, касающихся их прав на благоприятную окружающую среду, в соответствии с законодательством;
- ответственность за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды;
- организация и развитие системы экологического образования, воспитания и формирования экологической культуры;
- участие граждан, общественных и иных некоммерческих объединений в решении задач охраны окружающей среды;
- участие Российской Федерации в международном сотрудничестве по охране окружающей среды.

Приведенные выше принципы конкретизируются в 16 главах и 84 статьях Закона путем:

- установления полномочий различных органов государственной власти в сфере отношений, связанных с охраной окружающей среды;

- определения прав и обязанностей граждан, общественных и некоммерческих организаций через раскрытие экономических механизмов охраны окружающей среды, через внедрение механизма нормирования качества окружающей среды и осуществление государственной экологической экспертизы, государственного экологического контроля.

Значительное внимание в Законе уделено вопросам оценки воздействий на окружающую среду и экологической экспертизе, а также экологическим требованиям, предъявляемым к проектируемым, реконструируемым, вновь вводимым в эксплуатацию и эксплуатируемым предприятиям и другим объектам, установлению ответственности за экологические правонарушения и разработке механизмов возмещения вреда, причиненного такими правонарушениями. Наличие в Законе этих и других глав о чрезвычайных экологических ситуациях, об особо охраняемых природных объектах, о государственном экологическом мониторинге и экологическом контроле, о научных исследованиях и основах формирования экологической культуры позволяет сделать вывод о том, что принятый в 2002 г. Закон является комплексным законодательным актом прямого действия. Все другие принятые и принимаемые законы федерального уровня и субъектов Федерации в области охраны окружающей среды не должны входить в противоречие с этим Законом. Таким образом, Закон «Об охране окружающей среды», по существу, возглавляет систему экологического законодательства. На его основе предпринимаются попытки дать определение экологическому праву. Одно из них таково:

Экологическое право — это отрасль российского права, представляющая собой систему норм права, регулирующую общественные экологические отношения в среде взаимодействия общества и природы с целью сохранения, оздоровления и улучшения окружающей среды в интересах настоящего и будущего поколений.

Экологическое право как система законодательных и нормативно-правовых актов включает ряд федеративных законов, в которых экологические требования выступают источниками такого права. К этим законам, кроме упомянутого, относятся Законы «О санитарном эпидемиологическом благополучии населения» (30 марта 1999), «Об охране атмосферного воздуха» (4 апреля 1999), «Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан» (22 июля 1993), Водный кодекс Российской Федерации (16 ноября 1995), «Об особо охраняемых природных территориях» (14 марта 1995), Лесной кодекс Российской Федерации (29 января 1997) и др.

Помимо федеральных законов источниками системы экологического права являются указы и распоряжения Президента Российской Федерации. Например, Указы «О федеральных природных ресурсах» (16 декабря 1993 г.), «О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» (4 февраля 1994 г.), распоряжение «О безопасности объектов атомной энергетики, ядерно-оружейного комплекса и радиоактивных источников» (9 апреля 1993 г.) и др. Круг экологических вопросов, которые они охватывают, весьма разнообразен.

В качестве источников системы экологического права Российской Федерации также выступают постановления и распоряжения Правительства в пределах полномочий, представленных Конституцией Российской Федерации. Эти документы обычно принимаются либо во исполнение федеральных законов или содержащихся в них положений, либо при создании и определении компетентных органов управления и контроля, либо при утверждении нормативно-правовых актов, обеспечивающих развитие и регулирование экологических отношений в обществе. Одним из примеров таких документов может служить «Экологическая доктрина Российской Федерации», одобренная распоряжением Правительства России 31 августа 2002 г. Этот документ обобщил опыт деятельности в области экологии государственных структур, общественных организаций, научных и деловых кругов. В нем также сформулированы рекомендации по обеспечению устойчивого развития. По существу Экологическая доктрина Российской Федерации содержит положения, определяющие экологическую политику государства на ближайшие годы.

К источникам экологического права относятся также нормативные акты природоохранных министерств и ведомств федерального значения, которые наделены (в пределах утвержденной для них компетенции) правом издавать документы, обладающие признаком обязательности для других министерств и ведомств, юридических и физических лиц. Подобного рода акты выпускаются Министерством природных ресурсов Российской Федерации (Федеральная служба по надзору в сфере природопользования), Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека), Министерством промышленности и энергетики Российской Федерации (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии) и др.

Источниками экологического права также являются законы и нормативно-правовые акты субъектов Федерации, нормативно-пра-

новые акты органов местного самоуправления. Разнообразие экологических и иных примыкающих к ним проблем в различных регионах на обширных просторах России определяет значимость этих документов для регулирования отношений между обществом и окружающей средой. Нормотворческая деятельность субъектов Федерации и органов местного самоуправления определяется Конституцией Российской Федерации, указами Президента, законодательством на федеральном и отраслевом уровнях, а также другими нормативными актами.

Экологическое право и построенная на его основе система охраны окружающей природной среды защищает на территории России объекты земной природы от загрязнения, порчи, повреждения, истощения, разрушения. Считается, что природный объект должен обладать тремя признаками: естественным происхождением, наличием взаимосвязей с экологической системой природы, способностью выполнения функций жизнеобеспечения. С определенной степенью условности такие объекты подразделяются на следующие виды:

- интегрированные, включающие экологические системы и озоновый слой атмосферы;
- дифференцированные, включающие землю, ее недра, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, леса и иную растительность, животный мир, микроорганизмы, генетический фонд, природные ландшафты;
- особо охраняемые, включающие государственные природные заповедники, природные заказники, национальные природные парки, памятники природы, редкие или находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений и место их обитания.

Природные объекты, являющиеся составными частями природной среды, отличаются от продуктов человеческой деятельности отсутствием стоимости как совокупности затрат общественно необходимого труда. Эта особенность, а также другие приведенные выше признаки указывают на то, что природные объекты выполняют экологические, экономические, культурно-оздоровительные функции.

Очень важным элементом в системе экологического права являются экологические правоотношения, возникающие в результате взаимодействия общества и природы. Они могут быть позитивными, когда человек выполняет предписанные законы об использовании природных ресурсов (экологические действия, влияющие на природную среду) и по охране окружающей среды (экологические действия, направленные на ликвидацию или нейтрализацию вред-

ных последствий, вызванных экономической деятельностью). Экологические правоотношения могут быть и негативными, когда не соблюдаются, а иногда и грубо нарушаются экологические предписания, в результате чего наносится вред природной среде и здоровью людей. Такие отношения по существу являются экологическими правонарушениями, для борьбы с которыми в системе экологического права сформирован блок эколого-правовой ответственности. Правовую основу этого блока составляют статьи раздела XIV Закона «Об охране окружающей среды», в одной из которых (ст. 75) записано, что за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды устанавливается имущественная, дисциплинарная, административная и уголовная ответственность. Так, при невыполнении планов и мероприятий по охране природы и рациональному природопользованию, при нарушении экологических нормативов качества окружающей природной среды и требований природоохранительного законодательства должностные лица и иные виновные работники несут дисциплинарную ответственность с учетом их трудовой функции и должностного положения. Нарушителям могут быть вынесены выговоры, строгие выговоры; они могут быть уволены с работы или понести другие наказания — лишение премий или иных средств поощрения.

Материальную ответственность несут должностные лица и работники, по вине которых организация понесла расходы по возмещению вреда, причиненного экологическим правонарушением. Административную ответственность несут должностные лица, граждане, организации, допустившие экологические правонарушения:

- несоблюдение стандартов, норм и других нормативов качества окружающей природной среды, превышение уровня физических полей биологического воздействия;
- невыполнение обязанностей по проведению государственной экспертизы;
- нарушение экологических требований при планировании, технико-экономическом обосновании, проектировании, размещении, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации предприятий, сооружений, технологических линий и иных объектов, а также требований по обезвреживанию, переработке, утилизации, складированию или захоронению производственных и бытовых отходов;
- загрязнение окружающей природной среды и нанесение вреда человеку, растительному и животному миру, имуществу граждан и юридических лиц.

Из всех экологических преступлений наиболее тяжким признан экоцид. К нему относится любое преступление, связанное с разрушением природной среды, ее составляющих — растительного и животного мира, атмосферы, водных ресурсов, природных объектов, а также с уничтожением среды обитания человека и другими действиями, способными вызвать экологическую катастрофу. Экоцид как серьезное нарушение экологического равновесия в природе представляет опасность для генофонда населения, животного и растительного мира, биотического круговорота веществ и биологических процессов.

Определение размера вреда, причиненного нарушением законодательства в области охраны окружающей среды с учетом понесенных убытков, в том числе и упущенной выгоды, производится в соответствии с утвержденными методиками расчета. Компенсация такого вреда осуществляется добровольно либо по решению суда или арбитражного суда. Таким образом, система экологического права, предназначена для защиты и охраны окружающей среды с целью сохранения человека как биологического и социального существа, являющегося составной частью природы.

8.2. Система управления охраной окружающей среды

Каким бы совершенным ни было экологическое законодательство, формирующее юридическое поле — экологическое право, законы, нормативы, правовые акты, разные документы экологической направленности, — оно должно развиваться и последовательно совершенствоваться, чтобы в наибольшей степени обеспечить реализацию норм права. Кроме того, соблюдение требований законов и других документов, обеспечивающих рациональное природопользование, защиту и охрану окружающей среды, экологическую безопасность страны, должно контролироваться, а в случаях их несоблюдения виновные должны подвергаться соответствующим мерам наказания. Выполнение этих основных функций в стране возложено на органы исполнительной власти, осуществляющие государственное управление в области охраны окружающей среды. Их структура приведена на рис. 8.1.

Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» подразделяет органы экологического управления на два: общей и специальной компетенции. К государственным органам первой категории относятся Президент, Федеральное правительство, представительные и исполнительные органы власти субъектов Федерации,

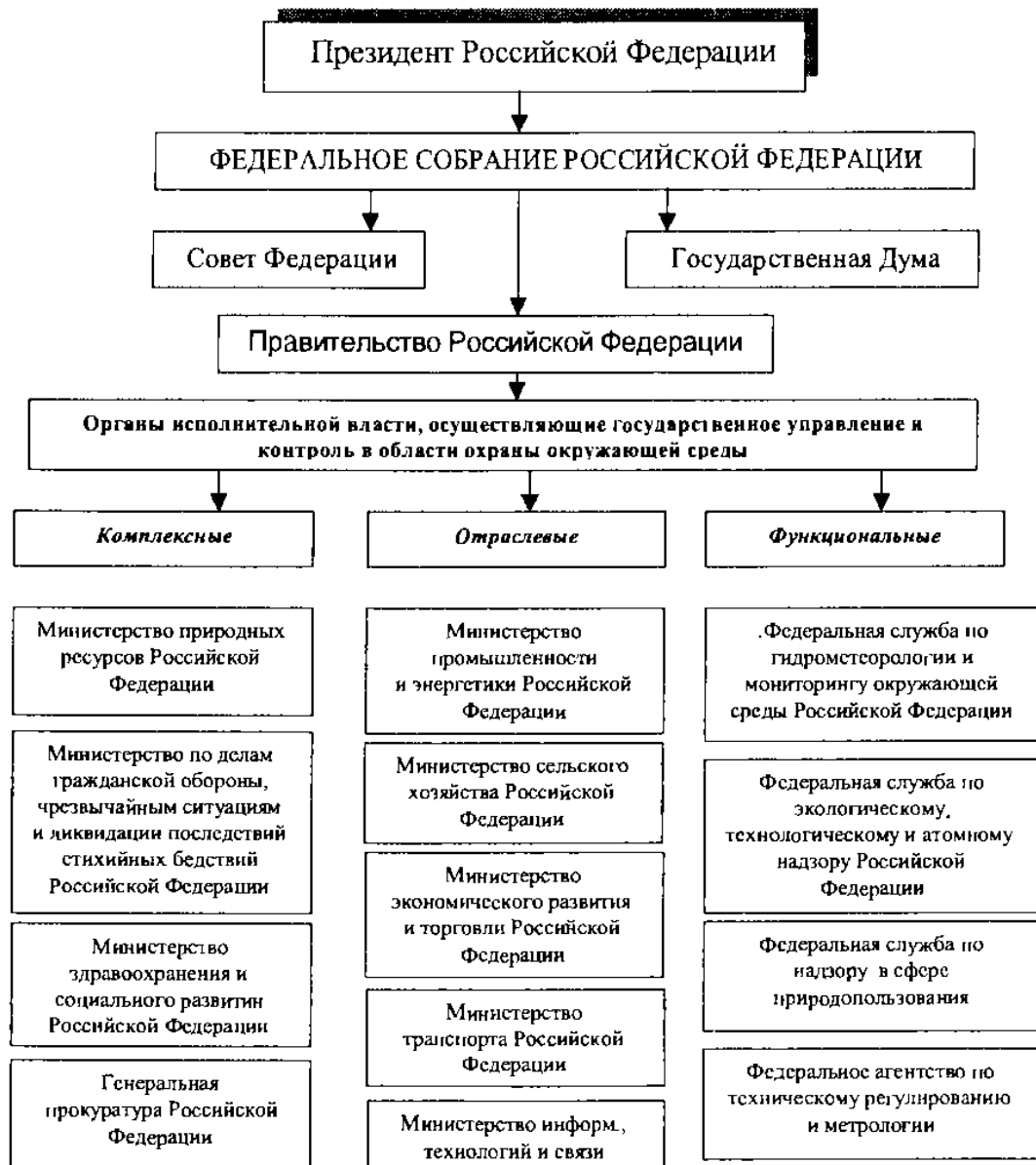


Рис. 8.1. Органы экологического управления России

муниципальные органы. Государственные органы второй категории специально уполномочены Правительством России на выполнение определенных функций по экологическому управлению. Их функции зарегистрированы либо в положениях об этих органах, либо в отдельных принятых актах. Органы специальной компетенции подразделяются на следующие виды:

- комплексные, выполняющие все задачи или какой-либо блок задач в области управления охраной окружающей природной среды;

- отраслевые, действия которых по управлению ограничены отдельными природными объектами;
- функциональные, обеспечивающие управление при выполнении одной или нескольких родственных природоохранительных задач.

Круг задач, решаемых государственными органами экологического управления, чрезвычайно широк. Это определение принципов и направлений экологической политики, планирование и координация природоохранительной деятельности, нормирование вредных воздействий и платежей за загрязнение окружающей среды, организация государственного экологического контроля и экспертизы, решение многообразных юридических проблем экологического характера (от исков о взыскании ущерба до закрытия предприятий), вопросы охраны заповедников и памятников природы, организация воспитания и образования населения, связь с общественностью и т.п. Если к этому добавить многочисленные вопросы, связанные с международным сотрудничеством, которые приобретают с точки зрения задач экологического управления все большую весомость, то сложность задач в управлении качеством окружающей среды, решаемых государственными органами, станет очевидной.

Среди комплексных органов наибольшее число функций по управлению в области экологии возложено на Министерство природных ресурсов Российской Федерации (МПР России). Оно осуществляет функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере изучения, использования, воспроизводства, охраны природных ресурсов, для чего в его составе созданы Федеральная служба по надзору в сфере природопользования и Федеральные агентства водных ресурсов, лесного хозяйства, недропользования. МПР России имеет в центральном аппарате департаменты по основным направлениям деятельности Министерства. Для координации и контроля деятельности территориальных органов Федеральной службы и Федеральных агентств в федеральных округах и субъектах Федерации создаются территориальные органы МПР России.

Вторым министерством, участвующим в охране окружающей среды, является Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России). Его функции управления в области экологии связаны с прогнозированием и ликвидацией экологических аварий, катастроф естественного и технического происхождения.

Важная роль в системе контроля и управления состоянием окружающей среды принадлежит Министерству здравоохранения и социального развития Российской Федерации и его подразделению — Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, на которую, в частности, возложено выполнение таких эколого-санитарных функций, как:

- координация деятельности министерств, ведомств, предприятий и организаций в области санитарной охраны природы;
- разработка и утверждение санитарных нормативов вредных веществ в окружающей среде и санитарных норм и правил (СНИП), обязательных для всех хозяйствующих субъектов и граждан.

Эта служба имеет по всей территории страны свои подразделения, которые непосредственно следят за состоянием атмосферного воздуха, поверхностных водных источников, почвы, используя для этого сведения о концентрациях вредных веществ, представляющих угрозу здоровью населения. На основе этих данных выполняются анализ и прогноз качества среды обитания людей. Кроме того, эта организация ведет большую просветительскую работу, способствуя повышению эколого-санитарной культуры населения.

В число органов управления, осуществляющих комплексные функции, следует отнести и Генеральную прокуратуру Российской Федерации, которая через свои учреждения на местах осуществляет надзор за единообразным и обязательным исполнением природоохранительных законов органами представительной и исполнительной власти, государственного управления и экологического контроля, юридическими лицами, общественными объединениями и всеми должностными лицами. Кроме того, прокуратура проверяет законность и полноту принимаемых мер по устранению выявленных нарушений и принятию по ним мер прокурорского реагирования в виде представления протестов и привлечения к административной и уголовной ответственности. Важным видом деятельности также является защита прав граждан на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о состоянии окружающей среды и на возмещение ущерба, причиненного здоровью граждан экологическими правонарушениями.

Ко второму блоку отраслевых органов относятся министерства (см. рис. 8.1), действия которых в области экологического управления сосредоточены на отдельных природных объектах. Среди них — Министерство промышленности и энергетики Российской Федерации, которое через свои федеральные агентства с помощью эколо-

гических подразделений и служб организует создание единых нормативно-технических актов, осуществляет контроль за выполнением природоохранительного законодательства и нормативной документации, проводит ведомственную экологическую оценку и обоснование развития особо крупных объектов промышленности и энергетики, а также сертификацию новых технологий и т.п.

Серьезные задачи в области рационального природопользования и охраны окружающей среды решаются Министерством сельского хозяйства Российской Федерации. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору разрабатывает и контролирует выполнение мер по охране почв, водоемов, лесной и иной растительности от воздействия стихийных сил природы, побочных последствий применения сложной сельскохозяйственной техники, химических веществ (минеральных удобрений, пестицидов и др.), мелиоративных работ, а также по защите среды обитания от отходов животноводческих ферм и предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции. Это же Министерство организует контроль остаточных концентраций пестицидов, нитратов, тяжелых металлов в растительной продукции. Эти и другие действия призваны обеспечить благоприятные условия жизнедеятельности каждого человека в России.

Федеральное агентство по рыболовству данного министерства регулирует использование живых ресурсов во внутренних водоемах, территориальных водах и на побережье России, а также в открытых водах мирового океана. Не менее важными являются работы по биологическому обоснованию режима рыболовства, промысла водных животных и растений, работы по мониторингу, охране и воспроизводству запасов рыбы, водных животных и растений, работы по ведению государственного кадастра и учета рыб, других водных животных и растений.

Значительное внимание вопросам охраны окружающей среды уделяют и другие министерства, федеральные службы и агентства Российской Федерации, внедряя эколого-правовые требования в содержательную часть нормативно-правовых актов, регулирующих экономическую деятельность хозяйствующих субъектов. Подобные процедуры экологизации нормативно-правовых актов постоянно осуществляются в Министерстве экономического развития и торговли Российской Федерации, Министерстве транспорта Российской Федерации, Министерстве информационных технологий и связи Российской Федерации, а также в учреждениях, ведающих оборонными отраслями промышленности — Федеральных службах по

военно-техническому сотрудничеству и оборонному заказу и в Федеральном космическом агентстве.

К органам исполнительной власти функционального назначения относится Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Руководство этой службой осуществляет Правительство страны. Эта служба призвана обеспечивать органы государственной власти, Вооруженные силы Российской Федерации, а также население информацией о фактическом и прогнозируемом состоянии окружающей среды, ее загрязнении. Она организует составление прогнозов погоды, участвует в проведении экспертизы строительства и проектов освоения территорий, ведет исследования гидрометеорологических и геофизических процессов в атмосфере, на поверхности суши, в Мировом океане, Арктике и Антарктике, а также в околоземном космическом пространстве. Этот правительственный орган возглавляет государственный мониторинг окружающей среды в России, являющийся частью системы глобального мониторинга. Для получения первичной информации о состоянии окружающей среды на территории страны организована и функционирует сеть наблюдательных пунктов.

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, руководимая Правительством Российской Федерации, осуществляет функции по принятию нормативных правовых актов, по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды в части, касающейся ограничений негативного техногенного воздействия (в том числе в области обращения с отходами производства и потребления), безопасного ведения работ, связанных с пользованием недрами, охраны недр, промышленной безопасности (за исключением деятельности, связанной с ядерным оружием и ядерными установками военного назначения), безопасности электрических и тепловых установок и сетей (кроме бытовых), безопасности гидротехнических сооружений на объектах промышленности и энергетики, безопасности производства, хранения и применения взрывчатых материалов промышленного назначения. Эта служба является органом, который осуществляет горный и энергетический надзор, охрану атмосферного воздуха, экологическую экспертизу в своей сфере деятельности, регулирует безопасность и использование атомной энергии в промышленности.

Эти и другие задачи Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору реализует через систему своих территориальных органов. С ними сотрудничают:

- Федеральная таможенная служба Министерства экономического развития и торговли Российской Федерации, осуществляющая борьбу с незаконным ввозом экологически опасных для людей и природы товаров, борьбу с контрабандным вывозом природного наследия, животных и растений, занесенных в Красную книгу.
- Министерство внутренних дел Российской Федерации, обеспечивающее охрану воздушного бассейна от вредного воздействия транспортных средств, охрану природных объектов, содействующее работе государственных органов по охране окружающей среды и соблюдению санитарных правил.
- Министерство юстиции Российской Федерации, регистрирующее нормативные документы других министерств и ведомств Федерации — положения, рекомендации, инструктивно методические указания и т.п., относящиеся к экологической политике страны и путям ее реализации, после их соответствующего анализа с точки зрения соблюдения экологического законодательства Российской Федерации.

Федеральная служба по надзору в сфере природопользования организует государственную экологическую экспертизу проектов, реализация которых может привести к негативным воздействиям на природные ресурсы и их использование, ведение кадастра особо охраняемых природных территорий, Красной книги Российской Федерации, осуществление мониторинга животного мира, континентального шельфа, внутренних морских вод и др.

Особую роль в создании нормативно-правовых актов экологической направленности играет Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации, которое устанавливает нормы, нормативы, правила и требования, направленные на охрану окружающей среды; обеспечивает единство и достоверность измерений параметров выбросов, сбросов загрязняющих веществ и иных вредных воздействий на окружающую среду, а также осуществляет государственный надзор за правильностью учета экологических требований, предъявляемых к технологическим процессам, производимой продукции, товарам и услугам.

Образованное Федеральное агентство по атомной энергии осуществляет функции по проведению государственной политики, нормативно-правовому регулированию в сфере использования атомной энергии, развития и безопасного функционирования атомной энергетики, ядерного оружейного комплекса, атомной науки и техники,

ядерной и радиационной безопасности, нераспространения ядерных материалов и технологий, а также международное сотрудничество в этой сфере. Оно является также координатором специальных экологических программ, выполнение которых призвано обеспечить охрану и защиту окружающей среды.

Система управления в области охраны окружающей среды предусматривает активное участие в работах по охране и защите окружающей среды общественных экологических объединений и неправительственных организаций того же профиля. Их деятельность охватывает довольно широкий спектр экологических проблем. Это и защита экологических прав и интересов населения, и участие в формировании экологического мировоззрения, и всемерное содействие государственным органам в борьбе с нарушениями природоохранительного законодательства и др.

Экологическим объединениям и неправительственным организациям Законами «Об охране окружающей среды», «Об экологической экспертизе» и другими предоставлены права участия в деятельности по охране окружающей среды, в экологической экспертизе. Они вправе рекомендовать своих представителей для участия в экологической экспертизе по вопросам размещения и проектирования промышленных объектов, а также самостоятельно проводить общественную экологическую экспертизу, разрабатывать, утверждать свои экологические программы и пропагандировать их в средствах массовой информации. Естественно, что указанная деятельность должна проводиться в рамках Федерального закона «Об экологической экспертизе».

Все звенья государственной системы управления в области экологии создают необходимые условия и возможности для осуществления деятельности по оздоровлению и улучшению окружающей среды в интересах настоящего и будущего поколений.

8.3. Система управления качеством окружающей среды в хозяйственной деятельности

Одна из сторон проблемы устойчивого развития состоит в понимании необходимости поддержания и улучшения качества окружающей среды, защиты здоровья людей. Эта часть проблемы может быть успешно решена при функционировании системы управления качеством окружающей среды в каждой организации, которая выполняет самостоятельные функции и имеет собственную администрацию. Здесь и в дальнейшем термин «организация» включает та-

кие понятия, как компания, корпорация, фирма, крупное или малое предприятие, институт, часть или комбинация частей вышеперечисленных объектов, входящих или не входящих в одну структуру.

В соответствии с международными и российскими стандартами серии ISO 14000 (ГОСТ-Р, ИСО 14000), Систему управления качеством окружающей среды (СУКОС) определяют как часть общей системы управления, которая включает организационную структуру, деятельность по планированию, распределению ответственности, внедрению процедуры управления процессами и ресурсами для разработки, внедрения, достижения целей, оценки достигнутого в рамках реализации экологической политики. Проектирование такой системы — непрерывный и интерактивный процесс. Структура, ответственность, практические методы, процедуры, процессы и ресурсы для внедрения экологической политики, ее целей и задач могут координироваться с работами в других областях, таких как производственная деятельность, финансы, качество продукции, охрана здоровья населения и техника безопасности.

Организация, намеревающаяся внедрить эффективную СУКОС, ставит перед собой цель помочь в защите здоровья людей и охране окружающей среды от возможных воздействий деятельности организации, ее продукции или услуг и способствовать сохранению и улучшению качества окружающей среды.

В число основных принципов для управления внедрением или улучшения характеристик СУКОС входят:

- уяснение того, что управление качеством окружающей среды находится среди высших приоритетов организации;
- установление и поддержание связей с внутренними и внешними заинтересованными сторонами;
- определение требований к правовому обеспечению экологических аспектов деятельности организаций, использования их продукции или услуг;
- разработка соглашений между управляющим персоналом и работниками по охране окружающей среды с ясным пониманием экономической и другой ответственности;
- планирование процедур экологического характера на протяжении всего жизненного цикла продукции или услуг;
- оценка процессов, необходимых для достижения требуемого уровня характеристик экологичности;
- предусмотрение соответствующих и достаточных ресурсов, включая потребности обучения, для достижения заданного уровня экологических характеристик на реально существующей базе;

- оценка экологических характеристик и соответствие их политике, целям и задачам деятельности организации в области охраны окружающей среды и проведения необходимых улучшений;
- оценка процессов управления путем аудита и идентификации возможности улучшения систем и соответствующих характеристик окружающей среды;
- поддержка деятельности по созданию и развитию СУКОС организаций подрядчиков и поставщиков.

К перечисленным принципам, в зависимости от конкретных условий деятельности организации, могут быть добавлены и другие.

Кратко этапы построения СУКОС сводятся к следующим (рис. 8.2):

1. Разработка и декларирование экологической политики и обязательств.

Организация определяет намерения и политику охраны окружающей среды, объявляя об этом персоналу и другим заинтересованным сторонам. Ответственность за формирование, совершенствование и внедрение экологической политики лежит на высшем руководстве организации.



Рис. 8.2. Этапы построения системы управления качеством окружающей среды

В дополнение к требованиям соответствия нормативно-правовым актам по охране окружающей среды в материалах документа,

декларирующего экологическую политику предприятия (организации), должны быть отражены:

- пути минимизации негативных воздействий на окружающую среду новых разработок через использование интегрированных процедур управления ее качеством и планирования;
- параметры жизненного цикла продукции;
- методы минимизации вредных воздействий на окружающую среду при производстве, использовании и утилизации продукции;
- возможные технологии предотвращения загрязнений, снижения количества отходов и расходов ресурсов (материалов, топлива и энергии), а также рециклинга и сокращения, насколько возможно, захоронения отходов;
- необходимость повышения квалификации через образование и обучение кадров;
- обмен опытом по охране окружающей среды;
- формы вовлечения в процесс охраны окружающей среды заинтересованных сторон;
- деятельность по достижению устойчивого развития;
- поддержка использования СУКОС организациями поставщиков и подрядчиков.

2. Разработка экологических целей и планирование деятельности.

Организация должна составить план по выполнению экологической политики. Элементы СУКОС, относящиеся к планированию, включают идентификацию экологических аспектов и оценку воздействий на окружающую среду, требования общественности к проведению экологической политики, наличие внутренних критериев и требований, целей, задач и планов охраны окружающей среды, а также программы управления качеством окружающей среды. Идентификация экологических аспектов – постоянный процесс, определяющий прошедшее и текущее состояния, потенциальные воздействия (положительные или отрицательные), влияние деятельности организации на окружающую среду. Этот процесс подразумевает также определение общественной и деловой активности партнеров, способной изменить планы деятельности организации. Он также может включать идентификацию и оценку факторов, влияющих на здоровье, безопасность людей, и оценку экологического риска. Важность каждого из идентифицированных воздействий должна быть дифференцирована и количественно оценена. При этом могут быть выделены следующие аспекты:

- экологические – масштаб воздействия, жесткость (интенсивность) воздействия, продолжительность воздействия;

- хозяйственные — возможности регулирования воздействия (в том числе правовые), трудности оценки эффекта, затраты на изменение воздействий, влияние перемен в характере деятельности или процесса, взаимоотношения заинтересованных сторон, влияние на общественный имидж организации в глазах общественности.

Особую важность при планировании приобретает определение целей и показателей их достижения. Цели могут быть следующими:

- сокращение отходов и экономия ресурсов;
- снижение или исключение воздействий загрязнителей на окружающую среду;
- проектирование изделий с минимальным воздействием на окружающую среду при их производстве, использовании и утилизации;
- контроль уровня воздействий на окружающую среду источников сырья;
- минимизация значительных негативных воздействий на окружающую среду при внедрении новых разработок;
- создание условий роста экологического сознания среди работников организации и общественности.

Для оценки прогресса в достижении целей могут быть использованы следующие показатели характеристик экологичности:

- количество используемых сырьевых материалов и энергии;
- количество выделяемых газов (диоксидов углерода, серы, азота и др.);
- количество выделяемых загрязнителей (Pb, Cs, Cl, F и др.);
- количество отходов, производимых в расчете на единицу продукции;
- эффективность использования сырья и энергии;
- число аварий, связанных с воздействием на окружающую среду;
- процент утилизации отходов;
- процент рециклинга материалов, используемых для упаковки;
- километраж пробега транспортных средств на единицу продукции;
- инвестиции в охрану окружающей среды;
- число судебных экологических исков.

Этот перечень может быть дополнен и другими показателями.

3. Организация и практическая реализация экологической политики.

Для эффективного внедрения СУКОС организация должна создать возможности и механизм поддержки, необходимые для дости-

жения поставленных целей и задач экологической политики. Следовательно, необходимы постоянная реакция на изменяющиеся требования заинтересованных сторон, учет динамических изменений проблем охраны окружающей среды и процесса непрерывных улучшений системы. Для достижения поставленных целей организация должна ориентировать и перенастраивать людей, систему, стратегию и структуру таким образом, чтобы в полной мере соответствовать новой ситуации и новым требованиям. Для многих организаций внедрение СУКОС может быть реализовано поэтапно и должно основываться на степени осознания требований, экологических аспектов, ожиданий, выгоды и доступности ресурсов. Эффективное управление будет достигнуто, если элементы СУКОС будут спроектированы и построены как регулируемые и совместимые с существующими элементами системы управления. Элементы системы управления, которые могут дать определенную выгоду от такой интеграции, должны учитывать:

- экологическую политику организации;
- структуру организации и распределение полномочий;
- размещение ресурсов;
- операционный (функциональный) контроль и документацию;
- информационные потоки и возможности информационных систем;
- обучение персонала (если получение соответствующего уровня знаний предусмотрено организацией);
- возможности систем измерений, мониторинга и связи;
- организацию отчетности;
- наличие системы стимулирования.

При внедрении СУКОС организация должна быть уверена, что подрядчики, работающие вместе с ней, также обладают достаточными знаниями и умением, чтобы выполнять работы «экологически ответственным» способом.

Процессы и процедуры функционирования СУКОС должны быть определены и соответствующим образом документированы, организация должна четко определить виды документов, которые эффективным образом описывают процессы функционирования и контроля. Наличие документации по СУКОС поддерживает интерес работников, что необходимо для достижения поставленных целей и способствует реальным оценкам системы и характеристик экологичности. Состав документации может изменяться в зависимости от размера и сложности структуры организации. Когда элементы СУКОС интегрированы в систему управления организацией, то и докумен-

тация по СУКОС должна быть интегрирована в существующую документацию. С этой целью СУКОС должна включать материалы и комплект документации по:

- экологической политике, целям и задачам охраны окружающей среды;
- описанию средств достижения целей и решению задач по охране окружающей среды;
- распределению ключевых ролей, ответственности по конкретным процедурам;
- демонстрации того, как элементы СУКОС внедрены.

Комплект документации может также содержать описание других аспектов систем управления организацией, связанных с охраной окружающей среды. Весь комплект является основой для внедрения и обеспечения функционирования системы управления качеством окружающей среды.

4. Внутренний мониторинг, контроль и корректировка деятельности.

Организация должна измерять, осуществлять мониторинг и оценивать характеристики экологичности. Измерения, мониторинг, оценка — ключевые элементы деятельности в рамках СУКОС, которые позволяют удостовериться, что организация действует в соответствии с принятой программой по охране окружающей среды. Система измерения и мониторинга фактических характеристик экологичности обеспечивает оценку соответствия требованиям нормативно-правовых актов по охране окружающей среды. Результаты таких действий необходимо анализировать и использовать для определения успешности действий, а также идентификации областей, в которых необходимы корректирующие действия и улучшения.

При внедрении СУКОС особая роль отводится аудиту самой системы, который следует проводить периодически с целью определения соответствия системы намеченным планам. Частота проведения аудита определяется характером деятельности организации, экологическими аспектами и потенциальными воздействиями на окружающую среду. Аудит СУКОС может выполняться персоналом организации и (или) внешними лицами (органами).

5. Независимая оценка результатов деятельности. Анализ и пересмотр системы экологического управления.

Организация должна постоянно совершенствовать СУКОС в соответствии с поставленными целями улучшения характеристик экологичности. Поле документа о состоянии СУКОС должно быть достаточно широким, охватывающим экологические аспекты всей

деятельности организации, ее продукции и услуг, включая оценку влияния на финансовые результаты деятельности и возможные позиции на рынке (в том числе конкурентоспособность). Он должен содержать:

- анализ целей, задач по охране окружающей среды и характеристик экологичности;
- анализ результатов аудита СУКОС;
- оценку эффективности системы управления качеством окружающей среды;
- оценку соответствия экологической политики изменяющейся ситуации в части отслеживания таких изменений;
- изменения в законодательстве;
- пожелания и требования заинтересованных сторон;
- описание изменений продукции или характера деятельности организации;
- характеристики достижений науки и технологий;
- выводы по имевшим место авариям;
- требования рынка;
- порядок отчетности и освещения полученных результатов в средствах массовой информации, а также в виде информационных сообщений заинтересованным предприятиям и организациям.

В деятельность по непрерывному улучшению СУКОС должны входить:

- идентификация областей возможных усовершенствований, которые ведут к улучшению характеристик экологичности;
- анализ основных причин несоответствий и отклонений;
- разработка и внедрение плана корректирующих и превентивных мер;
- документирование необходимых изменений в процедурах, являющихся результатом проводимых усовершенствований;
- оценка соответствия состояния СУКОС поставленным целям и задачам.

К наиболее важным потенциальным преимуществам, получаемым в результате эффективной реализации СУКОС (в соответствии с серией стандартов ГОСТ-Р, ИСО 14000), относятся:

- гарантия эффективности демонстрации заказчику (потребителю) своей приверженности методам управления качеством окружающей среды;
- возможность поддерживать хорошие отношения с общественностью, местным населением;

- способность удовлетворять требования инвесторов и, как следствие, расширение доступа к инвестиционным ресурсам;
- возможность снизить стоимость страховки;
- удовлетворение критериев торговой сертификации;
- улучшение контроля затрат при производстве продукции или услуг;
- снижение количества инцидентов загрязнения окружающей среды, влекущих за собой ответственность перед государством и обществом;
- энерго- и материалосбережение;
- упрощение получения разрешений, лицензий и уменьшение вероятности каких-либо санкций;
- рост возможностей в области принятия природоохранных решений и их выполнения;
- улучшение взаимодействия с государственными природоохранными органами.

По оценкам специалистов, через 10 лет следует ожидать почти стопроцентного внедрения большими компаниями системы управления качеством окружающей среды в соответствии с требованиями стандартов серии ISO 14000, поскольку Европейское экономическое сообщество уже объявило о необходимости допуска на свои рынки продукции и услуг, произведенных только в таких компаниях.

8.4. Международно-правовое сотрудничество в области охраны окружающей среды

Практически вся история общественных отношений в сфере взаимодействия общества и природы свидетельствует о том, что человечество развивало свою экономику без учета трех важнейших обстоятельств: ассимиляционного потенциала природной среды, истощаемости невозобновляемых природных ресурсов и существования трансграничных переносов загрязняющих веществ. По мере расширения спектра и масштабов воздействия человека на природу изменения состояния окружающей среды по своей величине приближались к предельным значениям, что спровоцировало в 50-60-е годы XX в. формирование локальных экологических нарушений в районах растущих индустриальных центров, а в последующем — глобальные изменения окружающей среды. К началу 70-х годов XX в. практически во всех развитых странах наблюдалось кризисное обострение экологических проблем и осознание их реальной опасности для человека. В этих условиях возникло одно из направлений междуна-

родного сотрудничества — международно-правовая охрана окружающей природной среды.

К настоящему времени сформированы базовые принципы международного сотрудничества в области охраны окружающей природной среды, реализация которых способна обеспечить всеобщую экологическую безопасность в интересах настоящего и будущих поколений. Эти принципы таковы:

- каждый человек имеет право на жизнь в наиболее благоприятных экологических условиях;
- каждое государство имеет право на использование окружающей природной среды и природных ресурсов для целей развития и обеспечения нужд своих граждан;
- экологическое благополучие одного государства не может обеспечиваться за счет других государств или без учета их интересов;
- хозяйственная деятельность, осуществляемая на территории государства, не должна наносить ущерб окружающей природной среде как в пределах, так и за пределами его юрисдикции;
- любые виды хозяйственной и иной деятельности, экологические последствия которых непредсказуемы, недопустимы;
- контроль на глобальном, региональном и национальном уровнях за состоянием и изменениями окружающей природной среды и природных ресурсов должен быть установлен на основе международных критериев и параметров;
- необходимо обеспечение свободного и беспрепятственного международного обмена научно-технической информацией по проблемам окружающей природной среды и передовых природосберегающих технологий;
- государства должны оказывать друг другу помощь в чрезвычайных экологических ситуациях;
- все споры, связанные с проблемами окружающей природной среды, должны разрешаться мирными средствами.

На основе этих принципов формировались и формируются источники международно-правовых экологических норм. К ним относятся резолюции Генеральной Ассамблеи ООН (ГА ООН), а также решения других международных организаций и конференций (договоры, соглашения, конвенции и т.п.). Точкой отсчета законодательного творчества стали две резолюции: «Экологическое развитие» и «Охрана природы», принятые ГА ООН в декабре 1968 г. В первой из них (03.12.1968 г.) провозглашалась важнейшая роль благоприятной окружающей среды для соблюдения основных прав человека и

надлежащего экологического и социального развития. Во второй резолюции, принятой по инициативе ЮНЕСКО (18 декабря 1968 г.), была отмечена необходимость целостного системного анализа совокупности состояния окружающей среды, природных ресурсов, флоры и фауны, а также изложена концепция органического сочетания интересов охраны природы и экономического развития. В этом же документе термин «охрана природы» был интегрирован в более широкий – «охрана окружающей среды». Идеи этого акта были развиты на конференции ООН по окружающей среде (Стокгольм, 5–16 июня 1972 г.). Среди 26 принципов, принятых на этом форуме в виде «Декларации принципов», заслуживают быть выделенными следующие:

- право человека на благоприятные условия жизни в окружающей среде, качество которой позволяет вести достойную и процветающую жизнь;
- сохранение природных ресурсов для нынешнего и будущих поколений;
- экономическое и социальное развитие, обеспечивающее улучшение окружающей среды;
- суверенность прав государств на разработку собственных природных ресурсов;
- ответственность государств за ущерб окружающей среде;
- решение международных проблем окружающей среды следует осуществлять в духе сотрудничества;
- избавление человека и окружающей его среды от последствий применения ядерного и иных видов оружия массового уничтожения.

Важным решением Стокгольмской конференции явилось создание постоянно действующего органа по охране окружающей среды ЮНЕП (United Environment Program – Программа ООН по окружающей среде). Деятельность этой организации затрагивает проблемы здоровья человека, условия его жизни, охрану природных ресурсов, включая генетические, образование и профессиональную подготовку, торговлю, экономику, технологию. Не менее значимым явилось и создание фонда окружающей среды, плана мероприятий по решению организационных, экономических, политических вопросов охраны окружающей среды, взаимоотношений государств и международных организаций.

На этой конференции день 5 июня был провозглашен Всемирным днем окружающей среды – **Днем эколога**.

В последующие годы подобные встречи стали регулярными. Наиболее важные решения по экологической безопасности были

приняты на совещании европейских стран (кроме Албании), США и Канады в Хельсинки (1975), на котором руководители государств определили цели, области, формы и методы экологического сотрудничества. Вопросам выполнения Хельсинкских договоренностей была посвящена Венская встреча представителей государств – участников Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе (СБСЕ). В итоговом документе, принятом в Вене (1975), были приведены рекомендации правительствам государств о сокращении выбросов серы на 30% к 1995 г., о поощрении мер по сокращению производства озоноразрушающих газов, об исследовании явлений глобального потепления климата и соответствующей роли выбросов диоксида углерода и других газов, об укреплении и развитии программ по изучению трансграничных переносов загрязняющих биосферу веществ, а также по обмену информацией о потенциально опасных химических веществах, включая оценку риска для здоровья человека и окружающей среды.

Идеи СБСЕ были развиты на конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Принятые на этой конференции решения способны изменить всю нашу жизнь, ибо в них указаны пути к более стабильному, безопасному и справедливому будущему для всего человечества. В их число должны войти развитые страны, страны с переходной экономикой, ответственные за 55% общемировых выбросов CO_2 .

Один из таких путей обозначен в Киотском протоколе к «Рамочной конвенции об изменении климата» (РКИК) (Киото, Япония, 1997 г.). Согласно этому документу развитые страны и страны с переходной экономикой, являющиеся сторонами Протокола, должны к 2008–2012 гг. сократить свои выбросы парниковых газов в среднем не менее чем на 5% от уровня 1990 г. Уровень сокращения неодинаков: США, Япония, страны Европейского союза должны сократить выбросы соответственно на 7,0; 6,0 и 8,0%, а Россия и Украина добились «мягких» обязательств – сохранение выбросов на уровне 1990 г. (года высоких выбросов).

Киотский протокол подписан Россией 11 марта 1999 г. Вступление положений Киотского протокола в силу произойдет только тогда, когда его ратифицируют 55 стран, причем среди них должны быть страны, ответственные за 55% выбросов CO_2 в базовом 1990 г. В настоящее время существуют определенные трудности в ратификации Киотского протокола из-за позиции США. Однако можно быть уверенными, что международное сотрудничество найдет эффективные пути и механизмы борьбы по ограничению выбросов парнико-

вых газов и не допустит глобального изменения климата на нашей планете.

Анализ экологической обстановки в мире и отдельных его регионах, подготовка необходимых документов, организация выполнения международных договоров и соглашений, контроль за исполнением принимаемых решений осуществляется международными организациями по охране окружающей среды (рис. 8.3).

Генеральная Ассамблея ООН в соответствии с ее Уставом занимает ведущее положение в международном экологическом сотрудничестве, организуя через Экономический и социальный совет (ЭКОСОС) многогранную деятельность по охране окружающей среды, соблюдению прав человека в части обеспечения здоровой и благоприятной для жизни природной среды.

Активно в области сохранения окружающей среды работает Комиссия ООН по вопросам образования, науки и культуры — ЮНЕСКО, Париж (United National Education, Scientific and Cultural Organization). Через международные программы («Человек и биосфера» и др.) ЮНЕСКО содействует охране природных объектов, отнесенных к всемирному наследию, оказывает помощь в развитии экологического образования и подготовке специалистов экологов, участвует в решении проблем природопользования и экологической



Рис. 8.3. Международные организации по охране окружающей природной среды

безопасности, освещает экологические проблемы, их анализ и возможные пути решения на многих языках мира в периодической и непериодической печати (в частности, в журнале «Природа и ресурсы»).

Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) направляет свою деятельность на сохранение естественных систем, редких и исчезающих видов растений и животных, памятников природы, заповедников, национальных парков и т. п., одновременно ведет большую работу в области экологического просвещения, по организации заповедных зон, ведению Красной книги редких и исчезающих видов растений и животных, подготовке и проведению международных конференций по охране природы.

Всемирная организация здравоохранения занимается анализом влияния факторов окружающей среды (уровня загрязнения вредными веществами и микроорганизмами) на заболеваемость людей, а также решением проблем оздоровления селитебных территорий, улучшения санитарно-эпидемиологической обстановки и санитарно-гигиенических условий жизни человека. С этой целью ВОЗ выполняет работы по мониторингу и экспертизе качества окружающей среды как среды обитания людей.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) выполняет программу обеспечения ядерной безопасности и охраны окружающей среды от радиоактивного заражения, что связано с разработкой требований по строительству и эксплуатации АЭС, экспертизой проектируемых и действующих АЭС, проведением радиационного мониторинга и т. п.

Сельскохозяйственная и продовольственная организация объединенных наций (ФАО) занимается проблемами мировых продовольственных ресурсов и сельского хозяйства, связанными с охраной и использованием земель, водных ресурсов, лесов, животного мира, биологических ресурсов Мирового океана.

Всемирная метеорологическая организация ООН (ВМО) изучает влияние антропогенной деятельности на климат и погоду как в отдельных регионах, так и по всей планете. Результаты этой работы используются в Глобальной системе мониторинга окружающей среды (ГСМОС).

Международная морская организация (ИМО) принимает участие в защите морей и океанов от загрязнений вредными веществами, нефтью и нефтепродуктами, ведет работу по формированию международной политики по охране морской среды.

Здесь приведены только основные экологические международные организации. Следует подчеркнуть, что в своей деятельности

каждая из них весьма активно сотрудничает с другими при решении тех или иных проблем. Так, в ГСМОС кроме ВМО входят ЮНЕСКО, МАГАТЭ, ИМО. Благодаря такому тесному сотрудничеству удается создавать документы, (международные конвенции, договоры, соглашения, протоколы), которые используются государствами в формировании экологической политики, обеспечивающей устойчивое развитие.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются принципы охраны окружающей среды?
2. Что такое экологическое право и каковы его источники?
3. Что такое экологическое правонарушение и какие виды ответственности применяются к виновным?
4. Как построена система органов экологического управления Российской Федерации?
5. Назовите последовательность (этапы) построения системы управления качеством окружающей среды.
6. В чем заключаются достоинства системы управления качеством окружающей среды?
7. В чем заключаются принципы международного сотрудничества в области охраны окружающей природной среды?
8. В чем состоит значение Киотского протокола, развивающего идеи, «Рамочной конвенции по изменению климата»?

Глава 9. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Производственная деятельность и качество жизни людей всегда в значительной степени зависели от эффективности освоения природных ресурсов. В соответствии с определением Федерального закона «Об охране окружающей среды» природные ресурсы представляют собой компоненты природной среды, природные и природно-антропогенные объекты, которые использовались, используются и могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления.

Процесс вовлечения природных ресурсов в хозяйственный оборот связан не только с их потреблением. Любая антропогенная деятельность оказывает воздействие, как положительное, так и отрица-

тельное, на сами природные ресурсы. Другими словами, хозяйственная деятельность людей на каждом этапе развития человечества, и особенно в последние годы, заключалась не только в извлечении компонентов природной среды. Попутно возникали отходы, которые частично использовались и как ресурсы, но в большей степени требовали размещения в окружающей среде: газовые выбросы — в атмосфере, жидкостные стоки — в гидросфере и твердые отходы — в литосфере.

Со временем по мере увеличения объемов потребления природных ресурсов, частичного их истощения, загрязнения различными отходами окружающей среды появилась необходимость более экономно и эффективно расходовать отпущенные природой ресурсы, в результате чего сформировалась область, объединяющая научно-технические, экологические и экономические интересы общества, — рациональное природопользование.

Рациональное природопользование, по определению Н.Ф. Раймерса, — это система деятельности, призванная обеспечить экономную эксплуатацию природных ресурсов и условий, а также наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей. Таким образом, рациональное природопользование предполагает такую организацию деятельности промышленных предприятий, сельского хозяйства, связи, сферы услуг, транспорта, которая направлена в первую очередь на окружающую среду. Оно не допускает глубоких изменений природной среды, которые способны нанести непоправимый ущерб и тем самым поставить человеческое сообщество на грань катастрофы из-за кардинальных перемен в условиях его жизни. Такой высокий уровень организации производства достигается в результате научно обоснованного потребления природных ресурсов и их воспроизводства.

Рациональное природопользование призвано сохранять за счет восстановления и поддержания на определенном уровне равновесия экологический баланс природных систем, что гарантирует охрану и сбережение природно-ресурсного потенциала, необходимого для развития человеческого общества.

9.1. Принципы и законы природопользования

Природопользование является основной формой взаимодействия между человеком и природой, направленного на использование природных ресурсов, свойств и качеств природных объектов для

удовлетворения потребностей всех отраслей хозяйственной и иной деятельности и в конечном итоге — потребностей людей.

В главе 8 были приведены основные принципы охраны окружающей среды, содержащиеся в действующем Федеральном законе «Об охране окружающей среды» (10 января 2002 г.). В данной главе приводятся те принципы, которые непосредственно формируют подходы к природопользованию. Среди них первым должен быть назван принцип охраны воспроизводства и рационального природопользования. Этот принцип определяет, по существу, необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности.

Не менее важным является и принцип платности природопользования и возмещения вреда окружающей среде. Идеальная реализация этого принципа должна обеспечить получение средств за пользование землей, недрами, почвой, поверхностными и подземными водами, лесами и иной растительностью, которых было бы достаточно не только для компенсации ущерба, наносимого природной среде хозяйственной и иной деятельностью, но и для осуществления работ по восстановлению территорий, водных и других объектов, ранее загрязненных, истощенных или деградировавших в результате антропогенной деятельности предыдущих поколений.

Развитие человеческого общества связано с появлением новых технологий, новых производств и даже новых областей техники. Их возникновение обусловлено постоянно растущими потребностями людей. Закон «Об охране окружающей среды» обеспечивает такие возможности, допуская воздействия хозяйственной и иной деятельности на природную среду, исходя из требований охраны окружающей среды. Главные из этих требований сформулированы в форме принципов, выполнение которых обязательно на всех этапах хозяйственной деятельности. Основные среди них таковы:

- презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности;
- приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов;
- запрещение хозяйственной и иной деятельности, последствия воздействия которой непредсказуемы для окружающей среды, а также реализация проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, изменению и (или) уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов, истощению природных ресурсов и иным негативным изменениям окружающей среды.

В упомянутом выше Законе, постановлениях Правительства России и нормативных актах таких органов, как Министерство природных ресурсов Российской Федерации, Министерство здравоохранения и социальной защиты Российской Федерации и др., можно найти другие требования, создающие правовое поле деятельности в области природопользования.

Рациональное природопользование предполагает взаимосвязь, взаимообусловленность и взаимодействие природной среды и человека на принципах экологического равновесия. Необходимо достижение оптимальных пропорций в масштабах, темпах единого процесса использования, охраны, воспроизводства природных ресурсов и объектов. Поэтому объективной реальностью являются не только удовлетворение потребностей людей, но и охрана и воспроизводство природных ресурсов и объектов. Таким образом, решение задач рационального природопользования направлено на:

- обеспечение условий существования человечества и получение материальных благ с целью удовлетворения потребностей настоящего и будущих поколений людей;
- максимальное использование каждой единицы природного ресурса, изъятого из среды вещества, а также свойств и качеств объектов природопользования в интересах многих потребителей;
- предотвращение или максимальное снижение возможных негативных последствий процессов производства или других видов человеческой деятельности;
- повышение и поддержание продуктивности природных ресурсов и объектов;
- обеспечение и регулирование освоения ресурсов природы.

Научно-технический прогресс способствует, с одной стороны, повышению уровня благосостояния людей и, следовательно, удовлетворению их возрастающих потребностей, что, как правило, связано с относительным ростом потребления ресурсов. С другой стороны, научно-технический прогресс создает условия для рационального природопользования за счет разработки и внедрения более эффективных технических решений — того, что именуют «экологически чистыми технологиями». Этот термин, как и равноценный ему термин «ресурсосберегающие безотходные технологии», не вполне корректен, поскольку по смыслу предполагает процессы, совершенно не оказывающие неблагоприятных воздействий на окружающую среду и позволяющие перерабатывать сырье без образования каких-либо отходов. Однако в соответствии со вторым законом термоди-

намики такие технологии нереальны, как нереальна система с коэффициентом полезного действия, равным 100%. Как известно, любой процесс превращения энергии сопровождается изменением энтропии, т.е. выбросом в окружающую среду теплоты низких параметров.

Более экологически совершенная технология отличается от традиционной относительно меньшим удельным потреблением материальных и энергетических ресурсов, сравнительно меньшим объемом воздействий на окружающую среду. Поэтому более удачным является термин «ресурсосберегающая малоотходная технология» или широко используемый в англоязычной литературе термин «The Cleaner Production» («Более чистое производство»).

Просчеты в ведении хозяйственной деятельности способны нарушить сохранность природно-ресурсного потенциала и привести к деградации окружающей среды. Чтобы не допускать нерационального природопользования при разработке, проектировании различных технологий (производств) и эксплуатации оборудования, их реализующего, следует ориентироваться на технологии «двойной выгоды» — экономической и экологической, учитывая при этом необходимость охраны окружающей среды от загрязнений и других вредных воздействий.

Мировоззрение, лежащее в основе разработки технологий рационального природопользования, составляют законы, правила и принципы этой области знаний. Их краткое содержание приведено в работе Н.Ф. Реймерса. Ниже представлены некоторые из них, в частности:

- закон неограниченности прогресса, суть которого в том, что развитие от простого к сложному — бесконечно; это утверждение относится в равной степени как к биологическим, так и социальным формам движения материи;
- закон соответствия между развитием производительных сил и природно-ресурсным потенциалом устанавливает, что относительное постоянство развития производительных сил сохраняется лишь до наступления экологического кризиса, связанного с резким истощением природно-ресурсного потенциала. Технические революции в развитии цивилизации вновь создают условия соответствия между развитием производительных сил и природно-ресурсным потенциалом;
- закон внутреннего динамического равновесия указывает на то, что вещества, энергия, информация динамических качеств отдельных природных (экологических) систем с их иерархиями

- взаимосвязаны между собой; изменение любого из этих показателей приводит к сопутствующим количественным изменениям других, причем сумма вещественно-энергетических, информационных и динамических качеств экосистем в этих системах или в их иерархии сохраняется;
- закон падения природно-ресурсного потенциала отражает снижение доступности природных ресурсов, что связано с увеличением энергетических и трудовых затрат на их извлечение (иногда — и на обогащение), а также на транспортировку; действие этого закона проявляется в рамках одного способа производства и одного типа технологий;
 - закон ограниченности природных ресурсов говорит о том, что все природные ресурсы Земли конечны, исчерпаемы;
 - закон снижения энергетической эффективности природопользования раскрывает четкую историческую тенденцию: при получении единицы полезной продукции из природных систем по мере смены эпох в развитии цивилизации общий расход энергии увеличивается (например, в США и Германии этот показатель увеличился в 10–12 раз за период с 1910 по 1974 г.); другими словами, энергетическая эффективность получения единицы полезной продукции снижается; расширение круга потребностей приводит к росту энергетических расходов в расчете на одного человека, что также характеризует снижение энергетической эффективности природопользования;
 - закон снижения природоемкости готовой продукции также раскрывает одну из исторических тенденций, в соответствии с которой удельное содержание природного вещества в усредненной единице общественного продукта постоянного снижается;
 - закон убывающего естественного плодородия, который констатирует, что при постоянном изъятии урожая и земледелии, ориентированном на монокультуру, нарушаются физико-химические процессы почвообразования, происходит накопление токсичных веществ в почве; итогом развития этих процессов является постоянное снижение плодородия почв на культивируемых землях, которое может быть заторможено применением удобрений;
 - правило ускорения развития содержит закономерную связь между стремительным изменением качества среды обитания человека под влиянием антропогенных причин и способом ведения хозяйства; столь же быстрые (по принципу обратной

связи) перемены возможны и в социально-экологическом поведении человека, в экономическом и техническом развитии общества. Отмеченные связи могут способствовать как прогрессу, так и регрессу общества в зависимости от вектора воздействия;

- правило меры преобразования природных систем устанавливает условия эксплуатации природных систем в пределах, позволяющих этим системам сохранять свойства самоорганизации и саморегуляции; эти пределы ограничиваются заметными изменениями систем трех сопряженных уровней иерархии: подсистем, систем того же уровня и надсистем;
- правило интегрального ресурса обращает внимание на те системы, которые представляют собой взаимосвязанную и взаимозависимую совокупность всех компонентов природной среды (вещественных, энергетических, информационных и др.) как факторов жизни общества в сочетании с накопленными и производимыми материальными и трудовыми ресурсами; это правило отмечает, что отрасли хозяйства, конкурирующие в области использования конкретных природных систем, неминуемо наносят ущерб друг другу тем сильнее, чем значительней они изменяют совместно эксплуатируемый компонент природного ресурса или всю экосистему в целом.

Приведенные в этом разделе принципы, экологические законы и правила, соблюдение которых призвано обеспечить рациональное природопользование, не охватывают всех сторон деятельности в данном направлении. Некоторые из них носят информационный или рекомендательный характер. Эти принципы, законы и правила в определенной мере обобщают многовековой опыт взаимодействия человека и природы. Несомненно, их учет в хозяйственной и иной деятельности будет способствовать организации рационального природопользования.

9.2. Природные ресурсы. Их классификация и эколого-экономическая оценка

Природа как среда существования человеческого общества состоит из природных условий и природных ресурсов. К природным условиям относят те компоненты природы, которые не вовлечены непосредственно в хозяйственный оборот при достигнутой технологии производства, но могут оказывать положительное или отрицательное влияние на процесс производства и жизнедеятельность.

К ним относят местоположение на материке, геологическое строение, рельеф и размеры территории, климат, водный режим, интенсивность солнечной радиации, растительный мир, почвенный покров и многие другие элементы окружающей среды. Природные условия определяются внутренними и внешними факторами. Внутренние факторы связаны со сферами Земли: атмосферой, гидросферой, литосферой и повсеместно проникающей биосферой. Все эти сферы тесно взаимосвязаны и обмениваются вещественными элементами и энергией. Внешние факторы проявляются через влияние на природу Солнца, космического пространства, земных глобальных факторов: изменения границ суши и океанов, изменения состава воды и атмосферы, изменения орбиты Земли и др.

Определение природных ресурсов приведено в начале данной главы. Здесь целесообразно остановиться на их классификации, попутно отметив ее условность, так как одни и те же виды ресурсов могут относиться к разным структурам.

Итак, природные ресурсы подразделяются на *неисчерпаемые* и *исчерпаемые*. К первым относятся космические (солнечная радиация, силы тяготения, космическое излучение) и геотермальные ресурсы, а также энергия ветра, морских и океанических приливов, течений. Правда, их качество также может неблагоприятно меняться при иррациональной организации деятельности людей. К примеру, выбросы в атмосферу парниковых газов нарушают баланс солнечной энергии и в результате приводят к глобальному потеплению. Загрязнение атмосферы фреонами нарушает озоновый слой и усиливает негативное воздействие ультрафиолетовой составляющей солнечного излучения. Промышленные выбросы в водоемы резко ухудшают качество водных ресурсов. Вторые — *исчерпаемые* — в свою очередь, подразделяются на *невозобновимые*, к которым относятся все полезные ископаемые (рудные и нерудные материалы) и такие виды топлива, как природный и попутный газы, нефть, каменный уголь, сланцы, и на *возобновимые*, такие как вода, почва, растительный и животный мир, а также некоторые виды топлива (дрова, торф). Невозобновимые ресурсы не восстанавливаются или восстанавливаются значительно медленнее, нежели процесс использования их обществом. Возобновимые ресурсы при быстром и неквалифицированном потреблении могут обратиться в невозобновимые, если скорость их потребления значительно превысит скорость возобновления (ускоренная вырубка леса, избыточный вылов рыбы и т. п.). Подобное наблюдается, например, при выбросе в атмосферу значительных ко-

личеств токсических веществ, когда происходит ускоренная гибель растительности и ухудшается качество древесины.

Природные ресурсы делятся также на незаменимые и заменимые. Незаменимые — это та часть природных ресурсов, которые ни теоретически, ни практически в обозримом будущем не могут быть заменены какими-либо другими. Примерами таких ресурсов являются живая природа, металлы для высокотемпературных агрегатов и пр. Большинство ресурсов относятся к заменимым: природный газ может заменить уголь в котельных, синтетическая ткань способна заменить ткань из хлопка и т. д.

Природные ресурсы подразделяются также на производственные, рекреационные и потенциально-перспективные. Производственные природные ресурсы предназначены для использования их в промышленности, транспорте, предприятиях связи, сфере услуг, а также в сельском хозяйстве. Рекреационные природные ресурсы обычно используются для отдыха, поддержания и восстановления трудоспособности и здоровья людей. Они охватывают культурно-исторические, ландшафтно-природные, морские и другие подобные виды рекреационных ресурсов. К потенциально-перспективным относятся такие, для которых в настоящее время отсутствуют экономически эффективные востребованные технологии, способные конкурировать с существующими. Примерами таких ресурсов могут быть жидкая магма, насыщенная практически всеми элементами периодической системы Менделеева; минеральные ресурсы Мирового океана; ресурсы энергии, создаваемой принципиально новыми способами (термоядерными, подземной газификации и др.).

С развитием промышленности возрастает значение вторичных материальных и вторичных энергетических ресурсов. Вторичные материальные ресурсы (ВМР) — это отходы производства и потребления, которые могут быть вновь вовлечены в производственные процессы. Благодаря их применению уменьшается нагрузка на окружающую среду как за счет уменьшения площадей для размещения отходов, так и за счет частичной замены первичного сырья. Особенностью многих промышленных технологий является то, что в процессах создания конечных продуктов образуются значительные энергетические отходы в виде тепла продуктов сгорания, тепла охлаждающей воды, тепла горячих металлов, шлака, а также в виде неиспользованной энергии газов повышенного давления. Эти отходы и составляют вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Утилизация этого тепла и энергии для производственных целей позволяет существенно снизить удельный расход топлива на единицу продукции,

выработать электроэнергию, а часть отходов тепла использовать для бытовых целей.

Классификация описанных ресурсов представлена на рис. 9.1. Обращает на себя внимание тот факт, что один и тот же ресурс может относиться к разным видам. Это не должно вызывать недоумения, ибо один ресурс обладает различными свойствами.

Выделяют также территориальные природные ресурсы, которые необходимы для удовлетворения всех потребностей человека, соответствующих определенным социально-экономическим условиям. Эти ресурсы включают земельные площади для производства пищи, выращивания технических культур, эксплуатации и строительства промышленных объектов с их инфраструктурой — санитарно-защитными зонами, жилыми комплексами, дорогами, а также рекреационные зоны для отдыха и восстановления трудоспособности и здоровья людей, буферные зоны и комплексы поддержания экологического равновесия. Территориальные природные ресурсы также относятся к невозобновимым и незаменимым.

При анализе условий, необходимых для обеспечения жизни людей, прибегают к понятиям антропо-экологических природных ресурсов. Когда рассматриваются источники и предпосылки получения людьми материальных и духовных благ, используют представления о биологических природных ресурсах. Все виды земной биоты, которые составляют «живое вещество» планеты, относятся к генетическим природным ресурсам.

Компоненты природной среды, которые вовлекаются в производство, составляют его вещественную и энергетическую части. Они подразделяются на: минеральные (рудные и нерудные), энергетические (энергия топлива, солнца, ветра, воды), водные (поверхностные и подземные воды), атмосферные (кислород, азот, аргон и др.). Природные ресурсы сосредоточены в земной коре, Мировом океане и атмосфере. На современной стадии развития общества наибольшее экономическое значение имеют ресурсы земной коры. В общем потреблении таких природных ресурсов 85% приходится на минеральные ресурсы.

Рациональное использование свойств природных ресурсов и природных объектов, планирование, управление природопользованием, а также прогнозирование экологических ситуаций предполагает их эколого-экономическую оценку. Данный термин понимается как установление значимости, роли природных ресурсов и объектов в процессе воспроизводства, в структуре хозяйства и его сферах, отраслях и в производственных технологических процессах. Оцен-

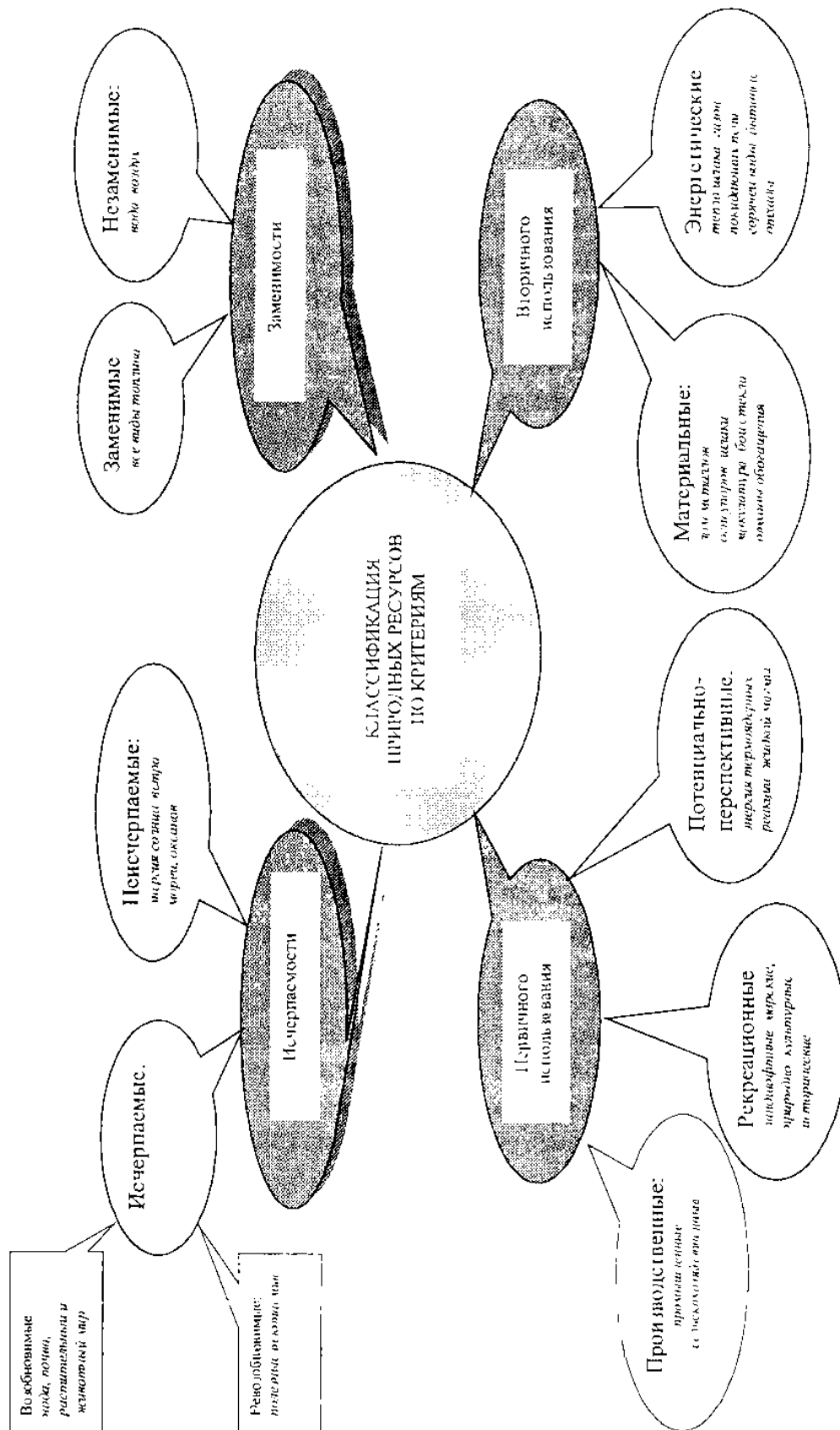


Рис. 9.1. Классификация компонентов природной среды и отходов производства, используемых в качестве природных ресурсов

ка значимости вовлеченных в хозяйственный оборот природных ресурсов и объектов для процесса воспроизводства характеризуется следующим:

1) при непрерывном росте масштабов производства — даже в случае уменьшения удельной материалоемкости — увеличивается потребление природных веществ;

2) растут затраты на единицу используемых материальных (природных) ресурсов в масштабе регионов, стран и на планете в целом.

При решении проблем промышленного производства особое значение имеет обеспеченность ресурсами, особенно такими невозобновимыми, как минеральные ресурсы. Для учета резервов природного минерального сырья используется классификация запасов полезных ископаемых.

Категория А. В нее включены детально разведанные запасы с отчетливым представлением об условиях залегания, форме и контуре рудных тел, их составе — иначе говоря, вполне подготовленные к добыче.

Категория В. Эти запасы по отдельным параметрам выделены менее отчетливо. Контур рудных тел данной категории определен по относительно разреженной разведочной сети. Эти сведения могут быть использованы для обоснования проектирования и строительства предприятий.

Категория С1 включает запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей, в общих чертах, конфигурацию рудных тел, качество руд и прочее. Эта категория представляет первый резерв для наращивания запасов в категориях В и А.

Категория С2 характеризует предварительно оцененные запасы, в основном по общим геохимическим данным или географическим съемкам либо по аналогии с уже разведанными участками; качество полезного ископаемого определено по отдельным пробам.

Запасы по категориям А+В+С1 необходимы для текущего планирования, а категория С2 — для перспективного. При долгосрочном планировании прироста запасов по отдельным месторождениям или их группам необходимо выявление так называемых прогнозных запасов. Они выходят за пределы ранее охарактеризованных категорий, оцениваются исключительно по общим геологическим соображениям и служат фондом для проектирования геолого-поисковых и разведочных работ.

Существенным является то обстоятельство, что из имеющихся технологий не все пригодны для извлечения разведанных запасов полезных ископаемых. Поэтому запасы полезных ископаемых под-

разделяют на группы геологических запасов и запасов, условно доступных для извлечения. В разделе 9.3 более подробно будет рассмотрено соотношение этих групп для разных видов минеральных ресурсов.

Поскольку хозяйственная деятельность обычно организуется в пределах определенных территорий (регионов), важно рассматривать природно-ресурсный потенциал (ПРП) территории (региона) — совокупную способность всего многообразия естественных ресурсов и условий территории обеспечивать жизнедеятельность населения и удовлетворять потребности общественного производства на конкретном этапе исторического развития. Сущность ПРП региона заключается в возможности приведения в действие природных сил, естественных ресурсов (как наличных, так и могущих быть мобилизованными при известных условиях) для достижения определенных целей, решения социально-экономических задач. Природно-ресурсный потенциал региона включает естественные ресурсы и природные условия, которые никак нельзя заменить человеческим трудом, ресурсы и условия техногенного (антропогенного) характера, ресурсы и условия, обусловленные комплексным использованием первых двух. Подобная структура ПРП основывается на реализации принципов интенсификации природопользования, малоотходности, а в дальнейшем — безотходности производства. Поэтому необходимым компонентом ПРП является использование образованных ранее и формирующихся в настоящее время отходов. Реализация возможностей ПРП во многом зависит и от уровня развития техники, а также используемых технологий.

9.3. Материальные и энергетические ресурсы

С увеличением промышленного производства все большее значение для развития производительных сил приобретают полезные ископаемые, содержащиеся в недрах Земли. Обеспеченность ресурсами оценивается путем сравнения данных о достоверных ресурсах в отношении того или иного полезного ископаемого с его ежегодной добычей и оценивается в годах.

Большое значение для развития производства имеет информация о ресурсах руд металлов. Известные месторождения железной руды в настоящее время оценивают примерно в 600 млрд т. При ежегодной мировой добыче в размере около 800 млн т этих запасов хватит на 750 лет. Если же иметь в виду, что значительное количество стали производится из металлолома, то можно рассчитывать и

на более длительное время. Кроме того, на дне океанов предположительно находится около 1,5 трлн т железомарганцевых конкреций.

Общие запасы бокситов оцениваются в 22 млрд т при ежегодной добыче этого сырья для производства алюминия в количестве 80 млн т. Такие запасы смогут обеспечить работу предприятий на 275 лет. Общие запасы медных руд оцениваются в 500 млн т, что при ежегодном потреблении в 8 млн т способно обеспечить работу заводов в пределах 60–65 лет.

Аналогичная обстановка сложилась и по запасам других цветных металлов. Так, общие запасы свинца составляют 130 млн т. Если ежегодная добыча сохранится на уровне 2,5 млн т, то заводы будут обеспечены сырьем в будущем на 52 года. Общих запасов олова, по прогнозным оценкам, хватит лишь на 15–16 лет. Запасы цинка в пересчете на металл оцениваются в 200 млн т. При ежегодной добыче на уровне 4,5 млн т этого может хватить только на 44 года. Мировые запасы золота к настоящему времени оцениваются в 40 тыс. т. Примерно такое же количество золота сосредоточено в кладовых банков и казначейств. Годовая добыча этого благородного металла не превышает 1 тыс. т. Запасы серебра оцениваются в 150 тыс. т, а ежегодная добыча его находится на уровне 8 тыс. т. При таких темпах добычи ресурсы по золоту будут исчерпаны через 40 лет, а по серебру — через 18–20 лет.

Общие запасы калийных солей приближаются к 80 млрд т. При сохранении существующего уровня добычи, равного 30 млн т в год, запасов этого сырья хватит на 2700 лет. Ресурсы фосфоритного сырья таковы, что при ежегодной добыче порядка 120 млн т ими может быть обеспечено производство фосфорных удобрений в течение 750 лет. Запасы сырья для производства азотных удобрений — азота и метана — практически неограниченны.

Сведения о топливно-энергетических ресурсах по данным, приведенным на XXVI Международном геологическом конгрессе, сосредоточены в табл. 9.1. Из их анализа следует, что наибольшими являются запасы угля. Если ориентироваться на объем мировой добычи этого вида топлива в 1980 г. — 2,8 млрд т у.т., то запасов угля хватит на 3616 лет.

Запасов угля в мире, возможно, больше, чем следует из имеющихся оценок. Вследствие большей ценности источников углеводородного топлива — нефти и природного газа, обладающих более высокой теплотворной способностью, отсутствием балласта (зола и воды), более пригодных для производства химикатов и горюче-смазочных материалов, поисковым и разведочным работам по углю

Таблица 9.1

Структура мировых запасов горючих ископаемых

Вид ресурсов	Геологические		Условно доступные для извлечения			
	млрд т	млрд т у.т.*	%	млрд т	млрд т у.т.*	%
Уголь	16 000	10 126	89,53	4000	2880	82,66
Нефть	520	743	6,57	260	372	10,68
Торф	261	98	0,88	70	26	0,75
Смола из горючих сланцев	356	114	1,00	90	28	0,80
Природный газ**	180×10^{12}	229	2,02	140×10^{12}	178	5,11
Итого		11 310	100,00		3484	100,00

* т у.т. — тонна условного топлива. Числено 1 т у.т. соответствует 1 т твердого топлива, теплотворная способность которого $Q_{нр} = 29,3$ МДж/кг.

** — запасы природного газа оцениваются в m^3 .

уделяется меньшее внимание. В некоторых странах его ресурсы вообще не учитываются.

Несравненно большее значение уделяется поиску нефти. Несмотря на постоянное увеличение добычи нефти, ежегодно достоверные ресурсы нефти увеличиваются на большую величину. В настоящее время значительные запасы нефти разработаны в прибрежном шельфе Северного моря. Крупными нефтедобывающими странами стали Великобритания и Норвегия. Надо иметь в виду, что при существующей технологии на поверхность извлекается только 35–40% нефти, имеющейся в недрах Земли.

В результате интенсивных поисковых работ увеличиваются также достоверные запасы природного газа. Значительные количества метана находятся в виде твердых растворов в каменноугольных пластах. Этот метан представляет крайнюю опасность, являясь основной причиной взрывов и пожаров в шахтах. При угледобыче с дегазацией пласта возможно извлечение газа и его использование. Общее количество метана в угольных пластах основных бассейнов СНГ оценивается в $(3,2–3,5) \cdot 10^{13} m^3$.

Природные газы обладают при определенных термодинамических условиях (температуре до 195 °К и давлении до 2,5 МПа) способностью образовывать в земной коре залежи в твердом газгидратном состоянии (твердые гидраты, растворителем в которых является лед). В кристаллических гидратах один объем воды связывается

с 70–300 объемами метана. Газгидраты представляют собой клатраты — соединения, где метан размещается в порах кристаллической структуры льда. Элементарные кристаллические ячейки газгидратов содержат 46 молекул воды и 8 молекул газа. По оценкам специалистов, количество метана в газгидратных отложениях на морском дне во много раз превышает общие ресурсы всех горючих ископаемых суши. Считают, что в глубоководных месторождениях газгидратов содержится 10^{18} м³ метана. Очень большие количества газгидратов природного газа находятся в вечной мерзлоте, занимающей большие территории Российской Федерации. Все же следует отметить, что пока еще не разработаны эффективные технологии извлечения природного газа, находящегося в газгидратных месторождениях.

Возможно, ресурсы природного газа даже более значительны. Американский астрофизик Голд выдвинул гипотезу, согласно которой на Земле существует огромный резервуар первичного метана, залегающий в нижних слоях земной коры и сохранившийся со времени образования нашей планеты. Голд полагает, что метан, находящийся там под большим давлением, служит главным источником углерода на поверхности Земли на протяжении всего геологического времени. По оценкам Голда, первоначально резервуар метана имел объем, эквивалентный современному объему потребления топлива в течение 20 млн лет. Какая-то доля этого газа должна сохраниться и до настоящего времени. Количество метана, залегающего в глубоких слоях, огромно и сможет служить практически неисчерпаемым источником энергии. Многие свидетельствуют о широком распространении метана в земной коре. Именно он служит источником языков пламени, факелообразных вспышек и взрывов, которыми сопровождаются землетрясения. Находящийся под давлением около 30 МПа метан вытекает через трещины в горных породах, возникающих перед и во время землетрясений. Метан часто встречается в виде микровключений (пузырьков газа) в пластах солей главным образом калийных месторождений.

Очень важным источником энергии становится атомная энергетика. В 2000 г. на долю атомных электростанций приходилось около 6,0% мировой выработки электроэнергии. Общие запасы урана в развитых и развивающихся странах оцениваются в 4 млн т. Потребность на 2000 г. оценивалась в 135 тыс. т, что отвечало обеспеченности примерно на 30 лет. Значительные количества этого топлива находятся в отвалах предприятий по производству обогащенного урана. Более широкое использование реакторов-размножителей открывает путь к значительному увеличению производства расщеп-

ляющихся материалов и использованию реакторов, работающих на плутонии. Накоплены весьма большие количества оружейных расщепляющихся материалов, которые также могут быть использованы в энергетике. В XXI в. вероятно и практическое применение термоядерной энергии, для производства которой имеются огромные ресурсы дейтерия (в природной воде 0,014% тяжелой воды).

Из возобновляемых источников энергии в настоящее время в наибольшей мере используются гидроэнергоресурсы, но они все же исчерпаемы. К неисчерпаемым ресурсам энергии относятся солнечная и геотермальная, энергия ветра, приливов и отливов, биомассы. Наибольшие успехи достигнуты в создании солнечных батарей, ветровых генераторов, генераторов биогаза. Эффективные технологии преобразования других видов энергии пока что не разработаны.

Общее представление о потреблении энергии из различных источников в настоящее время и на перспективу можно получить из данных, представленных на рис. 9.2. Их сравнение показывает, что в ближайшие 20 лет в мире не произойдет кардинальных изменений в структуре топливного баланса. Изменений можно ожидать, когда будут разработаны новые эффективные методы преобразования угля

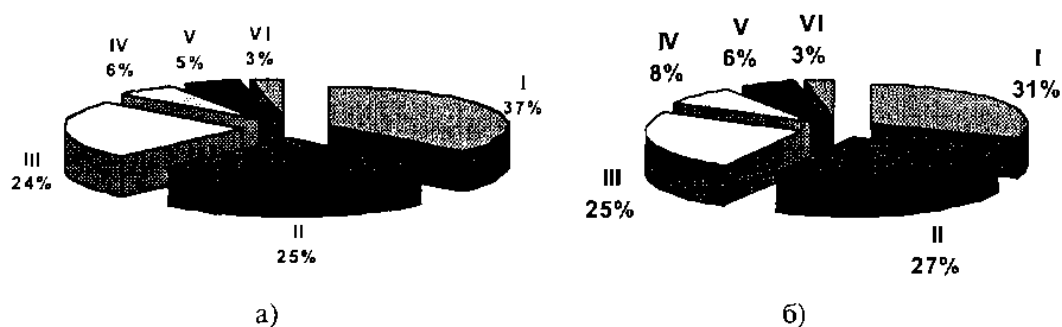


Рис. 9.2. Потребление источников энергии в настоящее время (а), на перспективу (б): I- уголь; II- нефть; III — газ; IV — ядерная энергетика; V — гидроэнергетика; VI — непромышленная энергетика (солнечные батареи, ветродвигатели и пр.)

в горючий газ при подземной газификации или в жидкое синтетическое топливо. Структура баланса энергии изменится, если существенно повысится КПД установок непромышленной энергетики или будут созданы новые более совершенные устройства. Большие надежды возлагаются на использование термоядерной энергии, что создает принципиально отличные от существующих условия не только в производстве энергии этим способом, но и приведет к перераспределению других источников энергии в общем энергетическом балансе.

9.4. Рациональное использование природных ресурсов

В промышленности сформировались следующие направления рационального использования природных ресурсов:

- комплексное использование сырья;
- комбинирование технологических процессов;
- замыкание в цикле материальных и энергетических потоков;
- использование вторичных материальных и энергетических ресурсов;
- использование ресурсосберегающих малоотходных технологий.

Комплексное использование сырья обеспечивает одновременное получение нескольких видов готовой продукции. При этом в наибольшей степени реализуется ресурсный потенциал сырья.

Примером комплексной переработки сырья является нефтепереработка, когда одновременно получают высококачественные горюче-смазочные материалы, горючие газы, беззольный нефтяной кокс для производства углеграфитовых материалов и анодной массы, нефтебитумы для дорожного строительства и изготовления кровельных материалов, парафин для приготовления синтетических жирных кислот и моющих средств, а также для получения синтетического белка и даже, возможно, ванадия и никеля.

Природные газы Оренбургского и Астраханского месторождений содержат значительные количества сероводорода, что затрудняет их транспортировку из-за опасности коррозии, а их непосредственное сжигание связано с образованием большого количества токсичного диоксида серы. При комплексной переработке этих видов природного газа извлекают сероводород и перерабатывают его в высококачественную серу — ценное сырье для изготовления серной кислоты и других химикатов. После очистки получают кондиционный природный газ.

Комбинирование технологических процессов в ряде случаев исключает необходимость специальной очистки промежуточных продуктов или существенно снижает образование отходов. Так, при комбинировании производства сложного удобрения карбоаммофоски с производством карбамида становятся ненужными стадии упаривания раствора карбамида и очистки соковых паров. Комбинирование в металлургии процессов выплавки металла и его непрерывной разливки исключило стадию получения слитков и обеспечило увеличение выхода годных заготовок на 15—18%.

Замыкание в цикле материальных и энергетических потоков позволяет сократить использование первичных ресурсов и использо-

вать имеющиеся ресурсы без очистки или с ограниченной локальной очисткой материальных потоков. Так, использование систем оборотного водоснабжения резко сокращает потребление чистой воды. Применение системы рециркуляционной вентиляции с локальной очисткой циркулирующего воздуха (вместо традиционной приточно-вытяжной) позволяет существенно уменьшить забор свежего воздуха, исключить выбросы токсичных веществ в атмосферу и уменьшить расход электроэнергии на перекачку воздуха.

Использование ресурсов энергии, имеющихся в технологическом процессе (применение энерготехнологических схем, утилизация вторичного тепла), позволяет сократить потребление первичных энергоресурсов и уменьшить тепловые выбросы в окружающую среду.

Использование вторичных материальных и энергетических ресурсов. Отходы основного производства являются в определенной мере полупродуктами для этого же производства, а их использование значительно сокращает затраты на производство первичного сырья и неблагоприятные воздействия на окружающую среду. Так, 60 кг бумажной макулатуры сохраняет от вырубки одно дерево, которое вырастает за 60–70 лет. При использовании в производстве стали 1 т черного металлолома отпадает необходимость в 3 т руды, 1 т коксующегося угля, 1 т известняка и 3 т энергетических углей. Соответственно сокращаются необходимые мощности рудников и шахт, обогатительных и агломерационных фабрик, коксохимических производств и доменных цехов и одновременно исключаются многие неблагоприятные воздействия на природу. Выплавка 1 т алюминия из алюминиевого лома в 35 раз сокращает потребление энергии по сравнению с получением того же количества алюминия из глинозема.

Использование ресурсосберегающих малоотходных технологий. В ряде случаев оказывается целесообразной замена традиционных решений новыми, технически более совершенными. Так, в качестве сырья для приготовления фосфорной кислоты и фосфорных удобрений на ее основе используют апатитовый концентрат, содержащий, кроме фосфата кальция, также фторид кальция, стронций и редкоземельные элементы. Традиционная технология получения экстракционной фосфорной кислоты заключается в обработке апатита серной кислотой. При этом образуется фосфорная кислота и многотоннажный отход – фосфогипс, количество которого составляет от 4,3 до 6 т на 1 т P_2O_5 в фосфорной кислоте. С этим трудно утилизируемым отходом бесследно теряются стронций, редкоземельные элементы и большая часть фтора. В фосфогипсе же переходит кальций из апатита и сульфат-ион из серной кислоты.

Более прогрессивным оказывается разложение апатитового концентрата азотной кислотой. При этом образуется фосфорная кислота и нитрат кальция, являющийся ценным удобрением. Из раствора фосфорной кислоты возможно полное извлечение стронция, редкоземельных элементов и фтористых соединений с получением ценных товарных продуктов.

При создании подобных технологий возникает общая проблема, связанная с выявлением в традиционных технологиях «узких мест», которые в той или иной мере определяют причины экологического и экономического ущерба. Соответствующие знания позволяют осуществить разработку мероприятий по устранению таких «узких мест».

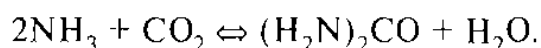
Так, непрерывная разливка жидких металлов позволяет существенно сократить энерго- и трудозатраты, избавляет от необходимости повторной переработки концевых участков слитков, обеспечивает стабильное и равномерное качество металла и делает возможным эффективное ресурсосберегающее комбинирование разливки и обработки металлов давлением.

В химической технологии весьма перспективно использование селективных катализаторов, направляющих превращение исходного сырья только в целевой продукт и предотвращающих образование не представляющих ценности побочных продуктов. При этом улучшается использование исходного сырья, сокращаются затраты на очистку конечного целевого продукта, отпадает необходимость утилизировать побочные продукты — отходы производства.

Безотвальное земледелие позволяет устранить причины истощения земли и предотвратить окисление растительных остатков предыдущих урожаев, которые при безотвальной обработке превращаются в плодородный гумус.

В ряде случаев ресурсосбережение достигается за счет использования более совершенного оборудования. Так, применение сельскохозяйственной техники с низким удельным давлением на грунт позволяет сохранять плодородие почвы. При этом не происходит снижения воздухопроницаемости грунта, ухудшающего дыхание корневой системы растений.

Нередко значительного эффекта можно достичь при улучшении конструкции действующих аппаратов. Так, при синтезе карбамида используются пустотелые колонные реакторы, в которые снизу подается сырье (смесь аммиака и диоксида углерода), а сверху отводятся продукты реакции. Процесс синтеза карбамида обратим:



Плотность смеси карбамида и воды больше, чем плотность смеси аммиака и диоксида углерода. Поэтому в колонне возникает так называемое «продольное перемешивание» — происходит циркуляция, в результате которой более тяжелые продукты реакции опускаются в нижнюю часть аппарата, где смешиваются с сырьем, что из-за обратимости реакции уменьшает степень превращения сырья в конечные продукты, а более легкое, непрореагировавшее сырье поднимается вверх и отводится вместе с готовым продуктом. Таким образом ухудшается использование сырья и увеличиваются затраты на извлечение непрореагировавшего сырья из готовой продукции. Установка в реакторе перфорированных тарелок ограничивает зону перемешивания и обращает аппарат в реактор идеального вытеснения. В результате значительно увеличивается степень конверсии сырья в целевой продукт, что позволяет значительно увеличить производительность аппарата при неизменной конверсии сырья.

Существенный экологический эффект дает применение дизельного двигателя вместо карбюраторного, работающего на бензине. Так, если принять для автомобилей с карбюраторным двигателем расход бензина на 100 км за 100%, то при использовании дизельного двигателя и таком же пробеге расход дизельного топлива составит 62–65% этой величины.

При использовании химически и термически обработанной древесины вместо обычной деловой срок службы ее увеличивается в 4 раза, а механическая прочность в 1,5–2 раза. И хотя обработанная древесина дороже обычной в 1,5 раза, ее применение дает большой экономический и экологический эффект благодаря сокращению вырубки лесов и уменьшению количества отходов.

Примером эффективной ресурсосберегающей технологии является так называемое «сухое тушение кокса». После завершения коксования угля из печи выдается кокс с температурой около 1000 °С. Обычно для охлаждения кокс заливают водой, что сопровождается его разрушением из-за тепловых напряжений, возникающих при резком охлаждении кусков. В атмосферу при этом выбрасывается водяной пар, загрязненный многочисленными токсичными веществами. При сухом тушении через слой раскаленного кокса прокачивается инертный газ, поступающий затем в парогенератор, где за счет теплоты газа образуется перегретый до 400 °С пар давлением 2,5–3 МПа в количестве 0,5 т на 1 т охлажденного кокса. Чтобы получить то количество теплоты и электроэнергии, которое ежегодно производится в СНГ на установках сухого тушения кокса, надо было бы израсходовать более 1 млн т высококачественных энергетических углей.

Действующая аппаратура может быть использована и для переработки отходов других производств. Опасным видом твердых отходов являются резинотехнические отходы, например изношенные шины. На Западно-Сибирском металлургическом комбинате освоена технология термического разложения этих отходов в смеси с коксуемым углем. При этом отпадает необходимость в сооружении специальной установки для термического разложения отходов, увеличивается выход металлургического кокса и улучшается его качество, увеличивается выработка ценных химических продуктов коксования.

Технологии, бережно охраняющие окружающую природную среду, могут быть найдены и в других отраслях хозяйственной и иной деятельности. Однако их общее количество остается незначительным. Поэтому специалисты различного профиля, используя современные достижения науки и техники, должны еще много сделать для решения задач рационального природопользования, обеспечивающего устойчивое развитие человеческого общества.

Контрольные вопросы

1. Какие задачи могут быть решены при рациональном природопользовании?
2. В чем заключается отличие ресурсосберегающих технологий от традиционных?
3. По каким признакам осуществляется классификация природных ресурсов?
4. В чем состоит эколого-экономическая оценка природных ресурсов?
5. В каких направлениях развивается рациональное использование природных ресурсов?
6. Какова структура топливно-энергетических ресурсов в настоящее время и в будущем?
7. Каковы ресурсы руд металлов, обеспечивающих развитие металлургии?

Глава 10. ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Одним из основных принципов охраны окружающей среды является научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства, обеспечивающих устойчивое развитие. Это сочетание не может быть

достигнуто без регулирования техногенного воздействия на окружающую среду и происходящих в ней процессов, т. е. без управления качеством окружающей среды. Необходимость этого управления определяется тем, что неблагоприятные последствия изменения ее компонентов могут прямо или косвенно (например, за счет влияния на состояние здоровья населения) нарушить условия функционирования хозяйственных систем, что, в свою очередь, может привести к значительным социальным и экономическим потерям.

Под управлением обычно понимают целенаправленное воздействие, обеспечивающее достижение должного состояния системы. Управление в сфере охраны окружающей среды основано на системе правовых норм, государственных, общественных, административных, хозяйственных, технических и социально-экономических мероприятий. Главной целью этого управления является поддержание состояния окружающей среды, благоприятного для хозяйствования и жизнедеятельности людей.

10.1. Оценка воздействия на окружающую среду.

Экологическая экспертиза и экологический аудит

Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» устанавливает презумпцию экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности. Это означает, что инициатор любой деятельности должен доказывать ее экологическую безопасность. Поэтому проектная документация на новое строительство, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию предприятий должна в обязательном порядке содержать экологическое обоснование предлагаемых проектных решений.

Экологическое обоснование — это совокупность доводов и научных прогнозов, позволяющих оценить риск намечаемой деятельности как для экосистем, так и для человека. Экологическое обоснование включает процедуру *оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС)* и разработку раздела «Охрана окружающей среды» в проектной и иной документации.

Обязательным является и проведение *государственной экологической экспертизы*, являющейся в настоящее время одним из главных инструментов государственной экологической политики и управления природопользованием в России. Объектами государственной экологической экспертизы становятся любые проектные и предпроектные документы, новая техника и технологии, продукция, сырье, материалы, а также проекты стандартов и нормативов.

ОВОС — это определение характера, степени и масштаба воздействия объекта хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и последствий этого воздействия. ОВОС в обязательном порядке выполняется при строительстве новых промышленных объектов и перепрофилировании существующих предприятий с изменением сырьевой базы, выпускаемой продукции или с дополнительным землеотводом.

Важно отметить, что проведение ОВОС должно осуществляться при разработке предпроектной и проектной документации всех альтернативных вариантов достижения целей намечаемой хозяйственной деятельности. При проведении ОВОС допускается участие общественных объединений.

В процессе проведения ОВОС решаются следующие задачи:

- выявление возможности дополнительной нагрузки на окружающую среду по данной территории;
- определение допустимых масштабов вовлечения в переработку природных ресурсов на данной территории;
- анализ альтернативных путей улучшения экологической обстановки, в том числе за счет уменьшения техногенной нагрузки от других источников;
- прогноз экологических, социально-экономических и других последствий реализации намечаемой деятельности на рассматриваемой территории за определенный период времени.

В соответствии с Законом «Об экологической экспертизе» запрещается деятельность, последствия которой непредсказуемы для сохранения природной среды, а также реализация проектов, которые могут привести к деградации естественных экологических систем, уничтожению генетического фонда растений, животных и других организмов.

Раздел «Охрана окружающей среды» проектной документации должен включать расчет ущерба природной среде и оценку проектных решений по следующим направлениям:

- охрана атмосферного воздуха;
- охрана поверхностных и сточных вод;
- размещение и утилизация отходов производства;
- охрана земель, недр и их рекультивация;
- охрана растительного и животного мира.

Результаты проведения ОВОС и проектная документация проходят экспертизу в природоохранных органах и органах санэпиднадзора.

Важно подчеркнуть, что государственная экологическая экспертиза должна предшествовать принятию хозяйственных решений. Это позволяет еще на стадии планирования и проектирования предупредить негативные последствия намечаемой деятельности и дать рекомендации по их устранению. Финансирование работ по всем программам и проектам должно осуществляться только после положительного заключения государственной экологической экспертизы.

Тем не менее механизм экологической экспертизы в Российской Федерации еще далек от совершенства. Окончательно не решены проблемы экологической экспертизы военных объектов и объектов утилизации вооружений.

Особое место в системе управления качеством окружающей среды занимает *экологический аудит*, сущностью которого является проведение ревизии деятельности действующего предприятия с целью разработки для него четко сформулированной стратегии решения природоохранных проблем, а также определение средств ее реализации.

С точки зрения повышения эффективности системы управления качеством окружающей среды экологический аудит имеет преимущество перед системой государственного контроля, поскольку связан с добровольно принятым решением о совершенствовании предприятием своей природоохранной деятельности. Экологический аудит предполагает глубокий комплексный анализ основной деятельности предприятия, прямого и косвенного влияния этой деятельности на окружающую среду. Для этой цели необходим не только анализ документации, но и непосредственное изучение состояния и организации деятельности на предприятии, анализ фактической организации технологических процессов, проведение бесед с персоналом для определения степени их подготовки к действиям в штатных и экстремальных ситуациях.

Таким образом, отличительной особенностью экологического аудита оказывается проведение основной работы на конкретном действующем предприятии аудиторской группой, состоящей из специалистов высокой квалификации, имеющих соответствующую подготовку и опыт работы. Вся полученная в процессе аудита информация носит конфиденциальный характер, а составленное аудиторское заключение передается только руководству предприятия. В заключении содержится полный анализ и обоснованные выводы о характере и причинах негативного воздействия на окружающую среду в результате хозяйственной или иной деятельности конкретного предприятия (цеха, производства), стратегии природоохранной

деятельности предприятия, ее технической, финансовой и кадровой обеспеченности, а также соответствия законодательству, нормам и стандартам.

Российские стандарты по экологическому аудиту включают методические материалы по принципам экологического аудита (ГОСТ Р ИСО 14010–98), процедуре аудита систем экологического управления (ГОСТ Р ИСО 14011–98) и квалификационные требования к специалистам по экологическому аудиту (ГОСТ Р ИСО 14012–98). Эти документы по сути являются аналогичными текстам международных стандартов ISO.

В отличие от государственной экспертизы и контроля аудит проводится специальными фирмами, имеющими лицензию на этот вид деятельности. Принцип действия аудиторских фирм — полная независимость от каких-либо государственных органов и должностных лиц при подготовке заключений, осуществление своей деятельности в полном соответствии с национальным законодательством, российскими и международными стандартами.

10.2. Нормирование в области охраны окружающей среды

В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду. Состояние окружающей среды определяется биологическими, химическими, физическими и другими показателями, характеризующими состояние ее компонентов: земель, недр, почв, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, а также озонового слоя атмосферы и околоземного космического пространства. Под благоприятной окружающей средой понимают такое ее качественное состояние, которое обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов.

Основными причинами ухудшения состояния среды обитания человека, нарушения функциональной целостности экосистем, истощения возобновляемых природных ресурсов являются антропогенные воздействия на окружающую природную среду, проявляющиеся в виде поступления загрязняющих веществ, изъятия природных ресурсов, разрушения сложившихся природных структур.

Источниками поступления загрязняющих веществ в окружающую среду, связанными с антропогенной деятельностью, являются:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу промышленными, энергетическими, транспортными и другими объектами;

- сбросы сточных вод в водные объекты;
- внесение в почвенный слой загрязняющих и биогенных веществ вместе с удобрениями и ядохимикатами при сельскохозяйственной деятельности;
- захоронение и складирование промышленных и коммунальных отходов (свалки, могильники, шламохранилища и т. п.);
- поступление загрязняющих веществ в геологическую среду через скважины и другие геотехнические сооружения;
- техногенные аварии на потенциально опасных объектах.

Загрязняющие вещества, поступившие в окружающую среду, в дальнейшем распространяются в биосфере по законам атмосферного переноса и геохимической миграции. Поэтому загрязнение окружающей среды, обусловленное антропогенной деятельностью, необходимо рассматривать с позиций геосистемного подхода с учетом миграционных циклов и естественных процессов.

В интересах государственного регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности, осуществляется *нормирование в области охраны окружающей среды*. Оно заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, а также государственных стандартов и других нормативных документов.

Чем меньше пороговая величина экологических нормативов, тем выше качество окружающей среды. Однако ужесточение экологических нормативов требует больших затрат, более эффективных технологий и высокочувствительных средств контроля. Поэтому разработка нормативов предусматривает проведение научно-исследовательских работ по их обоснованию на базе современных достижений науки и техники, учет международных правил и стандартов в области охраны окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки состояния окружающей среды и определения допустимого воздействия на окружающую среду в целях сохранения природных объектов, генетического фонда животных, растений и других живых организмов. Оценка состояния компонентов природной среды и природных объектов производится по химическим, физическим, биологическим и другим показателям.

Химические показатели включают нормативы *предельно допустимых концентраций* (ПДК) химических веществ, в том числе радио-

активных. Физические показатели отражают уровни радиоактивности, тепловых и электромагнитных излучений, шума и других параметров. В состав биологических показателей входят нормативы предельно допустимых концентраций микроорганизмов, а также виды и группы растений, животных и иных живых организмов, являющихся индикаторами качества окружающей среды.

ПДК — это количество загрязнителя в воздушной или водной среде, почве, которое при постоянном или временном воздействии на человека и другие живые организмы не вызывает неблагоприятных последствий.

В частности, для нормирования содержания загрязняющих веществ в атмосфере установлены два норматива — разовая и среднесуточная ПДК. Максимально разовая предельно допустимая концентрация ($\text{ПДК}_{\text{мр}}$, мг/м^3) при вдыхании в течение 20 мин не должна вызывать в организме человека рефлекторных реакций (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.). Предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязняющего вещества ($\text{ПДК}_{\text{ср}}$, мг/м^3) не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно продолжительном вдыхании.

Значения ПДК наиболее часто встречающихся загрязнителей атмосферного воздуха приведены в табл. 10.1.

При содержании в воздухе нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия, например диоксидов серы и азота, диоксида серы и фенола, сумма их фактических концентраций, отнесенных к соответствующим максимально разовым ПДК, не должна превышать единицы.

При установлении нормативов качества окружающей среды учитываются природные особенности территорий и акваторий, в пределах которых расположены природные объекты, а также их целевое использование. Более строгие нормативы устанавливаются для особо охраняемых природных территорий, природных комплексов, природных ландшафтов и природных объектов.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду устанавливаются для юридических и физических лиц-природопользователей в целях предотвращения негативных воздействий на окружающую среду при осуществлении ими хозяйственной и иной деятельности. Состав и содержание этих нормативов приведен в табл. 10.2. Выполнение нормативов допустимого воздействия на окружающую природную среду должно обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды с учетом природных особенностей терри-

Таблица 10.1

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов

Вещество	Максимально разовая, мг/м ³	Среднесуточная, мг/м ³	Класс опасности
Азота оксид	0,4	0,06	3
Азота диоксид	0,085	0,04	2
Аммиак	0,2	0,04	4
Ацетон	0,35	0,35	4
Бензол	1,5	0,1	2
Бенз(а)пирен	—	0,000001	1
Пыль нетоксичная	0,5	0,15	3
Сероводород	0,008	—	2
Сероуглерод	0,03	0,005	2
Серы диоксид	0,5	0,05	3
Углерода оксид	5,0	3,0	4
Фенол	0,01	0,003	2
Формальдегид	0,035	0,003	2
Хлор	0,1	0,03	2

Таблица 10.2

Состав и содержание нормативов допустимого воздействия на окружающую среду

Предмет нормирования	Содержание
Допустимые выбросы и сбросы химических, в том числе радиоактивных, и иных веществ и микроорганизмов	Установленные для конкретных субъектов хозяйственной деятельности показатели массы химических, в том числе радиоактивных, и иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду в установленном режиме от стационарных и иных источников, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды; устанавливаются исходя из нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду, нормативов качества окружающей среды и технологических нормативов на допустимые выбросы (сбросы)

Предмет нормирования	Содержание
Отходы и лимиты на их размещение	Установленные для конкретных субъектов хозяйственной деятельности показатели массы и объема отходов, которые допускается размещать в установленный период времени; место их размещения, предельные размеры выделяемой площади, способы и условия размещения отходов и другие показатели, связанные с предотвращением негативного влияния отходов на состояние окружающей среды
Допустимые физические воздействия: количества тепла, уровни шума, вибраций, ионизирующих излучений, напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий	Уровни допустимого воздействия физических факторов на окружающую среду, при соблюдении которых обеспечиваются установленные нормативы качества окружающей среды; устанавливаются для каждого источника этого воздействия исходя из нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду с учетом влияния других источников физических воздействий
Допустимое изъятие компонентов природной среды	Устанавливается с целью регулирования объемов использования природных ресурсов в целях сохранения природных объектов и обеспечения устойчивого функционирования естественных экологических систем
Допустимая антропогенная нагрузка на окружающую среду	Величины совокупного воздействия хозяйствующих субъектов на окружающую среду и на отдельные ее компоненты в границах конкретной территории, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем; устанавливаются в целях оценки и регулирования воздействия на окружающую среду стационарных и иных источников, принадлежащих субъектам хозяйственной и иной деятельности, а также их совокупности в пределах конкретных территорий и (или) акватории; устанавливаются по каждому виду воздействия и по совокупности всех его источников

торий и акваторий. Технологические нормативы на допустимые выбросы и сбросы устанавливаются для стационарных и иных источников на основе использования наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) или предельно допустимый сброс (ПДС) — это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени может быть выброшено конкретным предприятием в атмосферу или сброшено в водоем без превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

При невозможности соблюдения нормативов допустимых выбросов и сбросов могут устанавливаться *лимиты на выбросы и сбросы* на основе разрешений, действующих только на период проведения мероприятий в области охраны окружающей среды, внедрения наилучших существующих технологий и реализации других природоохранных проектов, направленных на поэтапное достижение установленных нормативов допустимых выбросов и сбросов. Выдача указанных разрешений допускается только при наличии планов снижения выбросов и сбросов, согласованных со специально уполномоченным федеральным органом в области охраны окружающей среды.

Комплексной характеристикой допустимого воздействия на окружающую среду является *предельно допустимая антропогенная нагрузка (ПДН)* — максимально возможные воздействия на природные комплексы и природные ресурсы, не приводящие к нарушению устойчивости экологических систем. Потенциальная способность природной среды выдерживать ту или иную антропогенную нагрузку без нарушения основных функций экосистем определяется термином «экологическая емкость территории». Региональное природопользование должно в обязательном порядке строиться с учетом предельно допустимой нагрузки на территориальные природные комплексы.

10.3. Экологический мониторинг

Целевые параметры принятой Россией и мировым сообществом модели устойчивого развития включают социальную, экономическую и экологическую компоненты. Последняя характеризуется макропоказателями состояния природной среды и ее изменений под влиянием антропогенных факторов.

Решения органов государственного управления, направленные на нормализацию экологической обстановки, обеспечение экологи-

ческой безопасности и экологического благополучия населения должны быть адекватны этой обстановке. Обоснованность и оперативность этих решений определяется наличием объективной и своевременной информации о текущей и прогнозируемой экологической обстановке.

Под *экологической безопасностью* понимают состояние, при котором обеспечена защищенность интересов личности, общества, природы и государства от потенциальных угроз, создаваемых антропогенным или естественным воздействием на окружающую среду. Механизмом, обеспечивающим вскрытие реальных взаимосвязей источников деформации окружающей природной среды, условий проживания и состояния здоровья населения, является система мониторинга.

Экологический мониторинг (мониторинг окружающей среды) — это комплексная система выполняемых по научно обоснованным программам взаимосвязанных работ по регулярному наблюдению за состоянием окружающей среды, оценке и прогнозу ее изменений под влиянием естественных и антропогенных факторов.

На основе данных экологического мониторинга производится выработка рекомендаций и вариантов управленческих решений, направленных на обеспечение рационального природопользования, экологической безопасности и экологического благополучия населения.

Приведенное определение включает содержание, предмет и цели экологического мониторинга.

Содержание:

- регулярные наблюдения по научно обоснованной программе, включающие инструментальные измерения;
- оценка и прогноз;
- рекомендации и проекты управленческих решений.

Предмет:

- окружающая среда;
- природные ресурсы;
- источники антропогенных воздействий на природную среду.

Цели:

- экологическая безопасность;
- экологическое благополучие;
- рациональное природопользование.

Основной задачей экологического мониторинга является предоставление органам государственной власти и местного самоуправления, организациям и гражданам своевременной, регулярной и

достоверной информации о состоянии окружающей среды и ее влиянии на здоровье населения, а также прогнозов изменения экологической обстановки, для разработки и реализации мер по оздоровлению природной среды и обеспечению экологической безопасности. Данные мониторинга являются основой информационной поддержки принятия решений, расстановки приоритетов в области природоохранной деятельности с целью выработки экономической политики, адекватно учитывающей экологические факторы.

Система экологического мониторинга представляет собой совокупность взаимно увязанных нормативно-правовых актов, структур управления, научных организаций и предприятий, технических и информационных средств.

Объектами экологического мониторинга являются:

- *компоненты природной среды* — земли, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, уровни радиационного и энергетического загрязнения, а также озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле;
- *природные объекты* — естественные экологические системы, природные ландшафты и составляющие их элементы;
- *природно-антропогенные объекты* — природные объекты, преобразованные в процессе хозяйственной деятельности, и объекты, созданные человеком и имеющие рекреационное и защитное значение;
- *источники антропогенного воздействия* на природную среду, включая потенциально опасные объекты.

Поскольку информация о состоянии окружающей природной среды в первую очередь используется для оценки влияния среды обитания на состояние здоровья населения, часто в число объектов мониторинга включают также и *группы населения*, испытывающие воздействие факторов окружающей среды.

Мониторинг природных сред и объектов осуществляется на различных уровнях:

- глобальном (в рамках международных программ и проектов);
- федеральном (для территории России в целом);
- территориальном (в пределах территории соответствующего субъекта Российской Федерации);
- локальном (в пределах природно-техногенной системы, находящейся в распоряжении у природопользователя, получившего лицензию на тот или иной вид деятельности).

Задачей *глобального мониторинга* является обеспечение наблюдений, контроля и прогноза изменений в биосфере в целом. Поэтому иногда его называют биосферным, или фоновым, мониторингом.

Разработка и координация глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС) осуществляется ЮНЕП и Всемирной метеорологической организацией в рамках различных международных программ и проектов. Основными целями этих программ являются:

- оценка влияния глобального загрязнения атмосферы на климат;
- оценка загрязнения Мирового океана и влияния загрязнения на морские экосистемы и биосферу;
- оценка критических проблем, возникающих в связи с сельскохозяйственной деятельностью и землепользованием;
- создание международной системы предупреждения о стихийных бедствиях.

Для оценки изменений биосферы под воздействием антропогенных факторов необходимо иметь информацию о первоначальном состоянии объектов окружающей среды (до начала антропогенного воздействия). В большинстве случаев картина может быть реконструирована по результатам наблюдений, полученным в местах, удаленных от всех источников загрязнений.

В настоящее время создана мировая сеть станций фонового мониторинга, на которых осуществляется слежение за определенными параметрами состояния компонентов природной среды во всех типах экосистем. Станции комплексного фонового мониторинга России расположены в шести биосферных заповедниках и являются частью глобальных международных наблюдательных сетей.

При выполнении программ глобального мониторинга особое место занимает наблюдение за состоянием окружающей среды из космоса. Системы космического дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) позволяют получать уникальную информацию о функционировании различных экосистем на региональном и глобальном уровнях, а также о последствиях стихийных бедствий и экологических катастроф.

Примером программы глобального мониторинга может служить система Environmental Observation System (EOS), реализуемая в США и рассчитанная на 15 лет. В ее основе лежит обработка данных, получаемых с трех спутников, оснащенных видеоспектрометрами, радиометрами, радарами, радиовысотомерами и другой аппаратурой. EOS создается как многофункциональная информационная система, анализ данных которой позволит понять функционирование

Земли как природного комплекса «атмосфера—гидросфера—криосфера—биосфера», а также выявить пределы его изменчивости.

Государственный экологический мониторинг в России ведется по следующим объектам: атмосферный воздух; водные объекты; объекты животного мира; леса; геологическая среда; земли; особо охраняемые природные территории; источники антропогенного воздействия.

Наблюдение, оценка и прогноз состояния отдельных компонентов природной среды и источников антропогенного воздействия осуществляются в рамках соответствующей *функциональной подсистемы экологического мониторинга*. Организация мониторинга в рамках функциональной подсистемы возлагается на соответствующие федеральные ведомства, специально уполномоченные Правительством России.

Объекты мониторинга в указанных подсистемах и государственные уполномоченные органы приведены в табл. 10.3.

Функциональные подсистемы мониторинга состояния атмосферного воздуха, загрязнения почв, поверхностных вод суши и морской среды (в составе мониторинга поверхностных водных объектов) объединены в **Государственную службу наблюдения за загрязнением окружающей природной среды (ГСН)**, действующую в России уже больше четверти века. Ее организационную основу составляет система мониторинга Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу природной среды. Ее организационную основу составляет система мониторинга Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в состав которой входят территориальные органы (управления) и наблюдательная сеть, состоящая из стационарных и передвижных постов, станций, лабораторий и центров обработки информации.

Обобщенные данные, полученные Государственной службой наблюдений, публикуются в ежегодном Государственном докладе о состоянии окружающей природной среды и влиянии факторов среды обитания на здоровье населения России.

В настоящее время система мониторинга ГСН осуществляет наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха в городах и промышленных центрах и почв пестицидами и тяжелыми металлами, состоянием поверхностных вод суши и морей, трансграничным переносом загрязняющих атмосферу веществ, химическим составом и кислотностью атмосферных осадков и снежного покрова, фоновым загрязнением атмосферы, радиоактивным загрязнением природной среды.

Таблица 10.3

**Направления Государственного экологического мониторинга
и функциональные подсистемы**

Объекты мониторинга	Уполномоченный государственный орган
Загрязнение атмосферы, поверхностных вод суши, морской среды, почв, радиационный и комплексный фон	Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
Состояние и использование земель, плодородие земель сельскохозяйственного назначения	Федеральное агентство по сельскому хозяйству
Геологическая среда: полезные ископаемые, экзогенные и эндогенные геологические процессы, объекты недропользования, подземные воды	Федеральная служба по надзору в сфере природопользования
Водная среда водохозяйственных систем в местах водозабора и сброса сточных вод	Федеральное агентство водных ресурсов
Леса и растительный мир на землях лесного фонда	Федеральное агентство лесного хозяйства
Животный и растительный мир суши (кроме лесов)	Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору
Особо охраняемые природные территории	Федеральная служба по надзору в сфере природопользования
Источники загрязнения окружающей природной среды и зоны их прямого воздействия	Федеральная служба по надзору в сфере природопользования Федеральная служба в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Потенциальные источники экологических аварий и катастроф. Радиационно опасные объекты	Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору
Факторы среды обитания и состояние здоровья населения	Федеральная служба в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Весь комплекс работ в ГСН, начиная с планирования расположения наблюдательной сети и кончая алгоритмами обработки информации, регламентируется соответствующими нормативно-методическими документами.

Следует более подробно охарактеризовать *Государственную систему мониторинга загрязнения атмосферы*. Наблюдения за уровнем

загрязнения воздуха в городах и промышленных центрах России выполняют территориальные управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Совместно с ними наблюдения осуществляются органами санитарно-эпидемиологического надзора и другими ведомствами, имеющими лицензии. Наблюдения производятся на стационарных, маршрутных и передвижных постах по полной программе 4 раза в сутки или по сокращенной — 3 раза в сутки. Пробы воздуха отбираются в поглотительные приборы и на аэрозольные фильтры для последующего определения концентраций различных примесей. Затем отобранные пробы пересылаются в городские или областные лаборатории мониторинга загрязнения окружающей среды для проведения лабораторного анализа.

Перечень подлежащих контролю загрязняющих веществ устанавливается с учетом объема и состава выбросов для каждого района в результате предварительного обследования. Определяются концентрации как основных для всех территорий загрязнителей (взвешенные вещества, оксид углерода, оксид и диоксид азота, диоксид серы), так и специфических для отдельных территорий веществ (аммиак, формальдегид, фенол, сероводород, сероуглерод, фтористый водород, акролеин, бенз(а)пирен, тяжелые металлы, ароматические углеводороды и др.). Одновременно с отборами проб воздуха проводится определение метеорологических параметров: направления и скорости ветра, температуры и влажности воздуха, состояния погоды, а также уровня гамма-фона. Сбор и обработка результатов большинства анализов осуществляется в течение суток.

В случае неблагоприятных с точки зрения рассеивания загрязняющих веществ метеоусловий на наиболее крупные предприятия региона передаются так называемые «штормовые предупреждения» для проведения мероприятий по временному сокращению выбросов.

Общее руководство созданием и ведением *государственного мониторинга геологической среды (включая подземные воды)* на территории регионов осуществляют подразделения гидрогеологических работ и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов. В их функции входит:

- подготовка многолетних и ежегодных территориальных программ мониторинга геологической среды;
- обобщение информации о состоянии геологической среды на территории, передача информации на вышестоящие уровни, а также в органы исполнительной власти;
- систематизация и анализ информации о состоянии подземной гидросферы и водных объектов;

- ведение информационных баз данных о водных объектах и объектах мониторинга подземных вод;
- подготовка материалов для лицензирования добычи подземных вод;
- контроль за охраной подземных вод и за выполнением недропользователями лицензионных соглашений.

Наблюдения за состоянием подземной гидросферы осуществляются на постах, расположенных на природных, подземных, водных объектах и на полигонах при природно-техногенных объектах.

С целью интеграции существующих в России ведомственных служб наблюдения за состоянием окружающей среды, а также их методологического, метрологического и информационного сопряжения, Правительство Российской Федерации в ноябре 1993 г. приняло постановление «*О создании Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ)*».

ЕГСЭМ должна быть создана на базе и с максимальным использованием потенциала существующих ведомственных служб мониторинга окружающей среды, включая службу наблюдения за загрязнением окружающей среды Росгидромета, службу мониторинга водных объектов и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации, службу мониторинга земель Роскомзема и др.

В состав ЕГСЭМ должны входить:

- функциональные подсистемы, осуществляющие ведение мониторинга отдельных компонентов окружающей природной среды и источников антропогенного воздействия;
- федеральный и территориальные *информационно-аналитические центры*, осуществляющие обобщение информации функциональных подсистем и оценку состояния окружающей природной среды в пределах природно-территориальных комплексов (геоэкосистем), территории субъектов Российской Федерации и страны в целом.

Однако многочисленные реорганизации природоохранных ведомств, происходившие после 1993 г., привели к тому, что акцент в создании ЕГСЭМ был перенесен с федерального на территориальный уровень. В настоящее время в половине субъектов Российской Федерации развернуты работы по созданию территориальных подсистем ЕГСЭМ. Более чем в 20 регионах созданы региональные информационно-аналитические центры мониторинга (РИАЦ), оснащенные современными компьютерными технологиями (включая технологии геоинформационных систем). Налаживается обмен ин-

формацией между территориальными ведомственными службами наблюдения и контроля. Примерная организационная структура и

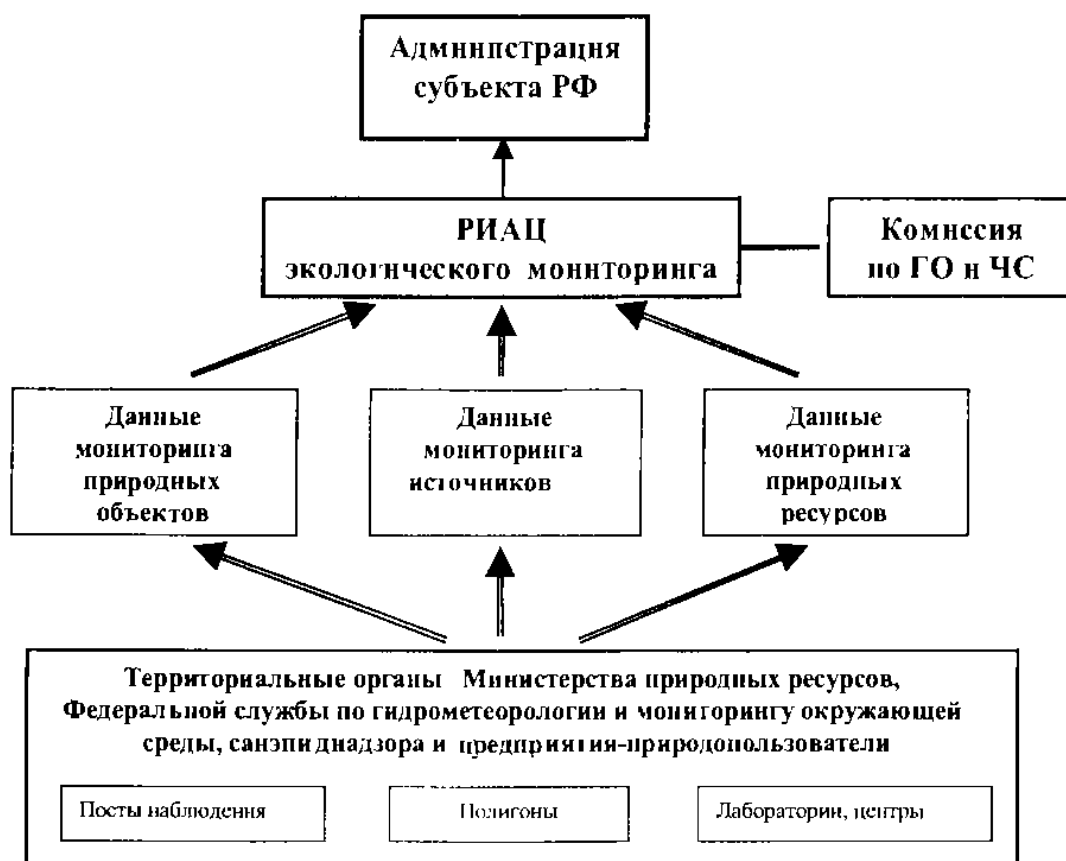


Рис. 10.1. Структура ЕГСЭМ на территориальном уровне

виды информационных потоков на территориальном уровне ЕГСЭМ приведены на рис. 10.1.

Экологический мониторинг на территориальном уровне включает следующие виды наблюдений (рис. 10.2):

- *мониторинг эмиссий* — мониторинг источника (или вида деятельности), осуществляющего отрицательное воздействие на окружающую природную среду (выделение загрязняющих веществ, электромагнитное излучение, шум и т. п.);
- *импактный мониторинг* — наблюдения за воздействием на окружающую природную среду, связанные с контролем определенного источника или вида антропогенной деятельности (в частности, мониторинг зон прямого воздействия);
- *мониторинг природной среды и экосистем* — наблюдения за состоянием компонентов природной среды, природных ресурсов,

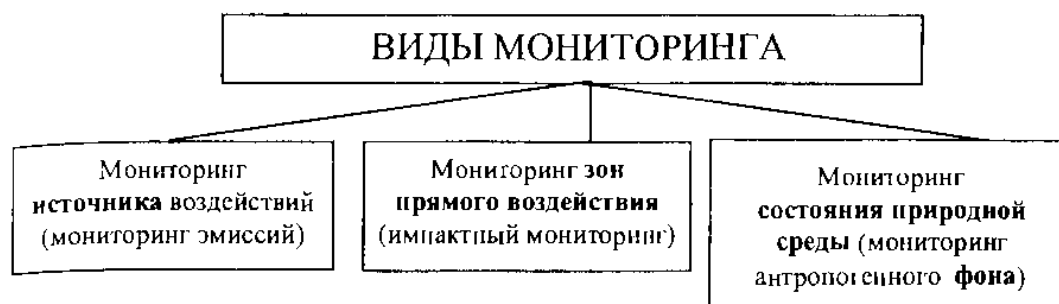


Рис. 10.2. Виды экологического мониторинга

природно-технических систем, природных комплексов, био-объектов и экосистем, а также за антропогенными воздействиями на них всей совокупности действующих источников и видов деятельности (мониторинг антропогенного фона).

На территориальном уровне особую важность приобретает *мониторинг источников загрязнения* окружающей среды и зон их прямого влияния. Этот вид мониторинга, в отличие от прочих, непосредственно связан с управлением источниками загрязнений и обеспечением экологической безопасности населения. Объектами мониторинга здесь являются источники поступления загрязнений в окружающую среду, принадлежащие промышленным, сельскохозяйственным, транспортным и другим предприятиям, а также места размещения (складирования, захоронения) токсичных отходов. На сегодняшний день этот вид мониторинга считается наиболее слабым звеном системы.

Мониторинг реализуется в рамках полномочий природоохранных органов по *государственному экологическому контролю* и осуществляется в виде целевых инспекционных проверок отдельных предприятий, а также комплексных проверок (города, предприятия). Однако количество таких инспекционных проверок ограничено (1–2 в год).

Инструментальный контроль проводит специализированная технологическая инспекция по контролю источников загрязнений с анализом проб — как в стационарных условиях, так и с помощью передвижных лабораторий. Главными задачами технологической инспекции являются контроль выбросов в атмосферу и загрязнения почв, за размещением отходов, за качеством промышленных, хозяйственных, ливневых сточных вод в местах сброса в водные объекты, а также контроль качества рек и водоемов с целью определения влияния на них сбросов сточных вод. Осуществляется также гидробиологический анализ активного ила и биопленки с хозяйственных очистных сооружений для оценки качества их работы.

Инспекция обеспечивает методическое руководство работой лабораторий промышленных предприятий и контроль выполнения согласованных с ней планов-графиков по отбору и анализу проб, а также внешний лабораторный контроль достоверности представляемых службами производственного экологического контроля данных госстатотчетности.

Основной объем наблюдений за источниками реализуется в рамках *производственного экологического контроля*. Нормативные требования к ведению производственного экологического контроля предъявляются государственными природоохранными органами предприятиям-природопользователям путем утверждения графика лабораторного контроля выбросов и сбросов загрязняющих веществ. Таким образом, процедура производственного экологического контроля связана с действующей процедурой утверждения государственными природоохранными органами нормативов предельно допустимых воздействий на окружающую среду, а также с действующим порядком государственной статистической отчетности природопользователей о выбросах и сбросах загрязняющих веществ и о размещении отходов по формам 2-тп. Схема организации мониторинга источников загрязнений показана на рис. 10.3.

Производственный экологический контроль должен обеспечивать:

- получение систематических данных о выбросах, сбросах и состоянии, качестве и количестве размещенных отходов;
- исходные данные к отчетности по формам 2-тп (воздух), 2-тп (водхоз), 2-тп (отходы);
- информацию для оценки соблюдения установленных норм выбросов, сбросов и размещения отходов, а также для анализа причин, вызывающих превышение норм;
- информацию для выработки управляющих воздействий на технологические процессы, влияющие на выбросы и сбросы.

Мониторинг источников загрязнения окружающей природной среды организуется в целях регулярного получения полных и достоверных данных о поступлении загрязнений в окружающую природную среду от точечных (агрегированных) и площадных (распределенных) источников загрязнения, а также для контроля за поэтапным достижением природопользователями установленных им нормативов предельно допустимых воздействий на окружающую среду и других экологических требований.

В заключение следует отметить место системы мониторинга в общей системе управления качеством окружающей среды. Система управления качеством окружающей среды представляет собой зам-



Рис. 10.3. Схема организации мониторинга источника воздействия

кнутую информационно-управляющую систему, в которой роль *объекта управления* играют предприятия-природопользователи, осуществляющие негативное воздействие на среду. Так как в качестве *наблюдаемого объекта* выступает окружающая среда, то роль *системы измерения* возложена на систему мониторинга, а звеном, вырабатывающим управляющие воздействия, являются администрация субъекта Федерации и региональные подразделения федеральных уполномоченных природоохранных органов (рис. 10.4).

Управление качеством окружающей среды заключается в воздействии на природопользователей таким образом, чтобы характеристики качества среды приближались к эталону, определяемому соответствующими нормативами. Управляющие воздействия в этой системе могут быть следующих видов:

- изменение нормативов платы за природопользование, нормативов ПДВ, ПДС; принудительное изменение технологического процесса;

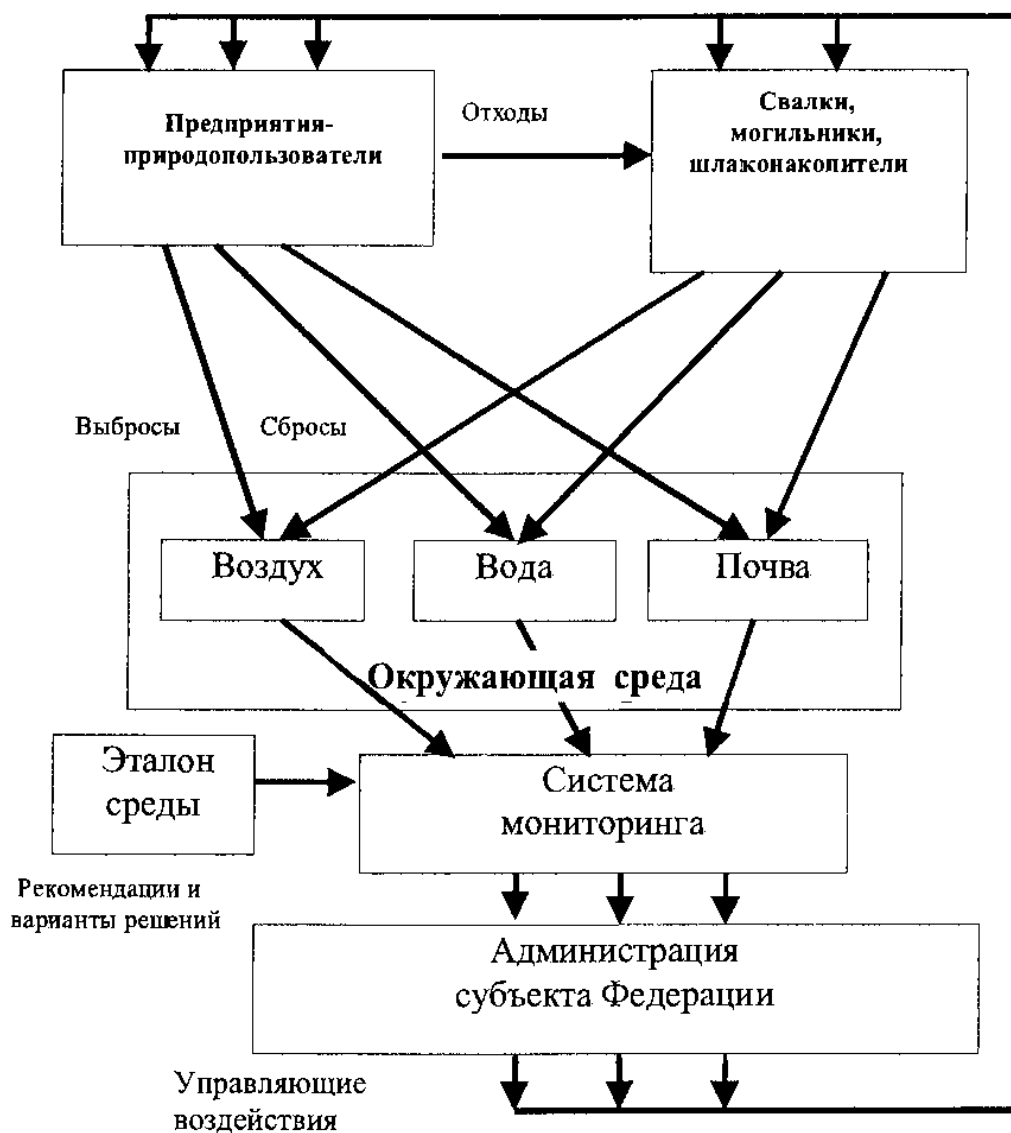


Рис. 10.4. Общая структура системы управления качеством природной среды

- изменение географического положения техногенного объекта (вплоть до выноса производства из города);
- изменение связей между объектами.

Периодичность управляющих воздействий лежит в широком диапазоне — от нескольких лет (при плановом установлении нормативов ПДВ и ПДС) до нескольких часов (при возникновении нештатных ситуаций или при неблагоприятных метеоусловиях).

Таким образом, система мониторинга — это инструмент для получения необходимой информации. Какова будет ее действенность, зависит от правового обеспечения и последовательности органов исполнительной власти в его применении.

10.4. Экологический контроль

С целью обеспечения соблюдения требований охраны окружающей среды, а также норм, правил и государственных стандартов в области охраны окружающей среды субъектами хозяйственной и иной деятельности, оказывающими негативное воздействие на природную среду, реализуется система экологического контроля.

Экологический контроль — это система мер по предотвращению, выявлению и пресечению нарушения законодательства в области охраны окружающей среды. Функционирование системы экологического контроля является важнейшим условием обеспечения экологической безопасности. В Российской Федерации осуществляют-ся государственный, производственный и общественный контроль в области охраны окружающей среды.

Организация *государственного экологического контроля* возложена на специально уполномоченный федеральный орган исполнительной власти, а также органы государственной власти субъектов Российской Федерации. Законодательством запрещено совмещение функций государственного контроля в области охраны окружающей среды и функций управления в области хозяйственного использования природных ресурсов.

Государственный экологический контроль реализуется путем проверок любых организаций и предприятий, независимо от форм собственности, государственными инспекторами в области охраны окружающей среды. Полные проверки охватывают весь круг вопросов, связанных с природоохранной деятельностью. В процессе проведения целевых проверок контролируются отдельные вопросы природоохранной деятельности (работа газо- и водоочистных сооружений, состояние свалок, шламонакопителей, реализация плана природоохранных мероприятий, выполнение ранее выданных предписаний). К целевым проверкам относятся также надзор за ходом строительства и реконструкции объектов, обследование предприятий по заявлениям и обращениям граждан.

Государственные инспекторы в области охраны окружающей среды при исполнении своих должностных обязанностей имеют широкие права и полномочия — от выдачи предписаний юридическим лицам по устранению экологических правонарушений до приостановления деятельности предприятий в случаях нарушения ими природоохранного законодательства.

Производственный экологический контроль осуществляется хозяйствующими субъектами, оказывающими или способными оказать негативное воздействие на состояние окружающей среды. Произ-

водственный экологический контроль ограничен рамками технологического производственного цикла и имеет своей целью подтверждение соблюдения предприятием-природопользователем установленных экологических стандартов, нормативов и правил, а также выполнения мероприятий по охране и оздоровлению окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов.

Эта цель достигается при условии организации эффективного непрерывного контроля установленных показателей по каждому источнику прямого воздействия на окружающую среду, с которым связан экологический риск для окружающей среды (например, в результате нарушения технологического процесса, отступления от расчетного режима эксплуатации оборудования, техногенных аварий и катастроф).

В силу несовершенства существующих методов контроля загрязнителей, оценки их токсичности, распространения в окружающей среде не исключается возможность проявления негативных изменений природных сред под влиянием данного предприятия. С учетом этого законодательством предусмотрена обязанность предприятия-природопользователя по организации контроля качества природных сред в зоне его прямого влияния (локальный экологический мониторинг).

Производственный экологический контроль решает следующие задачи:

- контроль выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод, водопотребления и водоотведения непосредственно на границах технологического процесса для оценки соблюдения нормативов ПДВ, ПДС и эффективности регулирования выбросов в атмосферу в особо неблагоприятных метеоусловиях (НМУ);
- контроль режима работы технологического и вспомогательного природоохранного оборудования и объектов, связанных с образованием, выделением и улавливанием загрязняющих веществ, образованием и складированием отходов; оценка экологической безопасности продукции.

Основными объектами производственного экологического контроля являются:

- сырье, материалы, реагенты, препараты, используемые в производстве;
- источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- источники сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, системы канализации и водоотведения;

- системы очистки отходящих газов;
- системы очистки сточных вод;
- системы оборотного водоснабжения;
- хранилища и склады сырья и материалов;
- объекты размещения и обезвреживания отходов;
- готовая продукция.

В ряде случаев в сферу производственного экологического контроля включаются отдельные природные объекты (контроль теплового и химического загрязнения водоемов и водотоков, грунтовых вод). Контроль опасных отходов организуется на всех этапах обращения с ними: при образовании отходов, их накоплении, транспортировке, переработке и обезвреживании, захоронении, а также после захоронения через наблюдение мест захоронений.

Производственный экологический контроль осуществляется службой охраны окружающей среды. Лаборатории, реализующие функции производственного экологического контроля на предприятии, должны быть аккредитованы и иметь соответствующие лицензии.

Подлежащие контролю источники выбросов вредных веществ в атмосферу и сброса сточных вод в водные объекты определяют на основе установленных нормативов ПДВ и ПДС, а также данных статистической отчетности. Количество источников выбросов и сбросов, перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю, и график контроля предприятия и организации-природопользователи ежегодно согласовывают с территориальными подразделениями федеральных уполномоченных органов. В планах-графиках указываются точки отбора проб, периодичность отбора и перечень контролируемых ингредиентов.

Перечень наиболее опасных загрязняющих атмосферу веществ, подлежащих контролю на источниках, составляют вещества из трех групп:

- основные (пыль, оксид углерода, оксид и диоксид азота, диоксид серы);
- вещества первого класса опасности;
- вещества, для которых по данным наблюдений на контролируемой территории зарегистрирована концентрация более пяти ПДК.

Основным методом контроля выбросов в атмосферу и сброса сточных вод должны быть прямые инструментальные измерения. Оптимальный объем приборного контроля устанавливается с учетом особенностей технологического режима. Для крупных (основных)

источников загрязнения должна быть предусмотрена организация непрерывного автоматического контроля выбросов (сбросов).

Общественный экологический контроль осуществляется с целью реализации прав каждого человека на благоприятную окружающую среду и предотвращения экологических правонарушений. В общественном экологическом контроле участвуют общественные и иные некоммерческие организации (в соответствии с их уставами), а также граждане (в соответствии с законодательством Российской Федерации). Результаты общественного экологического контроля, представленные в органы государственной власти и местного самоуправления, подлежат обязательному рассмотрению.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под «презумпцией экологической опасности» хозяйственной деятельности? Какими законодательными актами она установлена?
2. В каких случаях производится ОВОС?
3. Что является предметом государственной экологической экспертизы?
4. Что такое экологический аудит?
5. Что относится к нормативам качества окружающей среды? Приведите пример норматива качества окружающей среды.
6. Что относится к нормативам допустимого воздействия на окружающую среду?
7. Что такое экологическая безопасность?
8. Сформулируйте содержание и предмет экологического мониторинга.
9. Назовите уровни, направления и виды экологического мониторинга.
10. Чем определяется «эталон среды» в системе экологического мониторинга?
11. Как организуется мониторинг источников антропогенного воздействия?
12. Каковы задачи производственного экологического контроля?
13. Что такое государственный экологический контроль? Как он осуществляется?
14. В чем отличие экологического контроля от экологического аудита?

Глава 11. ОСНОВЫ ЭКОНОМИКИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Научная дисциплина экономика занимается изучением процессов управления хозяйством в материальном производстве и непроизводственной сфере. Целью такого изучения является познание и использование экономических законов для эффективного развития

народного хозяйства в стране и ее регионах, для чего вырабатываются механизмы взаимоотношений государства и субъектов хозяйственной и иной деятельности, закрепленные нормативно-правовыми актами. Экономика природопользования, как раздел этой дисциплины, исследует объективные законы и закономерности развития природы и общества, разрабатывает научно обоснованные методы адаптации социально-экономических систем к биосферным процессам, формируя нормы их взаимодействия.

Как заявила Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию при ООН («комиссия Брутланд»): «Человечество способно сделать развитие устойчивым — обеспечить удовлетворение нужд настоящего, не подвергая риску способность будущих поколений удовлетворять свои потребности». Для того чтобы осуществить такое развитие, как заявила комиссия, «экономика должна удовлетворять нужды и законные желания людей, но ее рост должен вписываться в пределы экологических возможностей планеты». Поэтому задачи, решение которых обеспечивает устойчивое развитие народного хозяйства, исключительно сложны в современном мире. Экономическое развитие не может остановиться, однако оно должно пойти по иному пути, не допускающему столь активного разрушения окружающей среды. Другими словами, экономическое развитие должно осуществляться в условиях ограничений, которые определяются:

- возможностями окружающей среды по природным ресурсам и ее аккумулирующей способности;
- уровнем технологий, зависящих от современных достижений науки и техники;
- степени развития общества, его способностью решать социальные, экономические и экологические проблемы, отражающие национальные особенности, которые в первую очередь связаны с ростом населения, здоровьем экологических систем и др.

С развитием общества и его возможностей рамки ограничений раздвигаются. Однако следует иметь в виду, что сами ограничения при этом не исчезают.

11.1. Социально-экономические аспекты природопользования

Экономика природопользования изучает проблемы наиболее эффективного использования природных ресурсов в хозяйственной и иной деятельности общества, а также методы анализа и обоснования наиболее рациональных технологий, предотвращающих, ми-

нимизирующих или ликвидирующих ущерб от загрязнения окружающей среды. Одновременно с этим она вырабатывает рекомендации по перестройке структур потребления и разработке экологически безопасных продуктов. В сфере экономики можно выделить макроэкономику и микроэкономику.

Макроэкономика — раздел экономической теории, который изучает общие для всей экономики явления и причины их возникновения. Она использует для этого агрегированные (всеохватывающие) показатели и их связи. Главные задачи национальной экономической деятельности сводятся к обеспечению стабильных цен, полной занятости, длительного экономического роста, справедливого решения социальных проблем общества и эффективного распределения ресурсов. Их решение существенно влияет на благосостояние как общества в целом, так и всех его граждан.

Следует подчеркнуть взаимосвязь и взаимообусловленность указанных задач, что затрудняет выделение из них какой-либо основной. На разных этапах развития экономики первостепенное значение может приобретать одна вполне определенная задача, от решения которой зависят успехи и в решении других, не менее важных экономических проблем социального, производственного и экологического характера. С точки зрения рационального природопользования наиболее важной в настоящее время является задача эффективного распределения ресурсов, которое связано с их ограниченностью, а также со стремлением получать больше продукции из имеющихся ресурсов, не допуская при этом образования значительного количества отходов.

Неблагоприятная экологическая обстановка, которая во многом создается вследствие стремления собственников к своим эгоистическим целям, препятствует реализации целей макроэкономики. Хищническое использование ресурсов приводит к росту цен на продукцию (товары, оборудование и пр.) и услуги, закрытию ряда производств. Возможно также сокращение числа рабочих мест и при ликвидации экологически неблагополучных предприятий. В этих условиях невозможно рассчитывать на длительный экономический рост и справедливое распределение доходов. Более того, такие тенденции способны привести к экономическому упадку. В подобной ситуации неизбежно вмешательство государства в частный сектор экономики. При этом государственные структуры стремятся исправить положение на нерегулируемом рынке, чтобы обеспечить решение пяти упомянутых выше задач макроэкономики.

Вмешательство государства происходит обычно в одном из трех случаев.

1. Индивидуальные решения приводят к неэффективному распределению ресурсов. В этом случае участие государства проявляется в форме природоохранного регулирования — через корректировку нормативно-правовых актов.

2. Нерегулируемый рынок не обеспечивает полной занятости, стабильного уровня цен (высокий уровень инфляции) и/или стабильного экономического роста. В этом случае, как и в предыдущем, государственным структурам удастся изменить складывающуюся ситуацию через соответствующие экономические механизмы.

3. Частный сектор не позволяет экономике страны обеспечить справедливое распределение доходов. Тогда для регулирования частной деятельности прибегают, например, к специальному налогообложению, чтобы добиться исправления создавшегося положения.

Принятие своевременных мер, основанных на мировом опыте и учитывающих национальные особенности развития экономики, позволяют не допускать развития подобных негативных процессов.

Микроэкономика — раздел экономической теории, связанный с изучением относительно маломасштабных экономических процессов, субъектов, явлений. В центре внимания здесь находятся производители и потребители, отношения между предпринимателями и государством.

Рыночное предприятие в своей деятельности преследует цели, которые можно сформулировать следующим образом:

- удовлетворение потребностей общества, (в противном случае продукция или услуги данного предприятия не найдут сбыта и предприятие окажется банкротом);
- получение прибыли, необходимой для удовлетворения потребностей работников предприятия и развития деятельности самого предприятия;
- повышение эффективности производства, за счет чего достигается снижение затрат на выпуск продукции, улучшение ее качества или услуг, т. е., в конечном итоге, обеспечивается их конкурентоспособность на рынке.

Стремление получить любой ценой желаемую прибыль зачастую приводит к принятию экологически неоправданных решений. Препятствиями на этом пути могут стать природоохранное регулирование, введение платежей за выбросы и нерациональное использование ресурсов, специальное налогообложение. Перечисленные меры вместе с платежами за использование ресурсов, за размещение от-

ходов на свалках, загрязнение водоемов и воздуха сокращают размер прибыли предприятия и неблагоприятно влияют на его экономику.

Так, обезвреживание стоков и выбросов связано с необходимостью установки дополнительного оборудования и его обслуживанием, что, естественно, приводит к затратам, иногда значительным, влияющим на конечные финансовые результаты деятельности предприятия. Определенные затраты неизбежны и при комплексной переработке сырья, и при осуществлении рециркуляции технологических потоков. Создание санитарно-защитной зоны вокруг предприятия требует размещения жилых и общественных зданий за пределами такой зоны. Для населения, которое оказалось в санитарно-защитной зоне, также должно быть предоставлено жилье за ее пределами. Крупные капитальные затраты в этих случаях, существенно снижают его финансовые результаты.

Экологические проблемы обусловлены как выбросами в окружающую среду, так и потреблением ресурсов. Например, добыча полезных ископаемых значительно воздействует на окружающую среду, нарушая ландшафты, загрязняя почву, водоемы и воздух. При этом процесс извлечения сырья, как правило, сопровождается потреблением энергии, количество которой зависит от способов и технологий добычи, вида транспортных средств, применяемых при добыче и доставке сырья к предприятию и т. п. Велики неблагоприятные воздействия на природу и при обогащении первичного сырья, в процессе которого формируются отходы. Их размещение обычно требует значительных площадей, а в некоторых случаях и специальных хранилищ. Наконец, само использование полезных ископаемых в каком-то одном производстве исключает возможность изготовления другой продукции, для которой необходимо то же самое сырье. Таким образом, экологические проблемы, связанные с потреблением ресурсов, существуют на всех стадиях производства готовой продукции.

Комплексное использование определенного вида сырья предполагает получение на его основе вполне конкретных разных полезных материалов и изделий. Оно делает ненужным добычу других видов сырья для получения тех же материалов и изделий. Выгода очевидна: из одного вида сырья изготавливают несколько наименований полезной продукции. При этом сырье, которое прежде использовалось в устаревших технологиях, остается в недрах земли для будущих поколений. Кроме того, важно подчеркнуть, что при комплексной переработке сырья существенно уменьшаются неблагоприятные воздействия на окружающую среду за счет снижения удель-

ных расходов сырья и количества образующихся выбросов, сбросов и отходов. Последнее достигается благодаря внедрению новых, более совершенных технологий производственных процессов. С позиций микроэкономики подобные технологии повышают эффективность производства и увеличивают прибыль предприятия за счет сбыта всех продуктов комплексной переработки. Однако следует отметить, что в настоящее время далеко не всегда сырье может быть использовано комплексно из-за отсутствия экономически целесообразных и экологически эффективных технологий. Поэтому предприятия вынуждены осуществлять свою деятельность в условиях ограниченности ресурсов.

Макро- и микроэкономику, несмотря на различие в масштабах деятельности, объединяет проблема эффективного управления и использования природных, экономических, финансовых и трудовых ресурсов для максимального удовлетворения материальных потребностей каждого человека в отдельности и общества в целом. В этой проблеме следует выделить две особенности: во-первых, ресурсы, предназначенные для создания продуктов производства и потребления, не безграничны — они всегда ограничены, а во-вторых, материальные потребности общества, его структур и, в конечном итоге, каждого человека, в противоположность предыдущей особенности, безграничны. Таким образом, ограниченность ресурсов, обусловленная рамками объективной реальности, была и остается главным и весьма важным условием существования и развития общественного и личного благосостояния.

Такое положение приводит к тому, что перед обществом и отдельным человеком возникает задача выбора направлений и способов использования ограниченных ресурсов в различных целях. В процессе выбора стратегии развития, вызванного ограниченностью ресурсов, в условиях рынка приходится решать следующие задачи:

- сколько следует производить продукции и как при этом распределить и использовать ресурсы в производстве;
- что следует производить для наиболее полного удовлетворения потребностей общества;
- как, т. е. с помощью каких технологических способов, производить необходимую продукцию, работу, услуги и пр.;
- кто должен получать продукцию.

Ответы на эти вопросы способны разрешить дилемму «безграничные потребности — ограниченные ресурсы».

Природопользование роднит с экономикой то обстоятельство, что природные ресурсы общества, равно как и экономические ресур-

сы, ограничены, а потребности в них — безграничны. Поэтому экономика природопользования по существу решает те же макро- и микроэкономические задачи: «сколько», «что», «как» и «кто», осложненные требованиями охраны окружающей среды.

В связи с этим на всех уровнях экономических структур возникает проблема распределения ограниченных средств между потреблением природных ресурсов и сохранением природных систем. Для анализа данной проблемы целесообразно воспользоваться подходом, реализованным в экономике на основе диаграммы производственных возможностей. Итак, пусть на каком-либо предприятии имеются вполне определенные, ограниченные ресурсы. Их можно, в принципе, направить только на получение товаров и услуг, «забыв» об охране окружающей среды. Это состояние экономики предприятия при полном использовании ресурсов можно отразить на диаграмме (рис. 11.1) отрезком ОА. Второй, также гипотетический случай можно представить, если эти же ресурсы полностью направить только на охрану окружающей среды, «забыв» о необходимости производства продукции. Это состояние экономики предприятия отражается отрезком ОВ. Линия, соединяющая точки А и В, характеризует постоянство ограниченных ресурсов данного предприятия, которые могут быть полностью использованы в любых соотношениях между производством продукции и защитой, охраной и восстановлением окружающей среды. Действительно, абсцисса точки С показывает долю ресурсов, расходуемых на производство благ, а ордината этой точки — долю ресурсов, которые используются для сохранности природной системы, т.е. $Oa_C + Ob_C = OA = OB$. Любое другое соотношение в их распределении при полном использовании данного ограниченного ресурса предприятия не изменит этого равенства. В этом можно убедиться, рассмотрев распределение ресурсов в точке D и других, находящихся на линии АВ, т.е. каждая точка на этой линии представляет собой определенную комбинацию в распределении ограниченных ресурсов.

Иные ситуации складываются, если точки, характеризующие распределение ресурсов этого предприятия, оказываются вне линии АВ. Например, если точка Е будет находиться внутри области ОАВ — области, которая определяет экономические возможности предприятия. Положение этой точки свидетельствует о неполном использовании ограниченных ресурсов. Недоиспользованные ресурсы могут быть направлены либо на увеличение производства (движение точки Е по горизонтали), либо на охрану окружающей среды (движение точки Е по вертикали). Если же точка, например F, оказывает-

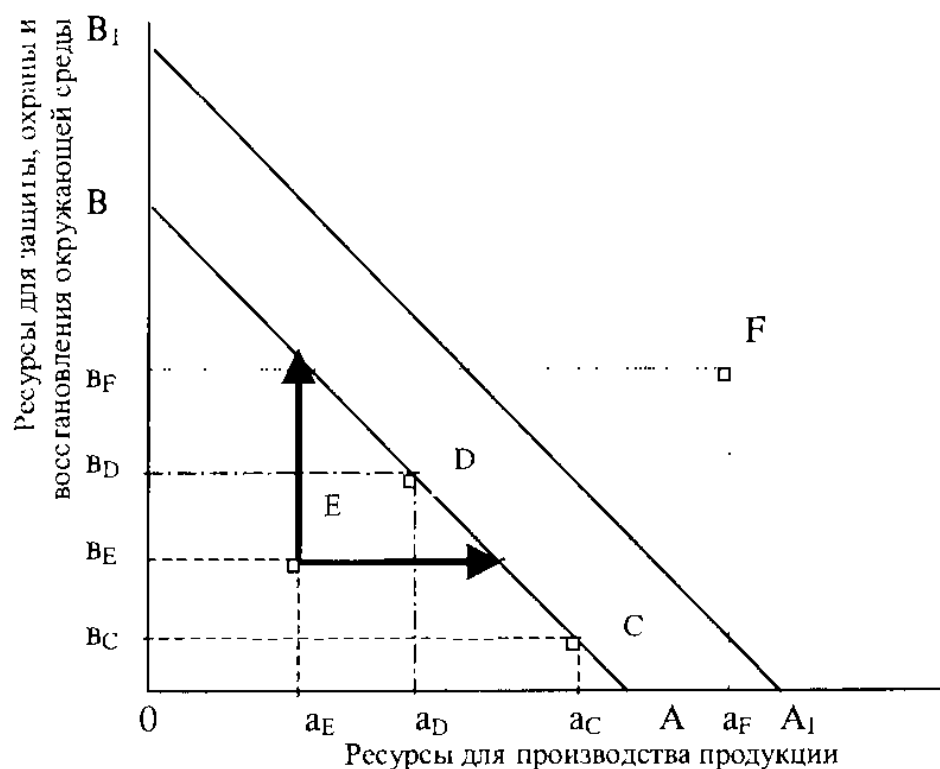


Рис. 11.1. Экономические возможности предприятия

ся вне области OAB , то ее координаты будут характеризовать такое экономическое состояние предприятия, которое в условиях данных ограниченных ресурсов и существующих технологий не сможет обеспечить желаемое распределение ресурсов, так как при этом сумма требуемых ресурсов для производства продукции и для защиты, охраны и восстановления окружающей среды будет больше тех, которыми располагает предприятие, т.е. $Oa_F + Ob_F > OA = OB$.

Таким образом, линия AB , определяя границу экономических возможностей предприятия, характеризует различные сочетания в распределении полностью используемых ограниченных ресурсов. От выбора того или иного сочетания (точка на линии) будет зависеть, насколько эффективно и рационально удастся организовать природопользование. Следует отметить, что положение линии AB может меняться в зависимости от изменения объема экономических ресурсов. При их увеличении за счет инвестиций, совершенствования технологий, улучшения организации производства, комплексного использования сырья и других компонентов природных ресурсов линия экономических возможностей займет более высокое положение, например A_1B_1 (рис. 11.1). Однако и при этом ограниченность ресурсов сохраняется. При физическом и моральном старении оборудования, технологии, падении технической и экологической куль-

туры и по другим причинам линия, отражающая экономические ресурсы, может оказаться ниже линии АВ на том же рисунке.

В любом случае весьма важно знать, кто и каким образом осуществляет выбор определенного состояния на одной и той же границе экономических ресурсов (точки С или D на рис. 11.1). В конечном итоге, этот выбор влияет на распределение ресурсов между конкурирующими целями — производством товаров и услуг и охраной окружающей среды. Способы такого выбора хорошо известны; они классифицированы по трем группам, в основу которых положены:

- традиции и обычаи;
- командное администрирование;
- рыночные механизмы.

Данная классификация в какой-то мере условна. В действительности используются сочетания всех этих способов. Только их разумная комбинация обеспечивает эффективное распределение экономических ресурсов.

Ограниченность ресурсов имеет абсолютный характер, так как заключается в принципиальной невозможности одновременного и полного удовлетворения всех потребностей человечества. Если бы ресурсы были неограниченны, то не было бы необходимости заботиться об их рациональном распределении между различными целями, повышать эффективность их использования, стремиться к их экономии.

Сам по себе рыночный механизм может лишь ослабить, смягчить ограниченность ресурсов. Поэтому в условиях такой ограниченности конкуренция целей расходования ресурсов обостряется, и долг государственных органов — придать ей цивилизованную направленность, в результате чего могут быть успешно решены проблемы рационального природопользования.

11.2. Планирование природопользования

Необходимость планирования природопользования вытекает из требований реализации государственной политики в области охраны окружающей среды и рационального природопользования. Эта политика сформулирована Правительством России в 2002 г. в «Экологической доктрине Российской Федерации» следующим образом: «Стратегической целью государственной политики в области экологии является сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития общества, повышения качества жизни, улучшения здоровья на-

селения и демографической ситуации, обеспечения экологической безопасности страны».

План в обычном понимании — это документ, в котором представлена система взаимосвязанных действий, направленных на достижение каких-либо целей и решение конкретных задач (например, рационального природопользования), а также последовательность осуществления программ работ или отдельных мероприятий с указанием сроков их выполнения. В плане могут быть отражены содержание, объемы и способы выполнения работ, раскрывающие пути реализации плана. Подобного рода документы в области природопользования могут создаваться в масштабах государства, региона (группы субъектов или субъекта Федерации, территорий, муниципальных образований, отдельных предприятий). Планы могут определять решение проблем природопользования топливно-энергетического, горно-металлургического, агропромышленного комплексов и др. В некоторых случаях проблемы природопользования решаются на основе программно-целевого планирования. Планы, в зависимости от сроков их действий, подразделяются на краткосрочные (1–3 года), среднесрочные (4–9 лет) и долгосрочные (10 и более лет). Создание того или иного типа плана диктуется сложившейся экологической обстановкой и требованиями по ее улучшению.

Принципиально важным становится сочетание территориальных и отраслевых планов природопользования, основу которых составляют договорные отношения между предприятиями и местными органами самоуправления (к примеру, долговременные экономические нормативы по природопользованию: плата за пользование ресурсами, плата за выбросы загрязняющих веществ, поступление в целевой фонд местного бюджета этих средств и пр.). В результате развития и укрепления связей предприятий с местными органами самоуправления на территории достигается комплексное социально-экономическое развитие, которое обеспечивает рациональное использование территориальных ресурсов, а также создание экологических объектов для многих предприятий, расположенных в городе или промышленном узле. Общая заинтересованность в снижении антропогенных нагрузок на природную среду способствует ускорению внедрения достижений научно-технического прогресса в природопользовании, составляющих базу наукоемких, высокотехнологичных, природосберегающих производств и технологий.

Хорошо организованное взаимодействие территорий и предприятий позволяет создать предпосылки экономного, бережного отношения к природным ресурсам за счет минимизации отходов на всех

этапах производства. Такими этапами являются: изъятие ресурсов из природной среды, их использование (снижение удельных норм), утилизация (повторное и последовательное использование единицы ресурса в интересах многих потребителей, как на данном предприятии, так и в процессе кооперирования предприятий для рационального природопользования).

Независимо от значимости экологических проблем и задач, объемов работ, связанных с их решением, планы природопользования должны предусматривать:

- неистощительное использование возобновимых ресурсов;
- рациональное использование невозобновимых ресурсов.

Реализация таких подходов способна гарантировать внедрение комплексного природопользования, ориентированного на достижение целей устойчивого развития Российской Федерации и предусматривающего научно обоснованные экологические методы разработки минеральных, водных, земельных, лесных и других ресурсов.

Внимание разработчиков планов природопользования должно быть сосредоточено на максимально полной выработке извлеченных полезных ископаемых и добытых биологических ресурсов за счет сокращения отходов, образующихся при их добыче и переработке, до минимума. Они также должны продумать пути минимизации ущерба, наносимого окружающей среде при разведке, добыче полезных ископаемых, при эксплуатации реконструируемых и новых экологически более совершенных производств, а также предусмотреть меры по рекультивации земель, нарушенных в результате разработки месторождений полезных ископаемых, деятельности промышленных предприятий или их ликвидации.

Для агропромышленного комплекса важное место в планах природопользования должны занимать работы по внедрению систем обустройства сельскохозяйственных земель и ведению сельского хозяйства, приспособленного к природным условиям территорий. Не менее значимым представляется и реализация запланированных мероприятий по развитию экологически чистых сельскохозяйственных технологий, по сохранению и восстановлению естественного плодородия почв на землях сельскохозяйственного назначения.

Планирование природопользования всегда должно быть направлено на снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду, что предполагает уменьшение выбросов в атмосферу, сбросов в водные источники, а также отходов, размещаемых в литосфере. Параллельно в планах большое внимание уделяется реализации проблем ресурсосбережения, в частности, снижению удельных показателей

по энерго- и ресурсоемкости продукции и услуг, а также производству товаров, рассчитанных на длительное использование до наступления износа.

Работа по созданию планов природопользования будет считаться успешной, если их реализация обеспечит качество атмосферного воздуха, воды и почвы в соответствии с нормативными требованиями. Для этого в планах должны найти отражение мероприятия по внедрению ресурсосберегающих технологий во всех сферах хозяйственной деятельности предприятия, территории, региона, что во многом будет определяться технологическим перевооружением и постепенным выводом из эксплуатации предприятий, цехов, участков с морально и физически устаревшим оборудованием и одновременным оснащением предприятий современным природоохранным оборудованием.

В планах природопользования значительное место должно уделяться разработке мероприятий по решению энергетических проблем, острота которых в Российской Федерации определяется, с одной стороны, повышенной энергоемкостью промышленного производства и социальных услуг, а с другой — ограниченностью топливных ресурсов, их неравномерным распределением по территории страны. Поэтому первоначальные мероприятия должны быть направлены на поддержку экологически эффективного производства энергии, включая использование возобновимых источников и вторичного сырья. Приоритетными должны быть и мероприятия по развитию систем использования вторичных материальных и энергетических ресурсов, а также по оптимизации систем энерго- и теплоснабжения мелких потребителей.

В последнее время все большую весомость приобретают проблемы, обусловленные негативным воздействием транспорта на окружающую среду. Ее загрязнение всеми видами транспорта — воздушным, железнодорожным, водным (речным и морским), трубопроводным — становится угрожающим в промышленных регионах и особенно в крупных городах. На трубопроводном транспорте участились техногенные аварии. В этой связи необходимо включение в планы природопользования мероприятий по модернизации и развитию экологически безопасных видов транспорта; транспортных коммуникаций и систем контроля, а также новых видов топлива, в том числе неуглеродного. Существенно скажется на состоянии природной среды переход к экологически безопасному общественному транспорту — в будущем основному виду передвижения в крупных городах. Первые модели такого транспорта, использующего водород в качестве топлива, уже появились в некоторых городах нашей планеты.

Громадным и, по существу, неорганизованным рынком, потребляющим энергоресурсы, является жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) больших и малых городов, в котором расходные характеристики тепла и электроэнергии значительно превышают научно обоснованные нормы. В планах природопользования территорий, муниципальных образований следует предусматривать широкий спектр мероприятий по реконструкции устаревшего жилья, тепловых и электрических сетей комплекса ЖКХ, по установке более эффективного бытового и силового энергетического оборудования, по строительству нового жилья. Направленность этих планов на развитие и реализацию экологически безопасных технологий в конечном итоге приведет к улучшению показателей по расходу тепловой и электрической энергии в этом социально важном секторе жизни общества.

Приступая к планированию любого вида деятельности, связанной с воздействием на окружающую среду, следует использовать в качестве ориентиров государственные прогнозы социально-экономического развития, составляемые на основе экологического анализа. Кроме этого, необходимо учитывать федеральные программы в области экологического развития Российской Федерации и целевые программы в области охраны окружающей среды субъектов Российской Федерации.

К настоящему времени в Российской Федерации накоплен определенный опыт по планированию природоохранной деятельности, который учитывает результаты работы различных стран, а также Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), организаций субъектов Федерации — Урала и Верхней Волги — по разработке Планов действий по охране окружающей среды. Принципы и подходы, учитывающие этот опыт, в равной степени могут быть использованы в создании планов природопользования для других регионов, территорий и предприятий. Главными из них являются:

- единство экономического, социального и экологического развития — принцип «устойчивого развития»;
- приоритетность решения проблем природопользования и охраны окружающей среды, определяющих повышенный риск неблагоприятного влияния на здоровье населения;
- первоочередность разработки и реализации природоохранных мероприятий для территорий и предприятий с критической или явно неблагоприятной экологической ситуацией (концентрация на «локальных» проблемах);
- приоритетность выявления и решения задач снижения экологического риска на объектах потенциальной экологической опасности («горячие точки»);

- этапность решения проблем охраны окружающей среды (краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные цели и задачи);
- постепенный переход от действий, направленных на локализацию отрицательных последствий («борьба со следствием»), обусловленных нарушением экологического равновесия, к их прогнозированию и предотвращению («борьба с причинами»).

Реализация приведенных принципов и подходов в том или ином объеме зависит от масштабов и задач планирования. При разработке планов необходимы учет экономических критериев, особенно в процессе выделения экологических приоритетов и мероприятий по их осуществлению, а также согласованность с другими экологическими программами и планами. В первую очередь в план для реализации включаются экономически выгодные, малозатратные природоохранные мероприятия, которые должны соответствовать долгосрочным программам развития экономики, социальной сферы и охраны окружающей среды.

Широкое вовлечение производственного персонала и населения в работу по решению экологических проблем на стадии планирования способствует объективному обсуждению вариантов плана.

Разработка плана обычно учитывает положения системного анализа и подчиняется общепринятой программно-целевой схеме: *обзор — проблема — приоритет — задача — мероприятие*. Такая схема и определяет последовательность работ по созданию плана природоохранной деятельности.

Планирование, как процесс, всегда начинается с анализа исходного и прогнозируемого состояний окружающей среды и использования природных ресурсов, что позволяет определить ключевые экологические проблемы. Исходные материалы и данные для такого анализа могут быть получены на основе оценки воздействий на окружающую среду (см. гл. 10, п. 10.1).

Важным этапом планирования, базирующимся на результатах анализа, является *ранжирование* проблем охраны окружающей среды и природопользования, определяющих стратегические цели экологической политики на основе критериев с учетом степени риска, обусловленного загрязнением окружающей среды. При этом могут быть использованы следующие критерии:

- *ущерб здоровью людей*, выражающийся в показателях заболеваемости и смертности среди различных групп населения, которые связаны с факторами риска среды обитания;
- *ущерб продуктивности природных ресурсов*, который оценивается через показатели загрязнения и использования возобнов-

ляемых природных ресурсов (воздух, вода, почва, лес и др.) и нерационального использования невозобновляемых ресурсов (минерально-сырьевые ресурсы и пр.);

- *ущерб экосистемам*, который характеризуется показателями численности и видового разнообразия флоры и фауны, а также численности популяций в зависимости от уровня загрязнения;
- *ущерб производственным мощностям и объектам жизнедеятельности*, характеризующийся потерей рыночной стоимости основных фондов от загрязнения окружающей природной среды.

Здесь указаны лишь главные критерии, их перечень может быть расширен в зависимости от специфики региона, территории, предприятия.

Следующий этап планирования связан с оценкой и ранжированием мероприятий (инвестиционных проектов), направленных на решение проблем охраны окружающей среды и природопользования. Для этого обычно применяются следующие характеристики:

- *экологическая эффективность* мероприятий (инвестиционных проектов), которая характеризуется показателями стоимостной оценки экологического эффекта на рубль капитальных вложений и показателями масштабности воздействия мероприятия на окружающую среду (локальный, местный, областной, региональный, национальный);
- *экономическая осуществимость* мероприятия, зависящая от финансового состояния предприятия, возможностей инвестирования;
- *организационная обеспеченность* мероприятия, включающая оценку кадрового обеспечения, формы реализации мероприятия и другие вопросы.

Значительную часть работы при планировании природоохранной деятельности составляет определение источников и механизмов финансирования конкретных природоохранных мероприятий (инвестиционных природоохранных проектов). Такими источниками могут быть собственные средства предприятий, бюджеты разных уровней, кредиты банков и иных финансовых структур, прямые иностранные инвестиции, средства фондов экологического страхования, средства международных организаций (доноров и международных фондов), специально создаваемые фонды финансирования природоохранных мероприятий и др.

В качестве механизмов финансирования наиболее часто используются безвозмездные субсидии, предоставляемые государственным

и муниципальным предприятиям из бюджетов разных уровней. Льготные займы с процентными ставками и графиком погашения более выгодным, чем на рынке кредитных ресурсов, обычно предоставляются предприятиям, реализующим инвестиционные мероприятия. Финансовые льготы предоставляются правительствами разных уровней предприятиям, которые осуществляют важную для территории природоохранную деятельность, включающую и решение социальных проблем, связанных с качеством окружающей среды данной территории. Видами финансовых льгот являются «зачет затрат» на природоохранные мероприятия в счет платежей за загрязнение, полное или частичное освобождение от платы за загрязнение, а также отсрочка выплаты налоговых платежей (налоговый инвестиционный кредит). Возможны и другие инструменты, которые появляются по мере развития экономики страны, такие как гранты частных, федеральных и международных финансовых организаций и фондов.

В плане природопользования следует уделять внимание и тем трудовым ресурсам, которые связаны с реализацией плана, предусмотрев для этого непрерывное совершенствование экологических знаний производственного персонала, а в случае необходимости — переподготовку или повышение квалификации участников внедрения запланированных мероприятий.

Для анализа материалов в ходе планирования природопользования могут использоваться не только расчетные методы, но и методы экспертных оценок. Последние весьма полезны, например, при ранжировании экологических проблем, мероприятий по их решению, особенно при недостатке информации по объемам, видам и источникам воздействия на окружающую среду.

В заключение необходимо подчеркнуть, что на всех этапах создания плана природоохранной деятельности следует обеспечивать согласованность разрабатываемых мероприятий с действующими целевыми программами, как по содержанию самих мероприятий, так и по срокам их реализации.

11.3. Методы и механизмы экономического регулирования

Экономические отношения в системе взаимодействия «общество — природная среда» связаны с удовлетворением потребностей в природных ресурсах и сохранением природно-ресурсного потенциала. Формирование таких отношений предполагает адекватность затрат на охрану и воспроизводство природных ресурсов, объектов природы масштабам их потребления в процессе природопользова-

ния. На всех этапах этого процесса необходима целенаправленная деятельность по обеспечению оптимальных пропорций между потреблением, использованием природных ресурсов, природных объектов и их охраной, воспроизводством. Такую деятельность может обеспечить система, соответствующая целям рационального природопользования. Обычно она включает комплекс организационных и экономических средств, механизмов, действий. Работа такой системы направлена на учет экологических факторов, на разработку экономических мер стимулирования рационального природопользования в функционирующей экономике с достигнутыми технологиями производства и природопользования, на использование в механизме хозяйствования экономических предпосылок, факторов и условий, согласующихся с новыми экологическими требованиями.

Экономическое регулирование в целях рационального неистощительного природопользования, снижения нагрузки на природную среду, ее охрану и защиту в условиях рыночных отношений предполагает привлечение бюджетных и внебюджетных средств, необходимых для осуществления природоохранной деятельности.

Действующий Закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» отнес к числу основных методов экологического регулирования установление платы за негативное воздействие на окружающую среду, а также возмещение вреда окружающей среде. Сюда же следует отнести и определение лимитов на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов, на размещение отходов производства и потребления и другие виды негативного воздействия на окружающую среду.

Негативное воздействие на окружающую среду оказывают:

- выбросы в атмосферный воздух загрязняющих и иных веществ;
- сбросы загрязняющих и иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади;
- загрязнение недр, почв;
- размещение отходов производства и потребления;
- загрязнение окружающей среды шумом, теплом, электромагнитными, ионизирующими и другими видами физических воздействий;
- иные виды негативного воздействия на окружающую среду, к которым можно отнести пожары, последствия техногенных аварий и т. п.

Введение платности за природопользование обусловлено необходимостью аккумулирования в специальных фондах средств, рас-

ходуемых на финансирование природоохранных мероприятий в интересах потребителей и пользователей природными ресурсами. Эти средства используются и для стимулирования рационального природопользования, охраны и воспроизводства природных ресурсов, а также для уменьшения техногенных нагрузок на окружающую среду, для снижения и предотвращения ущерба, наносимого природной среде. Введение платности в определенной мере способствует выравниванию социально-экономических условий хозяйствования при использовании природных ресурсов различного качества за счет более рационального размещения производительных сил.

Действительно, природные ресурсы (земля, ее недра, воды, атмосферный воздух, леса, растительный и животный мир) являются национальным богатством, естественной основой устойчивого социально-экономического развития. В конечном итоге рациональное природопользование определяет саму возможность существования человека. Поэтому платежи за природопользование выступают основной формой экономических взаимоотношений между государством, гражданами, предприятиями и другими хозяйствующими субъектами в сфере владения, распоряжения и пользования природными ресурсами.

Система платежей за природопользование включает платежи за природные ресурсы, за размещение отходов, за возмещение вреда, причиненного экологическими правонарушениями, а также штрафы за нарушение норм и правил рационального природопользования.

Разработка методики определения размера платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов и другие виды негативного воздействия на окружающую среду относится к полномочиям государственной власти Российской Федерации. В настоящее время в стране взимается плата за землю, недра, пользование лесным фондом, за воду, забираемую промышленными предприятиями из водохозяйственных систем, а также за пользование акваторией и участками морского дна.

Платежи за право пользования природными ресурсами представляют собой форму реализации экономических отношений между собственником (владельцем) природных ресурсов и их пользователем. Полученные средства направляются на социально-экономическое развитие территорий. По решению соответствующих органов часть этих платежей может расходоваться на восстановление и охрану природных ресурсов.

Плата за воспроизводство и охрану природных ресурсов представляет собой форму возмещения бюджетных ассигнований и зат-

рат (специализированных хозрасчетных организаций) на осуществление этого вида деятельности, связанного с сохранением природно-ресурсного потенциала. Платежи на воспроизводство и охрану природных ресурсов поступают в соответствующие государственные фонды и используются в соответствии с положениями об этих фондах по целевому назначению.

К методам экономического регулирования относятся также методы, применяемые для экономической оценки природных и природно-антропогенных объектов, а также воздействий хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду.

Среди прочих методов регулирования экономических отношений в области рационального природопользования широко применяются методы, направленные на предоставление налоговых и иных льгот. Введение таких льгот практикуется при внедрении наилучших из существующих технологий и нетрадиционных видов энергии, при использовании вторичных ресурсов и переработке отходов, а также в интересах поддержки предпринимательской, инновационной и иной деятельности по охране окружающей среды (в том числе экологического страхования).

Природные ресурсы должны не только удовлетворять потребностям нынешнего и будущих поколений, но и обеспечивать соблюдение прав человека на благоприятную окружающую среду и благоприятные условия его жизнедеятельности. Решение этих глобальных задач определяется эффективным действием экономических механизмов в области охраны, воспроизводства и рационального использования природных ресурсов. Некоторые из таких механизмов уже созданы, часть из них нуждается в совершенствовании, другие — в ближайшем будущем — предстоит еще разработать и внедрить в практику природопользования и охраны окружающей среды. В «Экологической доктрине Российской Федерации» для реализации целей экономического регулирования рыночных отношений в области природопользования указаны основные направления, связанные с созданием соответствующих экономических механизмов. Будучи разработанными в ближайшее время, эти механизмы позволят обеспечить:

- адекватное бюджетное финансирование охраны окружающей среды как одного из приоритетных направлений в деятельности государства;
- условия для перехода в сфере природопользования к системе рентных платежей;

- полную реализацию принципа «загрязнитель платит», использующего зависимость размеров платы за выбросы и сбросы от их объема и опасности для окружающей среды и здоровья населения;
- взимание платежей с хозяйствующих субъектов, эксплуатирующих природные ресурсы, использование полученных средств для сохранения и восстановления природной среды и ее биоразнообразия;
- обязательную компенсацию экологического ущерба окружающей среде и здоровью населения, которые могут возникнуть в процессе хозяйственной деятельности, при чрезвычайных техногенных и природных ситуациях, а также в результате экологически опасной деятельности, в том числе военной.

Наиболее значимым среди указанных является механизм, реализующий систему рентных платежей. Основой такой системы служит экономическая рента, соответствующая цене или арендной плате за пользование ограниченными природными ресурсами. Величина ренты определяется прежде всего качеством природного ресурса. Руда с высоким содержанием основного компонента, нефть с низким содержанием серы, земля с высоким содержанием гумуса и им подобные виды ресурсов относятся к высококачественным, что отражается на их цене и, естественно, на ренте. Не менее важными факторами, от которых зависит уровень ренты, считаются расположение месторождения по отношению к потребителю, состояние и структура транспортных систем, степень совершенства используемых технологий и оборудования при эксплуатации месторождения, квалификация технического персонала.

Таким образом, очевидно, что с учетом различий факторов, влияющих на процессы вовлечения того или иного природного ресурса в производство, одна и та же величина затрат приводит к различным технико-экономическим результатам, которые и определяют цену ресурса, а следовательно, и величину ренты. Для того чтобы существующие и вновь создаваемые экономические механизмы в области природопользования эффективно работали, необходимо включить в экономические показатели полную стоимость природных объектов с учетом их средообразующих функций, а также стоимости природоохранных (экологических) работ и услуг.

Необходима большая работа и по формированию системы налогов и пошлин, стимулирующих внедрение экологически чистых технологий, товаров и услуг, повторное использование и вторичную переработку товаров с широким применением для этого российских

и зарубежных достижений. При этом производитель должен нести главную ответственность за произведенный продукт на всех стадиях его создания — от получения сырья до утилизации (или захоронения) произведенного продукта в конце его жизненного цикла. Одновременно с экологизацией производства, сферы товаров и услуг, должна быть сформирована налоговая и тарифная политика, поощряющая переориентацию экспорта от сырья к продуктам глубокой переработки. Большое внимание должно быть уделено разработке механизма финансовых гарантий, включая экологическое страхование, связанного с возможными негативными воздействиями на окружающую среду.

С учетом развития межнациональных контактов предполагается развить и использовать схемы международных финансово-экономических расчетов с учетом вклада стран в обеспечение глобальной устойчивости биосферы — «долги за природу», углеродный кредит и другие механизмы, предусматриваемые международными конвенциями и соглашениями. По мере разработки и внедрения экономических механизмов, предусмотренных «Экологической доктриной Российской Федерации», будет обеспечиваться подъем экономики природопользования на современный мировой уровень, а также улучшение эколого-экономической эффективности использования природно-ресурсного потенциала.

Объективная оценка хозяйственной деятельности в области рационального природопользования и охраны окружающей среды позволит с большей ответственностью подходить к принятию решений при осуществлении любой деятельности, которая оказывает или может оказать негативное воздействие на окружающую среду. Каждое такое решение связано с финансовой поддержкой. Она предоставляется, если показатели планируемого мероприятия (инвестиционного проекта) соответствует улучшению следующих параметров.

1. *Экологические и технологические параметры*, которые отражают существенное снижение неблагоприятного воздействия на окружающую среду и/или восстановление (сохранение) природных ресурсов при использовании современных ресурсосберегающих технологий, а именно:

- улучшение экологической ситуации в результате реализации мероприятия (проекта), исходя из глобальных, национальных и региональных экологических приоритетов;
- суммарный положительный эффект от реализации проекта;
- использование прогрессивных технологий, методов и продукции, применяемых в мировой практике.

2. *Финансовые параметры*, позволяющие судить о финансовой состоятельности предприятия, реализующем мероприятие (проект). Они характеризуют:

- увеличение дохода за счет осуществления мероприятия (проекта);
- способность предприятия своевременно и в полном объеме выполнять обязательства перед кредитными и другими финансовыми организациями.

3. *Экономические параметры*, характеризующие экономическую эффективность внедрения мероприятия (проекта), а именно:

- способность обеспечивать доходы, достаточные для погашения задолженности по займам;
- положительное влияние внедрения на конкурентоспособность самого предприятия и его продукции, на занятость в данном регионе, на организацию управления;
- обеспечение дополнительных поступлений денежных средств в бюджетную систему.

Возможны и другие эколого-экономические подходы в оценке планируемых мероприятий (проектов), в которых определяющими критериями выступают экологическая эффективность, техническая и экономическая обоснованность, реализуемость.

Анализ нескольких природоохранных мероприятий (проектов), их ранжирование может осуществляться по приведенным выше критериям. В случае необходимости для тех же целей могут быть привлечены независимые эксперты.

11.4. Анализ эффективности природопользования на основе экобалансов

Реализуя планы природопользования, важно установить не только направления и конечную величину влияния технологий на окружающую среду, но также причины и особенности технологий, которые вызывают нарушения состояния среды обитания человека. Для оценки экологического совершенства любых производственных процессов с этой точки зрения целесообразно использовать балансовые методы — в первую очередь методы, основанные на составлении и анализе материальных и энергетических балансов, объединяемых понятием экобалансов. Подобные методы широко используются при проектировании различных технологий или их усовершенствовании.

Современное промышленное предприятие (производство) характеризуется множеством связей (рис. 11.2), закономерности которых

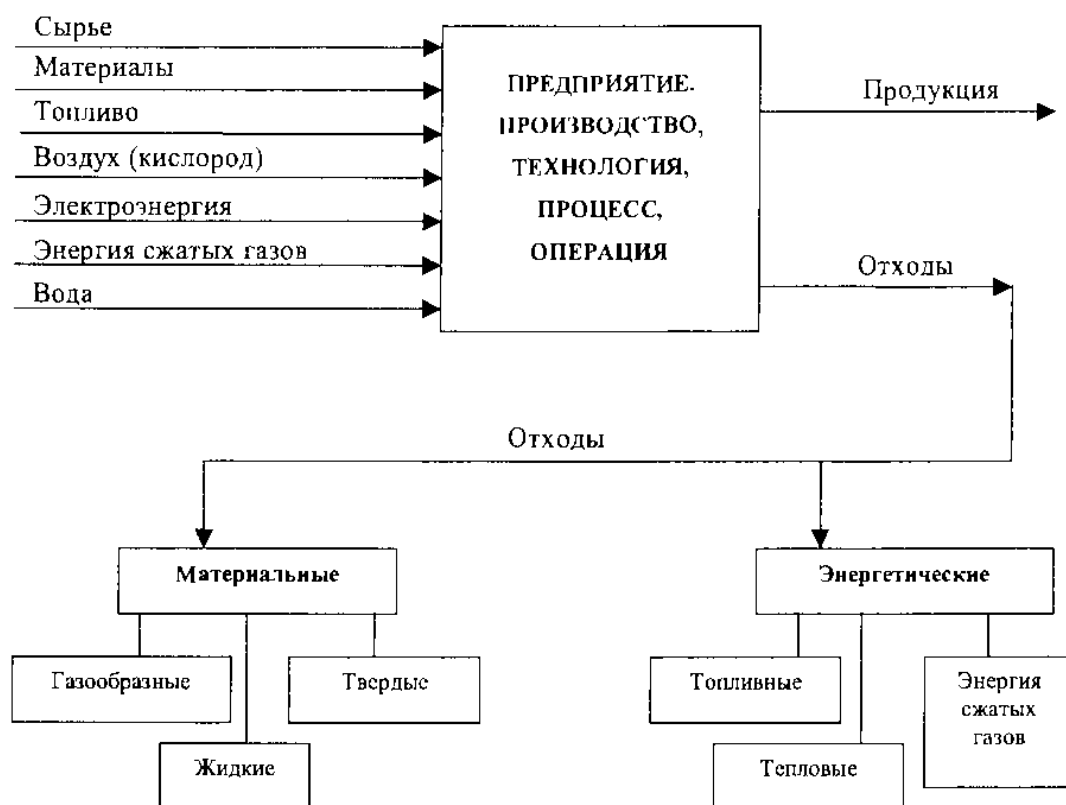


Рис. 11.2. Взаимодействие промышленного объекта с окружающей средой

часто оказываются неизученными в виду их сложности, отсутствия возможностей для постановки исследований и других причин. Действительно, под емким понятием «сырье» могут скрываться десятки, например, разновидностей природных минеральных ресурсов и продуктов их переработки. Понятие «материалы» объединяет все необходимые составляющие для осуществления той или иной технологии: от смазок и охлаждающих жидкостей до различных упаковок.

Материальные и энергетические балансы, составленные по начальному и конечному состояниям объекта исследования, на первых этапах анализа не требуют знаний механизмов взаимодействия, благодаря чему становятся привлекательным инструментом оценки развития промышленных процессов. К составлению материальных и энергетических балансов (с их последующим анализом) прибегают с целью определения эффективности внедряемых технологий, направленных на улучшение природопользования и ресурсосбережения при достижении высокого качества продукта и безопасности труда. С помощью балансов, использующих достоверную информацию, достаточно точно определяются выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод и объемы образующихся отходов, а также оцениваются

уровень энергетического совершенства технологических процессов, всего производства, деятельности предприятия или производственного комплекса.

В зависимости от целей анализа составление материальных и энергетических балансов необходимо:

- для территориально-промышленных комплексов, когда требуется оценка рационального использования материальных и энергетических ресурсов в районе, насыщенном промышленными предприятиями; при этом выявляются как уже реализованные, так и возможные связи между предприятиями;
- для промышленного предприятия (производства), если требуется детальное исследование источников выбросов, сбросов, образования отходов по отдельным производствам, связанным с получением определенных продуктов или изделий;
- для промышленных технологий, отдельных процессов, их составляющих, если возникает потребность в установлении места образования веществ, входящих в состав выбросов, сбросов, образовавшихся отходов;
- для отдельных химических элементов, ингредиентов, которые содержатся в загрязняющих окружающую среду веществах, а также когда необходимо более глубокое изучение условий образования этих веществ в тех или иных технологических процессах.

Четко составленные материальные и энергетические балансы позволяют получить информацию в обобщенной форме (степень обобщения зависит от вида составленного баланса) о сырье, материалах и энергии, вводимых в производство, технологию или процесс, о произведенной продукции, потреблении воды, газообразных средах, а также образующихся выбросах в атмосферу, сбросах сточных вод, твердых промышленных отходах, нерациональных путях расходования энергетических ресурсов.

В целом это пополняет знания о производстве, технологии, процессе и в какой-то мере отражает опыт и уровень технической культуры работников, дает представление о неэффективных сторонах организации производства и особенностях реализуемых технологий, требующих более глубокого анализа для совершенствования отдельных стадий этих технологий по улучшению использования материальных ресурсов и энергии. Анализ материальных и энергетических балансов необходим:

- для разработки стратегии рентабельного обращения с материальными и энергетическими отходами;

- для информирования работников на рабочих местах об ущербе (упущенной выгоде), связанном с возможными нарушениями технологий, которые способствовали повышенному образованию отходов и потреблению энергии.

Использование информации, представляемой материальными и энергетическими балансами, не ограничивается этими направлениями. Анализ балансов может также указать на необходимость замены действующего оборудования более совершенным, если его работа сопровождается повышенными расходами материальных и энергетических ресурсов.

Расчет любого баланса, как правило, начинается с определения единиц измерения. Как материальные, так и энергетические балансы могут быть составлены на единицу выпускаемой продукции, единицу времени — час, сутки, год, цикл производства продукции. Выбор размерности связан с целями будущего анализа. Обычно чем больше период времени, охватываемый балансами, тем в меньшей степени проявляются погрешности информации и используемых данных.

Материальный баланс, как инструмент эколого-экономического анализа, базируется на законе сохранения массы: масса на входе в систему равна массе на выходе из системы. В его основе лежит исходная информация, сбору которой должно уделяться самое серьезное внимание. В первую очередь обычно устанавливаются виды, количество и состав сырьевых ресурсов и других материалов, требуемых для получения продукции соответствующего качества. Не менее важной является информация о потребляемом топливе — его видах, тепловой ценности, условиях использования, фактических расходах. Для этой цели могут быть привлечены документы по поставке сырья и других материалов на предприятие, документы по учету сырья и материалов, поступивших в производство, процесс, отдельную операцию, показания приборов контроля и сведения из других источников. Совершенно очевидно, что точная информация обеспечит более высокую достоверность анализа балансов и выводов из них. Число статей приходной части баланса, как и число статей его расходной части, зависит от специфики производства, технологии, числа операций, количества компонентов и других ресурсов (сжатого воздуха, воды и пр.), участвующих в технологических операциях, от разнообразия получаемой продукции и видов образующихся материальных отходов. Обычно величину расхождения, независимо от ее знака, помещают в расходную часть баланса. В какой-то мере эта величина ограждает тщательность, а в конечном итоге,

и точность составленного баланса. В качестве примера набора составляющих материального баланса, которые должны быть определены количественно, может служить табл. 11.1. Эта таблица содержит результаты расчета материального баланса плавки стали.

Таблица 11.1

**Материальный баланс производства стали
в печи емкостью 100 т за плавку**

№	Приход материалов	Масса, т	%	№	Расход материалов	Масса, т	%
1	Чугун	18,0	3,6	1	Сталь	96,9	19,2
2	Металлолом	80,0	15,8	2	Шлак	6,3	1,2
3	Кокс	2,0	0,4	3	Продукты сгорания топлива	414,2	81,9
4	Шлакообразующие	5,2	1,0				
5	Легирующие добавки	1,1	0,2				
6	Топливо (мазут)	22,9	4,5				
7	Воздух	376,4	74,5	4	Невязка	-11,8	-2,3
	Итого	505,6	100		Итого	505,6	100

Параллельно с расчетом материального баланса анализу подлежит и расход энергии в процессе производства. Для этой цели используется энергетический баланс, основу которого составляет информация, получаемая расчетным путем, а также информация, поступающая от контрольно-измерительных приборов. Так как в технических объектах могут быть использованы многие виды энергии, то слагаемые энергетического баланса должны иметь одинаковую размерность. При этом возникает необходимость приведения используемых видов энергии к какому-либо одному из них с помощью соответствующих эквивалентов.

Размерность слагаемых энергетического баланса в каждом конкретном случае определяется целями, ради которых составляется баланс. Если представляет интерес расход энергии при производстве единицы продукции, то размерность будет выражена в Дж/ед. прод., если же интересуют вопросы поступления и расходования энергии во времени, то размерность будет выражена в Вт/ или Дж/период. Периодом может быть год, месяц, сутки, час или время цикла производства продукта. В некоторых случаях баланс составляют в единицах расхода условного топлива.

Энергетический баланс базируется на законе сохранения энергии. Исходя из этого, для любого исследуемого объекта, который

можно рассматривать как систему, сумма всех видов энергии, подведенных к ней, всегда равна сумме энергии, использованной в системе и переданной за ее пределы. Применительно к тепловому агрегату этот закон математически выражается следующим образом:

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{\text{хим}} + \Sigma Q_{\text{эл}} + \Sigma Q_{\text{г}} + \Sigma Q_{\text{в}} + \Sigma Q_{\text{м}} + \Sigma Q_{\text{экз}} = \\ = \Sigma Q_{\text{л}} + \Sigma Q_{\text{энд}} + \Sigma Q_{\text{отх}} + \Sigma Q_{\text{пот}} \pm \Delta Q_{\text{м}}, \end{aligned} \quad (11.1)$$

где $\Sigma Q_{\text{хим}}$ — химическое тепло, получаемое в результате сжигания топлива;

$\Sigma Q_{\text{эл}}$ — тепло, получаемое в результате подведения к процессу электрической, механической и других видов энергии;

$\Sigma Q_{\text{г}}$ — физическое тепло топлива;

$\Sigma Q_{\text{в}}$ — физическое тепло дутья*;

$\Sigma Q_{\text{м}}$ — физическое тепло сырья и других материалов, участвующих в процессах создания продукции;

$\Sigma Q_{\text{экз}}$ — тепло экзотермических реакций (реакций, идущих с выделением тепла).

Приведенные выше статьи составляют приходную часть энергетического баланса. Расходная часть включает:

$\Sigma Q_{\text{л}}$ — физическое тепло получаемой продукции;

$\Sigma Q_{\text{энд}}$ — тепло эндотермических реакций (реакций, идущих с поглощением тепла);

$\Sigma Q_{\text{отх}}$ — физическое тепло отходов всех видов;

$\Sigma Q_{\text{пот}}$ — потери энергии нагревом тары, механизмов загрузки и выгрузки; потери за счет теплопроводности ограничивающих систему поверхностей, потери за счет излучения через открытые окна, отверстия и пр. (эта статья включает также затраты тепла на нагрев реакторов и на нагрев оборудования, находящегося внутри реактора);

$\pm \Delta Q_{\text{м}}$ — расхождение баланса, которое образуется из-за невозможности учета всех потерь тепла.

Результаты расчетов энергетических балансов целесообразно представлять в табличной форме. В частности, приведенный в табл. 11.2. пример характеризует тепловой баланс металлургической печи, рассчитанный в тепловых единицах на 100 т жидкой стали.

* Дутье может состоять не только из воздуха, но и кислорода, используемого в качестве интенсификатора в процессах сжигания топлива, а также в технологических процессах и др. Дутье, как воздушное, так и обогащенное кислородом, может поступать в систему нагретым, при этом, естественно, в нее будет вноситься определенное количество тепла.

Таблица 11.2

**Тепловой баланс рабочего пространства сталеплавильной печи
емкостью 100 т, кДж/плавка**

№	Приход тепла	кДж 10 ⁻⁶ плавка	%	№	Расход тепла	кДж 10 ⁻⁶ плавка	%
1	Химическое тепло от сжигания топлива	962,0	63,8	1	Физическое тепло стали	189,0	12,5
2	Физическое тепло воздуха	421,2	27,9	2	Тепло эндотермических реакций	7,8	0,5
3	Тепло экзотермических реакций	124,9	8,3	3	Физическое тепло отходов: шлака продуктов сгорания топлива	20,2 1097,7	1,3 82,8
				4	Тепловые потери: с охлаждающей водой в окружающую среду	126,1 150,81	8,4 4,5
	Итого	1508,1	100		Итого	1508,1	100

Аналогично схеме построения материального баланса, после обследования может быть построен стоимостной баланс исследуемой производственной системы и (или) процесса (операции), который предполагает учет затрат на сырье и материалы, амортизацию оборудования, заработную плату, энергию, другие переменные и постоянные издержки производства, а также доходы от реализации продукции и некоторых отходов. Представление об этом дает рис. 11.3, на котором приведены основные компоненты такого баланса.

Рентабельное производство должно приносить прибыль, необходимую для его развития. Поэтому доход, полученный от продаж продукции, отходов (в виде вторичного сырья), энергии, должен быть больше затрат, связанных с производством продукции:

$$\sum_{i=1}^m D_i > \sum_{j=1}^n C_j. \quad (11.2)$$

Анализ стоимостного баланса позволяет не только качественно и количественно охарактеризовать производственный процесс с эколого-экономических позиций, но и разрабатывать наиболее эффективные мероприятия, обеспечивая тем самым получение максимальной прибыли.

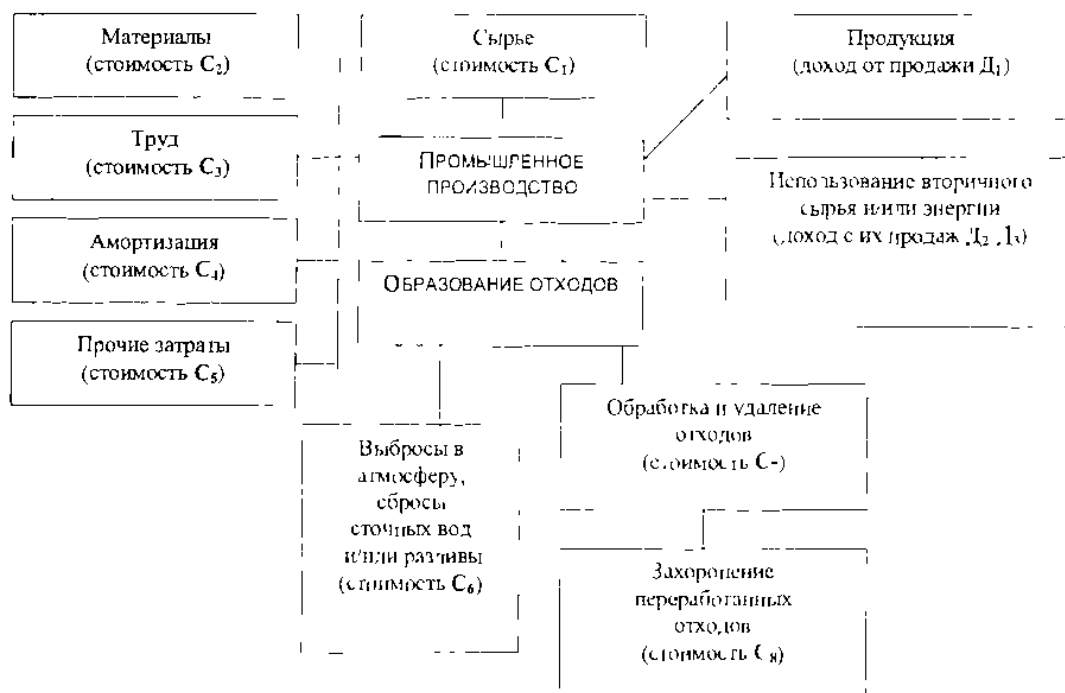


Рис. 11.3. Элементы, формирующие стоимостной баланс

Реализация планируемых мероприятий требует их предварительной экологической и экономической оценки. Цель первой — установить положительное и отрицательное влияние проекта на окружающую среду, цель второй — определить экономическую эффективность проектных мероприятий. Экологическая оценка проекта осуществляется в результате расчета воздействий на окружающую среду (см. 10.1) и анализа экобалансов — материального и энергетического.

Экономическая эффективность природоохранных мероприятий определяется путем сопоставления конечных экономических результатов, полученных вследствие их реализации, с необходимыми для осуществления этих мероприятий затратами. Следовательно, для расчета показателей экономической эффективности необходимо определить, во-первых, общую сумму полного экономического результата, получаемого от внедрения таких мероприятий, во-вторых, общую сумму затрат, направленных на их реализацию.

Полный экономический результат природозащитных мероприятий выражается суммой предотвращенного с их помощью годового экономического ущерба от загрязнения среды и величиной годового прироста дохода от соответствующего улучшения производственной деятельности предприятия. Он рассчитывается следующим образом:

$$P = \Delta Y + \Delta D, \quad (11.3)$$

где P — экономический результат природозащитных мероприятий, тыс.руб./год; ΔY — предотвращенный экономический ущерб, тыс.руб./год; ΔD — прирост дохода, тыс.руб./год.

Величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения среды равна разности между величинами ущерба, который имел место до осуществления планируемого мероприятия (Y_1), и остаточного ущерба после его проведения (Y_2):

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2. \quad (11.4)$$

Расчет Y_1 и Y_2 производится по специальным методикам.

Годовой прирост дохода от улучшения производственных результатов при проведении природозащитного мероприятия определяется по формуле

$$\Delta D = \sum_{i=1}^{m_1} D_{1i} - \sum_{i=1}^{n_1} D_{2i}, \quad (11.5)$$

где первое слагаемое отражает величину доходов до реализации проекта, а второе — величину доходов после его внедрения.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность в данном случае определяется путем деления годового объема полного экономического эффекта (P), за вычетом эксплуатационных расходов на содержание и обслуживание природозащитных объектов (C), на величину капитальных вложений (K), обеспечивающих этот результат,

$$\mathcal{E} = (P - C)/K. \quad (11.6)$$

Полученное значение общей эффективности (\mathcal{E}) сравнивается с достигнутым на предприятии уровнем рентабельности инвестиций (R). Если расчетная величина \mathcal{E} больше R , то мероприятие можно рекомендовать к реализации.

Применение этого и других показателей общей экономической эффективности возможно в том случае, когда мероприятие малозатратное и может быть осуществлено в течение года. Данные показатели называют *статическими*, поскольку в их расчете не учитывается фактор времени. Если на реализацию мероприятия требуются большие затраты и продолжительное время, то необходимо рассчитывать *динамические* показатели эффективности по специальным методикам с применением дисконтирования разновременных затрат и эффектов. Результаты экологической и экономической оценки планируемых мероприятий, направленных на защиту окружающей сре-

ды и обеспечивающих рациональное природопользование, служат основанием для заключения о практической возможности и экономической целесообразности реализации соответствующих мероприятий.

Контрольные вопросы

1. Какие главные принципы определяют макроэкономическую деятельность?
2. Какие задачи подлежат решению на микроэкономическом уровне?
3. В чем преимущество сочетания территориальных и отраслевых планов природопользования?
4. Какие факторы следует учитывать при планировании природопользования с целью снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду?
5. Каковы причины, вызывающие необходимость установления платы за использование природных ресурсов?
6. Для каких негативных воздействий установлена плата за выбросы, сбросы и размещение отходов?
7. Какие методы применяются для экономического регулирования природопользования и охраны окружающей среды?
8. С какой целью используются экобалансы?
9. Какие факторы оказывают влияние на величину экономической эффективности природоохранных мероприятий?

Глава 12. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ И СЦЕНАРИЕВ ВЫХОДА ИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА

В мировой литературе оценки глобального экологического состояния меняются от оптимистических («необходимо предотвратить возможный экологический кризис») до умеренно пессимистических («планета находится в преддверии экологического кризиса»), хотя на региональном уровне часто даются и самые пессимистические оценки («жесточкий экологический кризис»). Четкий ответ на такой вопрос должна дать научная концепция экологической безопасности.

Многие специалисты обсуждают вопрос о *допустимых хозяйственных нагрузках* на экосистемы и признают, что есть пределы таких нагрузок. При этом они не дают рекомендаций о способах их определения, а также о пределах нагрузки на биосферу планеты в целом. Многие исследователи пытаются заглянуть в будущее. Для этого выявляются тенденции социально-экономического развития как отдельных регионов, так и всего мира.

В пределах выявленных тенденций разрабатываются глобальные и региональные модели развития. При этом важно учитывать, что XXI в. будет отличаться от XX в., по крайней мере, следующими особенностями:

1) возросшим населением земного шара (до 8 млрд человек в 2030 г.), что само по себе создаст огромную экологическую нагрузку;

2) разработкой новых технологий, существенно меняющих характер взаимоотношений человека с природой; например, постепенным переходом к биотехнологиям в сельском хозяйстве вместо применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений (хотя биоинженерия может привести к серьезным негативным последствиям, связанным с отсутствием должного контроля над организмами);

3) возможным существенным изменением климата под влиянием повышения концентрации парниковых газов в атмосфере и повышением уровня Мирового океана;

4) возрастанием пространственных масштабов и долговременности экологических изменений, а также разнообразными проявлениями интерактивности и синергизма воздействий на окружающую среду.

12.1. Общие подходы к глобальному моделированию

Обычно первоисточником экологических проблем оказываются особенности социально-экономического развития, поэтому решающее значение приобретают:

- разработка моделей, описывающих взаимосвязь между социально-экономическими факторами и изменениями в окружающей среде;
- оценка воздействий на окружающую среду со стороны новых технологий, а также мер законодательного и политического характера, культурных традиций.

При построении моделей принципиальное значение имеет выбор индикаторов экологических изменений и определение их приоритетов. К числу приоритетных индикаторов принадлежат:

- энергопотребление (его эффективность, роль различных видов, экологические последствия и т. п.);
- водные ресурсы (их типы, распределение среди пользователей, потребление на единицу валового национального продукта и др.);
- природные возобновимые ресурсы (производство продукции на единицу ресурсов, буферная емкость почв и озер, уменьше-

ние концентрации кислорода в морях и озерах, баланс биогенов, динамика лесов и сельскохозяйственных земель, аккумуляция токсикантов и др.);

- регулируемые возобновимые ресурсы (тип и объем урожая, потребление удобрений, гербицидов и пестицидов, импорт и экспорт первичных и переработанных продуктов питания и т. п.);
- уровень загрязнений и используемые для его мониторинга средства;
- характеристики использования земель.

Разработанный Международным институтом прикладного системного анализа проект «Будущее окружающей среды в Европе» показал, что наиболее оптимален вариант сценария, предполагающий экологически благоприятное социально-экономическое развитие в Европе и в других регионах. К концу 70-х годов XX в. в мировом научном сообществе сложилось четкое представление о кризисной экологической ситуации. Исследователи указывали на экспоненциальное возрастание антропогенных нагрузок на экосистему Земли и приближение жизненно важных для существования человека констант и переменных состояний к таким критическим пороговым значениям, за которыми наступят необратимые явления в круговоротах и циклах воды, углерода, азота и др.

Уже в начале XX в. была сформулирована необходимость глобального подхода к экологическим проблемам человечества. Так, В.И. Вернадский писал о возможности истощения важнейших видов невозобновимых природных ресурсов, анализируя эту проблему в контексте превращения человечества в геологическую силу. В дальнейшем сформировалось три основных варианта численного прогнозирования социально-экологических процессов:

- 1) о конкретных сроках истощения запасов того или иного вида невозобновимого сырья;
- 2) о численности населения, которое может «прокормить» Земля;
- 3) о динамике численности этого населения в мире, в отдельных странах и регионах как составных частях глобальной системы.

При прогнозировании вероятных сроков истощения запасов отдельных видов сырья динамика роста их потребления сопоставляется с конкретной оценкой запасов на базовый год прогноза. Простые подсчеты определяли сроки истощения запасов при заранее обусловленных показателях: неизменном уровне потребления и запасов; равномерных темпах роста потребления и разведанных запасов. Подобные расчеты по отдельным видам полезных ископаемых или их сочетаниям, технологически взаимосвязанным или замеща-

ющим, ведутся уже несколько десятилетий. Их результаты включены в официальные правительственные документы и материалы международных организаций, например, в отчеты ООН по промышленному развитию. Основной недостаток отраслевых прогнозов заключается в том, что в них игнорируются прямые и обратные связи даже в производственной системе «спрос—цены—издержки—добыча—запасы». Как свидетельствует опыт функционирования национальных и мировых рынков сырья, рост спроса (потребления) при ограниченности уже подготовленных к эксплуатации запасов ведет к росту цен, что позволяет вовлечь в оборот ранее нерентабельные месторождения или стимулирует поиск новых технологических процессов с пониженными нормами расходов данного вида сырья или применением менее дефицитных заменителей. Поэтому конкретный уровень запасов на любой, отдельно взятый год или период зависит от объема средств, вложенных в разведку, подготовку и вовлечение месторождений в эксплуатацию (запасы категории $A+B+C1$), а также в оценку месторождений по общим геохимическим данным и отдельным геологическим пробам (запасы категории $C2$). Первые обычно используются для текущего планирования, вторые — для перспективного (подробнее см. 9.2). Отраслевые прогнозы, базирующиеся только на оценках запасов сырьевых ресурсов, не учитывают экологических последствий использования в производстве все больших масс сырья, особенно при добыче тяжелых металлов из руд с весьма низким содержанием в них основных компонентов и углеводородов.

Такой же простой была чисто арифметическая методика прогнозов на тему «Сколько же людей может прокормить Земля?». В них сопоставлялись площади земель, пригодных для сельского хозяйства, уровни урожайности в земледелии и продуктивности животноводства, достигнутые в наиболее развитых странах. Расчет максимально высоких урожаев и надоев затем сопоставлялся с научными рационами питания (по калорийности и содержанию белка), после чего рассчитывалось гипотетическое население Земли, которое она вполне может прокормить. Подобные прогнозы до сих пор используются в политике, хотя они обладают многочисленными уязвимыми местами.

Географическая оценка показывает, что допустимая доля пахотных земель определяется сочетанием природных условий в различных зонах и ареалах и зависит от сложного, еще недостаточно изученного сочетания экологических факторов, а не от чисто технических возможностей сводить естественную растительность и орошать пустыни.

Многие «резервные территории», например обширные зоны пустынь и влажные тропические леса, играют значительную роль в поддержании глобального экологического равновесия.

Меньшие по размерам ареалы имеют такое же значение для региональных и местных экосистем. Кроме того, опыт переноса агротехники интенсивного сельского хозяйства, созданной для условий умеренного пояса, в зоны сухих и влажных тропиков чаще всего приводил к опустыниванию и деградации почв.

Опыт «зеленой революции» показал, что с экономической точки зрения быстрое повышение урожайности требует больших затрат на семеноводство, производство удобрений и средств защиты растений, искусственное орошение, механизацию, на обучение крестьян новым методам ведения сельского хозяйства. Прямые и полные затраты на эти цели приводят к резкому росту суммарной нагрузки на среду как в аграрных регионах, так и в центрах производства удобрений, химикатов, машин и др. Кроме того, любые изменения конъюнктуры мирового рынка (например, рост цен на нефть) ведут к росту затрат на удобрения, машины, химикаты, а это повышает издержки на сельскохозяйственную продукцию.

Поскольку для всех прогнозов — экономических, социальных, экологических, политических — базовую роль играют демографические оценки, то глобальные прогнозы роста населения мира, его регионов и стран приобрели наибольший размах и получили официальный международный статус в виде регулярных публикаций демографического департамента ООН. Эти прогнозы носят чисто демографический характер и основаны на учете высокой инерционности демографических процессов, благодаря которой серьезные изменения демографического поведения и основных демографических характеристик происходят в ходе смены поколений. Основным расчетный метод — когортный анализ, т. е. передвижка (сдвиг в будущее) возрастных когорт населения с учетом повозрастной смертности. Вариантность прогнозов связана со значительной неопределенностью, вызванной недостаточной методической разработкой динамики управляющих переменных как собственно демографических, так и экономических, культурных, социальных.

В последние 10–15 лет глобальные модели претерпели существенную эволюцию. Поэтому ниже будут рассмотрены особенности глобальных моделей разных поколений.

12.2. Глобальные модели первого поколения: прогнозирование

Демографический взрыв и глобальное распространение стереотипов потребительского общества привели к столь резкому обострению экологических проблем, что качественные подходы и отдельные количественные прогнозы не могли удовлетворить ни научное сообщество, ни общественность, ни лиц, принимающих решения в правительственных и международных организациях. Согласно логике научного познания и ввиду очевидной потребности общества возникло новое методологическое междисциплинарное направление — глобальное моделирование, предназначенное для количественного анализа современных и будущих тенденций развития глобальной социально-экономической системы. Методической основой этого направления стали современные направления в математике и вычислительной технике: системная динамика Дж. Форрестера, теория многоуровневых иерархических систем М. Месаровича, межрайонный межотраслевой подход «затраты—выпуск» В. Леонтьева, математическое программирование Л. Канторовича и др.

Всем глобальным моделям, независимо от конкретного математического аппарата, присуща глобальность в «двух измерениях» — предметном и пространственном. Первое означает, что в глобальных моделях должны учитываться экономические, демографические, экологические, социальные и политические факторы в их взаимосвязях и взаимодействиях. В пространственном аспекте глобальные модели должны включать весь мир, без исключения каких-либо стран или регионов.

Глобальные модели первого поколения были созданы в рамках проектов Римского клуба для реализации программ «Пределы роста» и «Человечество на перепутье». В них прогнозировались вероятные состояния глобальной социально-экологической системы в целом и в макрорегиональном разрезе при сохранении современных систем ценностей, ведущих к экспоненциальному росту численности населения Земли и производства материальных благ.

Прогноз или изучение, исследование последствий этого неуправляемого роста, подобного росту раковой опухоли, когда человечество может погубить всю биосферу Земли, стало задачей глобальной модели «Пределы роста». В ней впервые в количественной форме были определены примерные «физические или внешние пределы»:

1) общая площадь потенциальных пахотных земель — 3,2 млрд га (вдвое больше, чем в 1970 г.);

2) максимальная урожайность втрое выше среднего мирового показателя 1970 г.;

3) общие доступные запасы невозобновимых ресурсов в 259 раз больше, чем в 1970 г.;

4) уровень поглощения загрязнителей биосферой в целом и ее основными подсистемами в 25 раз выше, чем в природных экосистемах 1970 г.

Из пяти основных переменных состояний, определявших прогноз динамики глобальной системы, две — объем невозобновляемых ресурсов и уровень общего загрязнения — непосредственно определяли состояния глобальной системы, а другие, описывавшие рост населения Земли, промышленность и сельское хозяйство, давали основу для расчета антропогенных нагрузок. Ввиду положительных прямых и обратных связей при взаимодействии «рост населения — рост производства» обе переменные взаимно ускоряют рост друг друга и придают ему экспоненциальный характер даже при приближении к физическим пределам. Это уже привело к глубокой нестабильности глобальной системы, так как, согласно правилу «вето» У. Эшби, система не может находиться в равновесии, когда неравновесна одна из ведущих подсистем. Продолжение экспоненциального роста неизбежно приведет к глубокому кризису в первой половине XXI в.

Основные понятия и концепции этой модели — глобальная система, взаимосвязь ее динамических характеристик, внешние пределы — вошли в глобальное моделирование в качестве междисциплинарного анализа глобальных проблем человечества. Критика этой модели была связана с отсутствием в ней пространственно-структурной дифференциации глобальной системы.

В модели «Человечество на перепутье» впервые была проведена регионализация глобальной системы: моделировался не мир в целом, а система взаимосвязанных стран и регионов, что в дальнейшем стало общим правилом построения глобальных моделей. Учитывая различную природу моделируемых факторов и регионов, можно дифференцировать прогнозы по социально-экономическим типам стран и по отдельным глобальным проблемам, а также использовать одно из важнейших свойств глобального моделирования — рассчитывать и анализировать не одну возможную траекторию динамики глобальной системы или семейства близких по характеру траекторий, а различные ряды вариантов и альтернатив развития, используя сценарный подход в моделировании.

В этой глобальной модели выдвинута гипотеза о возможности замены экспоненциального роста ограниченным, что обусловлено взаимодействием между регионами глобальной системы. Таких ре-

гионов было выделено 10: Северная Америка, Латинская Америка, Западная Европа, Восточная Европа и СССР, Северная Африка и Ближний Восток, КНР и социалистические страны Азии, Япония, Океания, а также ЮАР. Вместо прогнозного горизонта в 130 лет, как в модели «Пределы роста», прогноз в этой модели рассчитывался лишь на 50 лет (1975–2025 гг.). Вместо общего кризиса глобальной системы анализировались более вероятные и реальные регионально-формационные кризисы — разрыв в уровнях экономического развития, занятости, обеспечения продовольствием и др. Поэтому основное внимание уделялось сценариям, которые анализировались по пяти взаимосвязанным моделям.

Для экологического аспекта мирового развития было выделено различие в характере кризиса при некоторых общих чертах. Так, для стран высокого уровня экономического развития основную опасность представляли загрязнения и развитие ядерной энергетики, а для развивающихся — прогрессирующее истощение природных ресурсов и рост населения во взаимосвязи с продовольственной проблемой. На примере последней была отчетливо выявлена необходимость принятия неотложных мер, ибо задержки могут привести не только к экономическим потерям, но и к разрушению среды обитания обширных регионов. Так, даже по предположению о снижении уровня рождаемости до уровня смертности к 2025 г. во всех регионах мира «нагрузка на биосферу» резко возрастает. Например, в районах Южной Азии на каждый квадратный километр возделываемых площадей прибавится 390 человек.

Коль скоро результаты прогнозов по модели «Человечество на перепутье» во многом определили дальнейшее развитие моделирования и стали своеобразной базой и точкой отсчета для следующих моделей, приведем краткое содержание основных прогнозных сценариев.

Рост населения. По первому сценарию в регионах «Юга» сохранятся современные тенденции, и к 2025 г. их общее население втрое превысит население мира 1970 г. При отсутствии направленной политики регулирования роста населения (планирование семьи, административные меры и т. п.) неизбежно перенаселение с последствиями «по Мальтусу». Во втором сценарии политика регулирования роста населения может привести к выравниванию коэффициентов рождаемости и смертности к 2010 г., а с учетом накопленного демографического потенциала, к «нулевому росту» в 2050 г. И в этом сценарии население «Юга» удвоится к периоду стабилизации. При задержке введения политики регулирования на 10 и 20 лет насе-

ние Земли к 2050 г. может увеличиться до 8 млрд человек и до 10 млрд человек соответственно.

Отсрочки с введением политики регулирования роста населения в развивающихся странах ведут к различным последствиям, прежде всего, к росту детской смертности от голода и недоедания. Кроме того, рост населения влияет и на такой важный социально-экономический показатель, как занятость. Так, в странах Южной Азии современный прирост потенциальной рабочей силы составляет 750 тыс. человек, а к 2010 г. может достигнуть 1 млн человек.

Продовольственная проблема. Анализ на глобальном уровне проводился с учетом общего производства, объемов международной торговли и запасов.

В первом сценарии для анализа были приняты условия:

- рост населения замедлен;
- земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур, используются полностью;
- новые системы орошения обеспечивают эффективное использование водных ресурсов;
- средняя урожайность сельскохозяйственных культур увеличена на 10 ц/га по отношению к уровню 1975 г. за счет повышенного внесения удобрений. Например, в Южной Азии к 2000 г. прогнозировался расход удобрений, численно равный их потреблению в США на уровне 1970 г.

Для этих условий потребность минеральных удобрений в Южной Азии может превзойти уровень мирового потребления 1960 г. Однако даже при этом для предупреждения массового голода потребуются импорт продовольствия из других регионов. К 2025 г. дефицит белков может достигнуть 50 млн т, покрыть который за счет импорта будет затруднительно как экономически, так и физически: в уплату за него может потребоваться до 1/3 валового регионального продукта, что втрое превысит выручку за региональный экспорт. Сложность перевозки и хранения белка, эквивалентного 500 млн т зерна, ясна из сопоставления с объемом мировой торговли зерном (200 млн т).

Во втором сценарии рассматривались последствия отказа от импорта зерна при сохранении остальных оптимистических предположений. В этом случае кризис может оказаться максимальным в 2010 г. Смертность из-за недоедания может вдвое превысить обычный уровень; затем она снизится, но за счет гибели примерно 500 млн детей в возрасте до 15 лет. Голод может охватить обширные территории и создать катастрофическую ситуацию в ряде стран.

В *третьем* сценарии изучена возможность перевода инвестиций из промышленности в сельское хозяйство. При этом первые 25 лет урожайность могла бы расти быстрее, чем при обычном распределении капиталовложений, и достигла бы максимума к концу 90-х годов, но из-за последующего замедления роста урожайности общее производство продовольствия к 2025 г. не превысило бы уровня, который был бы достигнут без перераспределения средств. Застой в промышленности привел бы к деградации всей экономики региона, безработица превысила бы все мыслимые пределы, а социально-экономический хаос вызвал бы развал всех региональных структур задолго до 2025 г.

В *четвертом* сценарии сочетание мер по сокращению рождаемости до уровня смертности за 15-летний период, большое внимание к сельскому хозяйству без сокращения инвестиций в промышленность и восполнение дефицита за счет импорта сводят проблему обеспечения продовольствием к изысканию средств для оплаты примерно 100 млн т зерна в год.

В *пятом* сценарии рассмотрена единственная, по мнению авторов модели, возможность избежать острого кризиса в странах Южной Азии. Для этого необходимы глобальные усилия для покрытия баланса продовольствия и платежей региона, в частности, для развития промышленных производств, конкурентоспособных на мировых рынках. Лишь сочетание пяти типов мер — глобальный подход ко всем аспектам проблемы; инвестиционная, а не товарная помощь (исключение — продовольствие); сбалансированное экономическое развитие всех регионов мира; эффективная политика ограничения роста населения; диверсификация отраслей производства — могут предотвратить глубокий кризис в Южной Азии и регионах-аналогах.

Энергетика и цены на нефть. При исследовании различных аспектов энергетического кризиса анализировались потоки нефти в мировой торговле, а также возможности широкомасштабного развития атомной энергетики. Сопоставлялись цели стран-экспортеров энергоресурсов и стран-импортеров на примере торговли нефтью между странами Северной Африки и Ближнего Востока с развитыми капиталистическими странами. При этом предполагалось, что развивающиеся страны-экспортеры стремятся к максимальному росту цен на нефть, сбережению ресурсов нефти, накоплению капиталов в зарубежных банках. Для достижения этих целей возможно повышение цен на нефть, ограничение добычи нефти до уровня 10–15 млрд баррелей в год, использование доходов от нефти в качестве экономического и политического оружия в отношении стран-импор-

теров. Ответные действия могут включать рост собственной добычи, развитие альтернативных источников энергии, свертывание производства наиболее энергоемких видов продукции, повышение цен на товары, импортируемые странами—экспортерами нефти.

В ряде сценариев исследовались связи между различными ценами на нефть и валовым региональным продуктом, а также уровни накоплений капиталов стран—экспортеров в банках стран—импортеров. Расчеты показали, что сохранение низких цен на нефть невыгодно для всех регионов. Эти цены замедляли рост ВВП и накоплений капиталов в регионах Северной Африки и Ближнего Востока и вели к «перегреву» экономики развитых капиталистических стран, а потому надолго могли отложить разработку альтернативных источников энергии и энергосберегающих технологий, что привело бы к тяжелому кризису вследствие быстрого истощения запасов «дешевой» нефти к 2010 г.

Неуклонный рост цен на нефть ведет к повышению ВВП и накоплений региона Северной Африки и Ближнего Востока, но лишь до определенного уровня, выше которого цены приобретают «запретительный» характер и стимулируют резкое снижение импорта и другие ответные меры.

В непосредственной связи с перспективой истощения наиболее доступных источников традиционных энергоресурсов в модели были проанализированы общие тенденции развития мировой энергетики, в частности роль атомной энергетики. Из-за потенциально высокой экологической опасности этого вида предпочтение было отдано набору различных видов энергии, в том числе «чистых» видов, которым отводилась ведущая роль в энергетике будущего. Относительно АЭС было показано, что для полного перехода к 2075 г. на атомную энергетику нужно было уже с 1975 г. вкладывать в их строительство до 60% мирового валового продукта.

Разрыв в уровнях доходов между странами. Это — одна из наиболее острых глобальных проблем, которая пагубно сказывается и на благосостоянии большинства человечества и на возможностях сохранения среды обитания. В первом сценарии изучались в основном современные тенденции при сохранении достигнутого уровня помощи развивающимся странам и оптимистическом предположении о замедлении темпов роста их населения к 2010 г. Прогноз показал, что разрыв в абсолютных и относительных показателях не только не сократится, но и возрастет. Так, в странах Латинской Америки разрыв в показателях дохода на душу населения по сравнению с развитыми капиталистическими странами возрастет с 1:5 до 1:8; в стра-

нах Южной Азии и Тропической Африки разрыв составит не менее чем 1:20.

Во *втором* сценарии изучались необходимые условия для сокращения разрыва до 1:3 в более развитых и 1:5 в менее развитых странах «третьего мира». Расчеты показали, что для этого потребовались бы совершенно нереальные темпы роста помощи развивающимся странам.

В *третьем* сценарии было введено допущение об отсрочке решений о принципиально новых нормах помощи (в % ВВП развитых стран) до 2000 г. с тем, чтобы к 2025 г. развивающиеся страны могли достичь отмеченных выше уровней. Прогноз по этому сценарию оценивает объем помощи в 10,7 трлн долл, что на 3,5 трлн долл. больше сумм, рассчитанных по второму сценарию.

Четвертый сценарий использовал предположение о более раннем начале крупномасштабной помощи (250 млрд долл. в год) по сравнению с третьим сценарием. В этом случае планируемые разрывы в уровнях доходов между странами могли бы быть достигнуты к 2025 г. с суммарными затратами в 2,5 трлн долл.

Из приведенных данных следует, что благосостояние развивающихся стран может быть улучшено лишь при значительной финансовой помощи со стороны развитых стран.

К недостаткам модели «Человечество на перепутье» относят слабое отслеживание связей между экономической, демографической и экологической подсистемами глобальной системы. Регионализация системы предназначена для экономико-демографического анализа, а экологические моменты в значительной мере упущены. Проблемы деградации среды затронуты лишь косвенно при анализе продовольственной проблемы, а роль и возможность региональных экологических катастроф не анализируется вообще. Характер производственных региональных функций оценивался по статистическим данным, которые предопределяли аграрно-сырьевую специализацию развивающихся стран, в том числе на весь период прогноза, т. е. до 2025 г. Между тем не была учтена начавшаяся уже в 1970-е годы «новая индустриализация», связанная с переносом в развивающиеся страны многих отраслей обрабатывающей промышленности.

12.3. Глобальные модели второго поколения: нормативный подход

На следующей стадии глобального моделирования был начат поиск возможностей математического анализа различных управляющих воздействий, использования нормативов, заданных на осно-

ве общественных приоритетов. Одними из первых в этом направлении стали опыты, проведенные в Центральном экономико-математическом институте (ЦЭМИ) РАН в рамках системы МИР (машинная имитация решений). Введение элементов планирования и управления не означало приоритета жесткой нормативности прогноза, но заключалось в построении механизмов воздействия на траектории переменных состояния, описывавших динамику глобальной системы и ее важнейших подсистем: экономической, социально-политической и экологической.

Важной чертой построения этих моделей стал предмодельный анализ в виде специальных качественных гипотез развития отдельных подсистем. В ходе построения этих гипотез оценивались результаты социально-политического и экономического развития мира в целом и его крупнейших стран и регионов за базовый период (1950—1970 гг.); прослеживались структурные сдвиги в экономике, политике, социальной сфере, народонаселении; экспертно оценивались возможности крупных сдвигов в сложившихся структурах в зависимости от их инерционности и особенностей поведения, включая чувствительность к внутренним и внешним воздействиям. На этой стадии впервые были использованы такие интегральные показатели, как частное и общее равновесие, престиж отдельных стран и коалиций и другое, что было необходимо для имитации согласованных решений в социально-политической сфере. Была разработана базовая модель глобальной системы в виде симметричной структуры из трех основных блоков — экономического, социально-политического и экологического — для описания каждой отдельной страны или региона, и трех подблоков — международной торговли, международных отношений, международных территорий и акваторий — для моделирования системы взаимосвязей и взаимоотношений в глобальной системе. Уже на этой стадии выяснилась недостаточность жесткой системы регионализации мира для всех блоков модели.

Так, для экономического и экологического блоков основой регионализации стал удельный вес отдельных стран и регионов в производстве и потреблении экономических благ и природных ресурсов. Однако подобный подход оказался неприемлем для социально-политического блока, и особенно для подсистем международных отношений. Ряд стран, которые по экономическим показателям можно было учитывать в границах крупных регионов, пришлось выделить для адекватного моделирования внутривнутриполитических процессов и международных отношений.

Все моделируемые процессы в первом приближении были разделены на *сильно-* и *слабоинерционные*. К первым относились те, на которые принимаемые решения воздействуют со значительным временным лагом. В их числе оказалось большинство демографических, экологических, а также экономических процессов. На вторые процессы принимаемые решения, напротив, воздействуют достаточно быстро. К ним были отнесены многие финансовые и общественно-политические процессы.

Экологический блок состоял из описания динамики шести основных факторов, которые в совокупности образовали множество, необходимое и достаточное для описания экосистемы человека. В число этих факторов вошли воздух, пресная вода, земля, минеральные ресурсы, продовольствие и само население (как центр экосистемы). На втором уровне введено 14 количественных характеристик: загрязнение воздуха и пресных вод, баланс пресных вод и земли, энергетические и прочие минеральные ресурсы, калорийность рациона и содержание белков, баланс питательных веществ в почвах, общая численность и темп роста населения, его заболеваемость. На третьем уровне вводились ограничения по шкале: норма, предкризисное состояние, кризис. На четвертом определялись частные равновесия, на пятом — интегральная оценка экологического равновесия для запросов в экономический блок на выделение необходимых ресурсов. Демографические расчеты, первоначально входившие в экологический блок, пришлось выделить в специальную модель, ибо характер демографического роста во многом определял состояние других подсистем.

В развивающихся странах были разработаны собственные глобальные проекты. В целевую функцию модели были введены не стандартные показатели экономического роста (валовой национальный продукт или доход на душу населения), а минимальные потребности для каждого человека в пище, жилье, просвещении, здравоохранении, занятости и коммуникациях. Эти потребности были заданы количественными параметрами: 3000 ккал (12,5 МДж) и 100 г протеинов в суточном рационе; один дом (4 маленькие комнаты) на одну семью; 12-летнее обучение для 98% детей, начиная с 6—8-летнего возраста. Такая постановка придала этой латиноамериканской модели не имитационный, а планово-оптимизационный характер: будущее развивающихся стран прогнозировалось в виде достижения определенного состояния, определяемого удовлетворением заданного круга показателей. Пять секторов экономики: производство продовольствия, производство других потребительских товаров и услуг,

производство средств производства, строительство жилья, просвещение в каждом регионе (индустриальные страны, Латинская Америка, Африка, Азия) — призваны удовлетворять минимальные потребности (как абсолютный нижний рубеж в любых плановых постановках). В свою очередь, это достигается оптимизацией такого обобщенного критерия, как средняя продолжительность жизни, который послужил для интеграции разнородных показателей удовлетворения материальных и духовных потребностей человека.

На первом этапе применения глобальной модели впервые прогнозировалось изменение климатических условий на Земле вследствие антропогенного загрязнения атмосферы и влияние этого загрязнения на развитие мирового рынка сырьевых товаров. Расчеты показали, что основной проблемой конца XX в., оказалась не проблема добычи природных ресурсов в целом, а разрыв между спросом и предложением энергоносителей. В данной модели не были установлены возможности серьезного изменения глобального климата при росте потребления энергии менее чем в 10 раз от уровня 1970 г.

На втором этапе была построена экономическая модель (6 отраслей, 9 регионов), в которой анализировалась обоюдная перестройка структур производства как в индустриальных, так и в развивающихся странах с тем, чтобы последние смогли резко расширить свой экспорт на мировом рынке. Этого можно достичь путем ускоренной индустриализации развивающихся стран, причем рост обрабатывающей промышленности должен быть скоординирован общими механизмами мировой торговли. В региональных субмоделях рост населения, промышленного производства и потенциального спроса увязан с инвестициями и в итоге производственная структура региона оптимизируется по критерию уровня жизни при сбалансированности внешнеторгового оборота. Один из частных выводов — необходимость большего внимания к сельскому хозяйству как в странах Латинской Америки и Африки, так и в странах Северной Америки и Океании для сбалансирования продовольственного спроса и предложения на мировом рынке.

Конструктивные возможности глобального моделирования привлекли внимание международных организаций, прежде всего из системы ООН. Под руководством В. Леонтьева в ООН был разработан проект «Будущее мировой экономики» для решения многих дискуссионных вопросов, связанных с выработкой рекомендаций к «третьему десятилетию развития» (1981—1990 гг.) и попыткой установления «нового международного экономического порядка». Целью этого проекта было не прогнозирование, а проектирование развития

мировой экономики. Его методическую основу составили различные модификации межотраслевого баланса: национальные, макрорегиональные, межрегиональные (для мировой торговли), взаимодействия экономики и среды (эколого-экономические).

В проекте учитывалось взаимодействие 45 отраслей в 15 регионах, а также восемь видов загрязнения среды и пять видов очистной деятельности. При регионализации учитывалась обеспеченность природными ресурсами, в том числе нефтью. Было просчитано восемь альтернативных вариантов развития мировой экономики, различавшихся по гипотезам о динамике занятости, инвестициях, внешней торговле, платежном балансе, затратах на уменьшение загрязнения среды, структуре затрат на добычу полезных ископаемых.

Уровень развития определялся в основном по душевому национальному продукту (ВНП). И в этой глобальной модели анализировалась возможность сокращения разрыва между развитыми и развивающимися странами с 12:1 в 1970 г. до 7:1 в 2000 г. Основной метод — индустриализация, требующая резкого увеличения импорта оборудования. Для сглаживания неизбежного дефицита рассматривалось повышение цен на экспортное сырье, увеличение доли мировой торговли, целевые субсидии. Поскольку индустриализация неизбежно углубляет проблемы защиты среды, были специально рассчитаны необходимые доли ВНП, направляемые на экологические нужды, которые для устранения значительных загрязнений не должны быть ниже 1,5–2,5%, а для более адекватной реакции на нарушения в экосистемах — до 4–5%. Понятно, что такие расходы доступны только высокоразвитым странам.

12.4. Глобальные модели третьего поколения: проблемно-прогнозный анализ

Стремление к использованию глобальных моделей не только для анализа тенденций мирового развития и попыток прямого воздействия на него, но и для конкретных отраслевых и межотраслевых разработок привело к переориентации на проблемные глобальные модели. Основное внимание в них уделялось одной из глобальных проблем, а остальная проблематика моделировалась гораздо менее детально: как «необходимый глобальный фон» в виде дополняющих и вспомогательных секторов и видов деятельности (как правило, в сильно агрегированном виде).

Всю совокупность построенных моделей этого типа можно разделить на три крупные группы: общеэкономические, энергетичес-

кие и продовольственные. Несколько особняком стоит глобальная модель международной организации труда, где основное внимание уделялось прогнозу занятости по странам и регионам.

Старейшей в семействе общеэкономических моделей является система ЛИНК, созданная в США в Уортонской ассоциации эконометрических прогнозов для непосредственной помощи правительственным органам. В системе объединено 13 отдельных моделей по развитым капиталистическим странам, разработанных в каждой из этих стран: четыре модели ЮНКТАД для регионов развивающихся стран, модели СОВМОД для стран бывшего СССР и модель ЮНКТАД для восточноевропейских стран. Отдельно моделировалась мировая торговля, объединенная с моделями стран и регионов матрицей межстрановой структуры экспорта-импорта.

В 1987 г. Всемирная комиссия ООН по окружающей среде и развитию заострила вопрос о необходимости поиска новой модели развития цивилизации, опубликовав доклад *«Наше общее будущее»*, известный как доклад Гру Харлам Брундтланд, возглавлявшей работу Комиссии. Именно с этого момента получил право на жизнь термин «устойчивое развитие», под которым понимают такую модель движения вперед, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без лишения будущих поколений такой же возможности. Этот доклад лег в основу решений Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 г.)¹.

Наиболее многочисленно семейство энергетических глобальных моделей. Их создано более десяти, а главная их цель — прогноз поведения рынка нефти и других энергоресурсов при различных предположениях о динамике системы «спрос — предложение» в условиях многообразия темпов социально-экономического и технологического развития, структуры цен и т. п. Детальная проработка секторов производства и потребления энергоресурсов сочетается, как правило, с высокой степенью агрегации остальных отраслей и секторов хозяйства, а данные демографических прогнозов чаще всего задаются экзогенно. Все это снижает прогнозную ценность самих моделей.

Большой интерес представляют и продовольственные модели ввиду важности этой глобальной проблемы. С них и началась разработка проблемно-прогнозных моделей. Образцом здесь во многом остается модель голландского проекта «Удвоение населения и продовольственного снабжения». В этой модели регионализация мира

¹ Эти решения будут рассмотрены в следующей главе

была произведена тремя способами: по социально-экономическим формациям, территориальной смежности и почвенно-климатическим признакам (было выделено 106 ареалов). Наряду с более детальной географической дифференциацией сельскохозяйственного производства было проведено различие между социальными слоями в отдельных странах. На основании данных о доходах и уровнях потребления в каждой стране было выделено шесть социальных групп, и обеспечение продовольствием прогнозировалось не для всего населения страны в целом, а в соответствии с его социальной структурой.

Географическая и социальная дифференциация обусловили более содержательные результаты. Четко выявился относительный характер недостатка продовольствия в мире, ведущая роль социально-экономических, а не технологических причин продовольственного дефицита в отдельных странах и регионах. С этим связано и медленное внедрение современных методов ведения хозяйства, новых видов агротехники, приспособленных к специфичным природным условиям большинства развивающихся стран.

Другой подход к продовольственной проблеме был использован в английской глобальной модели, основной задачей которой было углубленное изучение экономических аспектов снабжения продовольствием на внутренних и внешних рынках. Анализ различных прогнозных сценариев привел к общему выводу: решение продовольственной проблемы связано не только с сельским хозяйством, но и с общей экономической структурой, развитием промышленности и других видов деятельности в интересах повышения национального дохода, обеспечения платежеспособного спроса и т. п.

Конечная цель всех экологических исследований — поиск путей обеспечения нормальных условий жизни людей настоящего и будущих поколений. Человек существует в окружающей его среде. Поэтому экологические исследования должны прежде всего обеспечить сохранение пригодной для жизни человека окружающей среды. Первая и самая старая концепция экологической безопасности вытекала из жизненного опыта людей. Она подсказывала, что достичь чистоты того участка, где проживает человек, можно, убирая мусор и нечистоты.

К естественным процессам синтеза и разложения человек добавил различные виды хозяйственной деятельности, которые также включают синтез и разложение веществ. Однако технологии, применяемые человеком и направленные на использование и перестройку естественной биоты, оказались многоотходными. В своей хозяй-

ственной деятельности он создал в основном технологии синтеза, а функции разложения возложил на природу, которая в доиндустриальную эпоху достаточно успешно справлялась с этой задачей. Но по мере расширения хозяйственной деятельности и уничтожения природных систем природа перестала справляться с этим.

Любые ресурсы, товары и предметы, создаваемые или используемые человеком, рано или поздно обращаются в отходы. В последние 40 лет человек использует ежегодно до 100 млрд т разнообразного сырья (горные породы, сельскохозяйственная продукция, ископаемое топливо и т. д.) и с применением около 3500 км³ воды в год перерабатывает эту массу в конечные продукты, составляющие 1–2% первоначальной массы. Все остальное идет в отходы уже в процессе добычи и переработки сырья, а полученные продукты оказываются своеобразным «отложенным отходом». За 100 лет человек использовал такую массу вещества, которую все реки мира ежегодно выносят в океан, и столько воды, сколько ее выносится в океан за 10 лет. На каждый квадратный километр суши человек произвел более 100 тыс. т вещества. Основные отходы сосредоточены в местах компактного поселения людей. Именно поэтому области основного обитания человечества оказались сильно загрязненными, что привело к техногенному опустыниванию и деградации природы, серьезно повлияло на здоровье людей.

Первоначальные загрязнения воздействовали на человека в основном через воду, вызывая такие болезни, как дизентерия и холера. Поэтому и деятельность по очистке окружающей среды была начата с воды. Сначала нормировались выбросы и степень разбавления сточных вод, затем стали менять источники водоснабжения и, наконец, очищать и подготавливать воду для питья. Потом были созданы разветвленные системы уборки загрязнений с территории городских поселений с помощью канализации, сооружения высоких дымовых труб и вывоза твердого мусора на специальные свалки. Затем появились технологии сжигания мусора, его уплотнения и рециклинга.

После 1950-х годов произошел стремительный рост объема загрязнений и появились новые, особо опасные загрязнители. Широкое применение в сельском хозяйстве минеральных удобрений и ядохимикатов привело к новому типу загрязнения — территориальному, когда загрязнение поступает не из точечного источника, а со значительной площади или от значительного объема. К этому типу загрязнений относятся также сухие и мокрые выпадения из атмос-

феры. Экологические проблемы и нарушения окружающей среды связаны с неправильным ведением хозяйства. Для их решения надо создать «экологически чистое хозяйство». Это означает, что необходимо тем или иным способом обеспечить очистку от возникающих в процессе хозяйственной деятельности загрязняющих отходов, перейти к использованию экологически чистых источников энергии.

Однако реализация стратегии всеобщей очистки невозможна по экономическим причинам. Ниже это будет проиллюстрировано примером очистки дымовых газов тепловых электростанций от диоксида серы. Из антропогенных источников в атмосферу выбрасывается 60–70 млн т диоксида серы (главным образом в дымовых газах от сжигания топлива и обжига сульфидов металлов). Это 59–60% суммарного выделения диоксида серы всеми источниками, включая природные. Технически хорошо отработан процесс, обеспечивающий полное удаление диоксида серы при взаимодействии дымовых газов с оксидом кальция либо при вдувании в газ мелкодисперсной негашеной извести, либо при промывке газов суспензией известкового молока. При этом образуется сульфит кальция по реакции: $\text{CaO} + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3$. Для улавливания 70 млн т диоксида серы требуется 61,25 млн т оксида кальция, для получения которого необходимо добыть и подвергнуть обжигу 109,4 млн т известняка. При этом для обжига расходуется значительное количество кокса и происходит образование дымовых газов, состоящих из диоксида углерода и продуктов, образующихся при сгорании кокса. Добыча известняка и обжиг его связаны со значительными неблагоприятными воздействиями на окружающую среду. Возникает необходимость вывоза и захоронения или утилизации около 132 млн т сульфита кальция. Кроме того, в отвалы уходит около 200 млн т пустой породы от добычи известняка. Таким образом, обеспечивая полное удаление из газов диоксида серы, этот процесс очистки создает новые серьезные экологические проблемы.

Из приведенного примера следует, что стоимость очистных сооружений весьма высока и сопоставима со стоимостью основных фондов промышленности. Очистные сооружения в лучшем случае обеспечивают очистку на 80%. Хотя очистка на 100% технически и осуществима, все же по мере углубления степени очистки стоимость очистных сооружений возрастает экспоненциально. Более того, процессы очистки связаны со значительным расходом материальных и энергетических ресурсов, что создает крупные экологические проблемы при добыче, подготовке и транспортировке этих ресурсов.

Наконец, при очистке образуются вторичные отходы, которые также требуют удаления и обезвреживания. Это и шламы, образующиеся при мокрой очистке газов, и шламы биологической очистки сточных вод.

Многие развитые страны с рыночной экономикой пытаются путем принятия жестких экологических законов заставить производителей реализовать стратегию всеобщей очистки, что ведет к переложению экономических последствий такой деятельности на плечи потребителей и к общему ухудшению экологической обстановки.

Нередко полагают, что при переходе к централизованному управлению в глобальном масштабе можно реализовать стратегию всеобщей очистки, так как будет ликвидирован рыночный механизм, ведущий к максимальной скорости истощения природных ресурсов и изменениям природной среды. Однако это представление ошибочно, так как в системе централизованного управления намного выше накладные расходы, что вызывает еще большее истощение ресурсов и еще большие изменения окружающей среды.

Централизованное управление глобальной хозяйственно-биологической системой не представляется возможным из-за несопоставимости объема перерабатываемой информации и технических возможностей человечества. Так, в конце 1980-х годов человеком были созданы энергетические мощности, равные 10^{13} Вт, что соответствует потоку информации 10^{34} бит/с. Суммарная мощность всех компьютеров в мире в этот период не превышала 10^{14} бит/с. В начале XXI в., по тем же оценкам, все компьютеры человечества могут перерабатывать 10^{20} – 10^{22} бит/с. Но даже такой рост мощности компьютеров не позволит с высокой точностью управлять хозяйственно-биологическими системами, где потоки информации будут порядка 10^{36} бит/с. Таким образом, создать глобальную централизованно управляемую хозяйственно-биологическую систему пока не представляется возможным. Тем более что при наращивании управляющей системы на нее будет уходить возрастающее количество материальных ресурсов и все меньше их будет оставаться для поддержания качества жизни человека.

Осознание невозможности тотальной очистки и тотального управления выдвинуло еще одну концепцию, связывающую возникновение экологических проблем с чрезмерным потреблением, с использованием для этой цели технических достижений человечества. Особенно велика доля потребления у развитых стран. Так, в Китае потребление энергии на одного человека составляет 7%, а в Индии

голько 3% по сравнению с потреблением энергии в США. Рождение одного ребенка в США вызывает в 100 раз большее давление на природу и ресурсы, чем рождение ребенка в Бангладеш. Маловероятно, что предложение о сокращении потребления найдет понимание и поддержку в развивающихся странах, где значительная часть населения не может удовлетворить свои основные или даже элементарно необходимые потребности. Население этих стран составляет 80% населения Земли.

Кроме того, отказ от использования современных достижений науки и техники означал бы неизбежность гибели 85–90% населения планеты от голода и болезней. Наконец, сокращение потребления по сути представляет собой отказ от цивилизации и того культурного наследия, которым человечество владеет в настоящее время. Это сделает человечество неспособным к существованию из-за потери культурной информации — части генома современного человечества, существующей в виде уязвимого культурного наследия.

Глобальные модели стали рабочим методом комплексного прогнозирования глобальных проблем, оказывающих серьезное воздействие на мировое развитие за последние 25 лет. Понятие «пределы роста», анализ экономических и экологических последствий любой деятельности в полном жизненном цикле, «от колыбели до могилы», вошли в общую методологическую базу анализа глобальных и иных проблем развития человечества.

Обвинения в «неомальтузианстве» не смогли скрыть остроту проблемы роста населения Земли, угрожающей стабильности глобальной экосистемы и всей биосферы. Глобальные подходы показывают необходимость пересмотра всей системы ценностей, которой руководствуются, например, представители мировых религий. Практически все мировые религии не содержат внутренних ограничений беспредельного роста населения. В сочетании с повсеместно распространенными стереотипами потребительского общества это усугубляет нагрузку на среду. Одно из противоречий состоит в том, что снижение темпов роста населения в ряде стран связано с ростом промышленности и урбанизацией, что, в свою очередь, увеличивает нагрузку на среду за счет инженерных систем жизнеобеспечения.

До сих пор большинство глобальных моделей рассматривало экологические и чисто природные аспекты глобальных проблем только в связи с анализом социальных, экономических, демографических процессов, т. е. с позиций экологии человека. Понятно, что в центре моделирования должны находиться и чисто природные

процессы. Такой опыт накоплен при построении моделей глобального климата. Под руководством Н.Н. Моисеева (1985) был разработан ряд моделей климата, включая модель «ядерной зимы», наглядно показавшей, что для человечества и биосферы Земли ядерная война станет коллективным самоубийством.

Глобальные модели и сценарии прогнозов для экологически устойчивого развития Европы показывают необходимость: 1) энерго- и ресурсосбережения в промышленности и сельском хозяйстве; 2) снижения выбросов в окружающую среду путем применения малоотходных технологий; 3) повышения качества аппаратуры для контроля загрязнений; 4) стимулирования разработок экологически безопасных технологий и продукции; 5) сокращения применения удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве.

В рассмотренных глобальных моделях и в сценариях развития для Европы экологический результат отрицателен, так как рост населения требует роста производства. Однако в моделях не учтены природные аспекты с позиций реальной оценки уже существующей экологической ситуации. Из-за существенного недостатка информации в системы моделирования не включалась подсистема моделей биоты. Отсутствие адекватного описания процессов естественной биоты в математических моделях не позволяют дать ответы по решению основных экологических проблем. В этом и состоит общий недостаток всех глобальных моделей.

Хорошо известно, что сообщества естественных видов биосферы полностью определяют и поддерживают состояние окружающей среды, в которой существует человек. Поэтому охрана природы, сохранение естественных сообществ всех видов и нахождение величины порога допустимых возмущений биосферы станут главной экологической проблемой на ближайшее время.

Окружающая среда характеризуется прежде всего концентрациями химических соединений, потребляемых живыми организмами. По-видимому, концентрации этих биогенов сформированы самой биотой и поддерживаются ею на оптимальном для жизни уровне. Естественно, биота не может изменять такие характеристики природы, как поток солнечной радиации за пределами атмосферы, скорость вращения Земли, рельеф местности и вулканическая деятельность. Однако неблагоприятные изменения и случайные флуктуации этих характеристик биота может компенсировать путем направленного изменения управляемых ею концентраций биогенов окружающей среды аналогично действию принципа Ле-Шателье в физических и химически устойчивых состояниях.

Воздействие биоты на окружающую среду сводится к синтезу органических веществ из неорганических, разложению органических веществ на неорганические составляющие и соответственно к изменению соотношения запасов органических и неорганических веществ в биосфере. Естественная биота устроена так, что способна с величайшей точностью поддерживать пригодное для жизни состояние окружающей среды. При этом биота способна создавать биологическую продукцию, обеспечивающую компенсацию неблагоприятных геофизических процессов. Последние непостоянны и претерпевают большие флуктуации типа катастрофических извержений вулканов. Огромная производительность биоты позволяет в кратчайшие сроки восстанавливать любые нарушения окружающей среды так, чтобы эти нарушения были безопасны для любых видов живых организмов.

Однако огромная продуктивность, развиваемая биотой Земли, таит в себе скрытую опасность быстрого разрушения окружающей среды. Если целостность биоты будет нарушена, то окружающая среда может полностью исказиться за десятки лет. Известно, что концентрация диоксида углерода (CO_2) в атмосфере быстро увеличивается, что усиливает парниковый эффект и может привести к росту приземной температуры (глобальному потеплению). Этот процесс долгое время связывали только со сжиганием ископаемого топлива. Однако глобальный анализ землепользования, показывает, что на значительных территориях континентальной биосферы количество органического углерода не увеличивается, а уменьшается, причем скорость выброса углерода из континентальной биоты и органических запасов почвы совпадает по порядку величины со скоростью выброса ископаемого углерода от сжигания угля, нефти и газа. Следовательно, современная биота нарушает принцип Ле-Шателье. С начала XX столетия биота суши перестала поглощать избыток диоксида углерода из атмосферы. Наоборот, она начала выбрасывать углерод в атмосферу, увеличивая, а не уменьшая загрязнение окружающей среды, производимое промышленными предприятиями. Это означает, что структура естественной биоты суши оказалась нарушенной в глобальных масштабах.

Таким образом, в разрабатываемых математических моделях обязательно следует учитывать взаимодействие биоты с окружающей средой. Только при использовании таких моделей смогут быть обеспечены возможности поиска оптимальных путей решения стратегических задач устойчивого развития (см. гл. 13), а также эколого-экономические оценки этих путей с точки зрения перспектив реализации.

Контрольные вопросы

1. С какой целью разрабатываются модели по оценке экологических ситуаций?
2. Какие индикаторы используются при построении моделей выхода из экологического кризиса?
3. Какие сценарии выхода из экологического кризиса найдены с помощью моделей прогнозирования?
4. В чем сущность нормативного подхода при разработке глобальных моделей второго поколения?
5. Каково содержание термина «устойчивое развитие»?
6. Какими возможностями располагает проблемно-прогнозный анализ?
7. В чем особенности моделей «всеобщей очистки» и отказа от достижений науки и техники?
8. В чем проявляется роль биоты в процессах сохранения окружающей среды?
9. В чем заключается стратегия устойчивого развития?

Глава 13. КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И НОВЫЙ УРОВЕНЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

В последние три десятилетия XX в. человечество осознанно подошло к выводу о том, что в мире, где так много нужды, а окружающая среда ухудшается, невозможны здоровое общество и экономика. Однако экономическое развитие не может остановиться: оно должно пойти по иному пути, прекратив активное разрушение окружающей среды.

13.1. Основные факторы, способствующие формированию концепции устойчивого развития

Закон внутреннего динамического развития гласит: вещество, энергия, информация и динамические качества отдельных природных систем и их иерархии взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих потоков (свойств) вызывает сопутствующие функционально-структурные количественные и качественные перемены, сохраняющие общую сумму вещественно-энергетических, информационных и динамических качеств систем, в которых эти изменения происходят.

Особый интерес представляют следствия этого закона:

1) любое изменение среды (вещества, энергии, информации, динамических качеств экосистем) неизбежно приводит к развитию природных цепных реакций, идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых природных систем, образование которых при значительных изменениях среды может принять необратимый характер (принцип Ле-Шателье);

2) взаимодействие вещественно-энергетических компонентов (энергии, газов, жидкостей, субстратов, организмов — продуцентов, консументов и редуцентов), информации и динамических свойств природных систем не является линейно количественным, т. е. слабое воздействие или изменение одного из показателей может вызвать сильные отклонения в других, а возможно, во всей системе в целом;

3) производимые в крупных экосистемах перемены относительно необратимы; проходя по иерархии снизу вверх (от места воздействия до биосферы в целом), они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень¹.

Любые местные преобразования природы практически не влияют на величину относительного эколого-экономического потенциала в биосфере и в ее крупнейших системах. Изменение его возможно лишь путем значительного увеличения энергетических вложений. Другими словами, с течением исторического времени при получении из природных систем полезной продукции на ее единицу в среднем затрачивается все больше энергии (рис. 13.1).

Так, затраты энергии на одного человека (кДж/сут) в каменном веке составляли около 17 тыс., в аграрном обществе — 50 тыс., в индустриальную эпоху — 300 тыс., а в передовых развитых странах в конце XX в. — свыше одного миллиона, т. е. более чем в 60 раз по сравнению с нашими далекими предками. С начала XX в. к настоящему времени количество энергии, затрачиваемое на единицу продукции в развитых странах мира, возросло в сельском хозяйстве в 8–10 раз, а в промышленности в 10–12 раз. Общая энергетическая эффективность, т. е. соотношение энергии, вкладываемой в производство и получаемой с готовой продукцией, в промышленно раз-

¹ Эта мысль лежит в основе закона или правила необратимости эволюции (Д. Долло), по которому организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков. По-видимому, и в эволюционном ряду иерархии экологических систем не может быть повторений, хотя бы в силу того, что эволюционно неповторимы организмы, их составляющие.

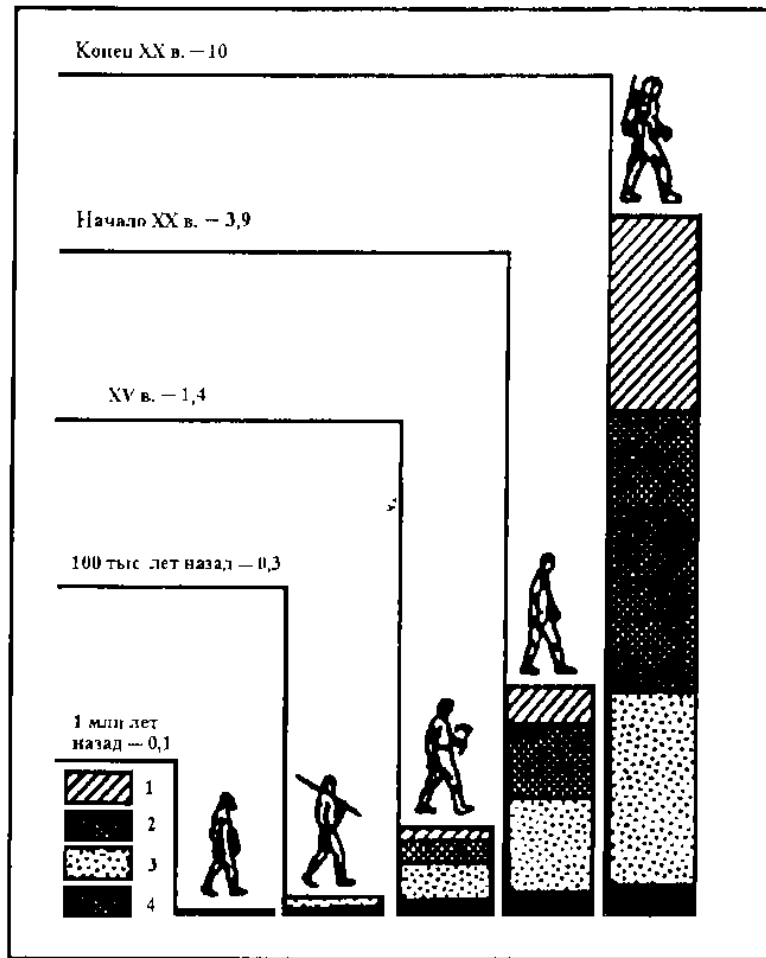


Рис. 13.1. Структура среднего индивидуального потребления энергии за год на различных этапах развития человеческого общества:
 1 — пища; 2 — домашние работы и услуги (включая торговлю, обучение);
 3 — промышленность и сельское хозяйство, 4 — транспорт

витых странах примерно в 30 раз ниже, чем в условиях примитивного земледелия.

Величины, относящиеся к XX в., получены на основе обработки статистических данных промышленно развитых стран. В ряде случаев увеличение затрат энергии в десятки раз на производство удобрений и обработку полей приводит лишь к весьма незначительному (на 10–15%) повышению урожайности, а падение природно-ресурсного потенциала — к росту энергетических затрат. Рост энергетических затрат не может продолжаться бесконечно. Следовательно, переход на новые, энергосберегающие технологии становится неизбежным. Необходимо рассчитать вероятный момент этого перехода, чтобы не стать жертвами термодинамического (теплового) и экологического кризисов.

Закон внутреннего динамического развития является одним из узловых положений в природопользовании. Пока изменения параметров среды слабы и произведены на относительно небольшой площади, они либо ограничиваются конкретным местом либо «гаснут» в цепи иерархии экосистем. Но как только перемены достигают существенных значений для крупных экосистем, они приводят к заметным сдвигам в обширных природных образованиях, а через них и во всей биосфере Земли. С социально-экономической точки зрения относительно необратимые изменения в природе в конечном итоге оказываются и трудно нейтрализуемыми, так как на их восстановление требуются больше материальных затрат и физических усилий.

Например, при перегораживании пролива Кара-Богаз-Гол глухой плотиной (для уменьшения потерь воды Каспийского моря от испарения) не были учтены первые три следствия закона внутреннего динамического развития, что привело в действие четвертое следствие этого закона (рис. 13.2), согласно которому следовало либо вовсе не возводить плотину, либо сразу строить водорегулирующие шлюзы.

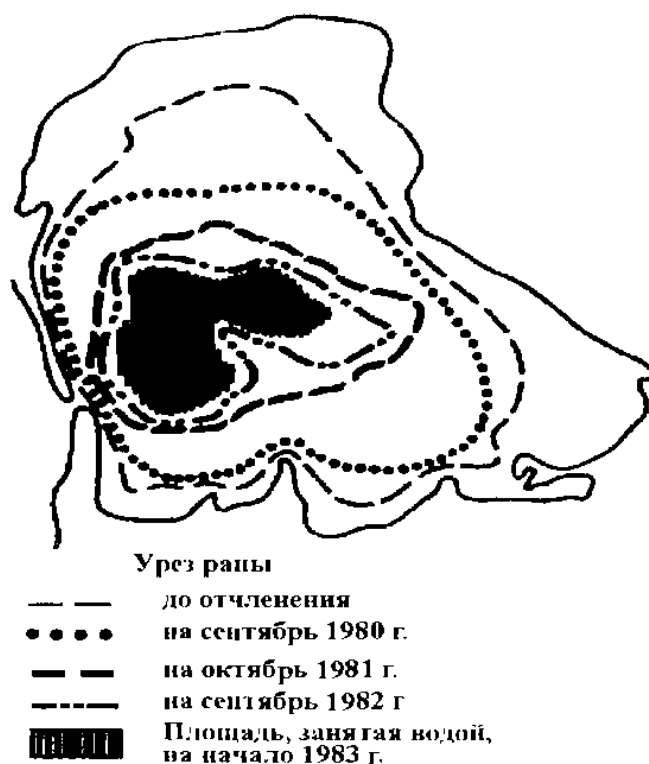


Рис. 13.2. Границы залива Кара-Богаз-Гол в различные периоды его отчленения от Каспийского моря (от создания плотины в проливе Кара-Богаз-Гол в начале 1980 г. до пропусков воды через трубы большого диаметра в 1984 г.)

Альтернативный пример (с учетом второго следствия) дает агролесомелиорация степных и пустынных пространств, особенно вторичного антропогенного происхождения. Восстановление лесов приводит к значительному улучшению водного режима, повышению влажности воздуха, уменьшению скорости ветра и другим положительным явлениям, увеличивающим продуктивность земель.

Биосфера Земли, как система, развивается не только за счет ресурсов планеты, но и опосредованно — под управляющим воздействием космических систем, прежде всего Солнечной. Однако необходимо сознавать, что космические воздействия преломляются земными процессами, и выявление прямых связей здесь носит вероятностный характер.

Таким образом, к настоящему времени накоплен большой объем фундаментальных знаний и знаний эмпирических закономерностей по проблеме «человек и окружающая среда», свидетельствующих о том, что первостепенными задачами человечества являются не только понимание сложной картины взаимоотношений в биосфере, но и практическое обеспечение устойчивого развития природы и общества.

13.2. Начало перехода к устойчивому развитию международного сообщества

Путь устойчивого развития международного сообщества постепенно становится все более ясным благодаря объединению усилий всего сообщества в выработке стратегии совершенствования человеческой цивилизации и определении средств ее реализации.

Подходы к формированию стратегии развития были заложены еще в 1972 г., когда представители 113 стран собрались на Стокгольмскую конференцию по окружающей среде — первую всемирную встречу по этой проблеме. Затем, в 1983 г., Организация Объединенных Наций создала Всемирную комиссию по окружающей среде и развитию. Четыре года спустя от имени этой авторитетной комиссии на весь мир прозвучало предупреждение о том, что человечество должно изменить многое в своей деловой активности и образе жизни, иначе ему предстоят необычайно тяжелые испытания и резкое ухудшение окружающей среды.

В 1989 г. Организация Объединенных Наций начала подготовку конференции по развитию и окружающей среде, на которой необходимо было сформулировать принципы достижения устойчивого развития. В течение двух лет эксперты со всего мира, готовящие

эту встречу, вырабатывали нелегкие соглашения. Международная система подготовки документов переговоров была открытой — как никогда прежде, — и тысячи людей из неправительственных организаций, представители бизнеса, образования, женских групп, коренных народов и многие другие смогли принять участие в этом процессе.

После завершения многоплановой работы по созданию проектов документов, в 1992 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия) во время конференции ООН по окружающей среде и развитию состоялась встреча глав и высокопоставленных должностных лиц 179 правительств. К ним присоединились сотни официальных лиц из организаций системы ООН, представители местных властей, деловых, научных, неправительственных и других кругов. Параллельно «Всемирный форум-92» провел серию лекций, семинаров и выставок для общественности по вопросам окружающей среды и развития. В них приняло участие 18 тыс. представителей из 166 стран, а также 400 тыс. посетителей. Деятельность участников конференции в Рио освещали 8 тыс. журналистов, а результаты их работы смотрел, слушал и читал практически весь мир.

Основные итоги встречи в Рио включают:

- «Декларацию по окружающей среде и развитию» («Декларацию Рио»), 27 принципов которой определяют права и обязанности стран в деле обеспечения развития и благосостояния людей.
- «Повестку дня на XXI век» — программу того, как сделать развитие устойчивым с социальной, экономической и экологической точек зрения.
- Заявление о принципах, касающихся управления, защиты и устойчивого развития всех видов лесов, жизненно необходимых для обеспечения экономического развития и сохранения всех форм жизни.
- Рамочную конвенцию Организации Объединенных Наций по проблеме стабилизации концентрации газов, вызывающих парниковый эффект в атмосфере, на таких уровнях, которые не вызовут опасного дисбаланса в мировой климатической системе (это потребует сокращения выбросов таких газов, как диоксид углерода — побочный продукт использования топлива для производства энергии).
- Конвенцию о биологическом разнообразии, которая требует от всех стран принятия мер по сохранению разнообразия живых существ и обеспечению справедливого распределения выгод от использования биологического разнообразия.

*13.2.1. «Декларация по окружающей среде и развитию»
(«Декларация Рио»)*

«Декларация Рио» включает следующие основные принципы:

- люди имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;
- сегодняшнее развитие не должно осуществляться во вред интересам нынешнего и будущих поколений;
- государства имеют суверенное право разрабатывать свои собственные ресурсы, но без ущерба окружающей среде за пределами их границ;
- государства должны разработать международное законодательство о компенсации за тот ущерб, который наносит их деятельность за пределами суверенных территорий;
- для достижения устойчивого развития защита окружающей среды должна составлять неотъемлемую часть этого процесса и не может рассматриваться в отрыве от него;
- государства должны сотрудничать в целях сохранения, защиты и восстановления целостности экосистемы Земли;
- экологические вопросы решаются наиболее эффективно 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;
- государства должны сотрудничать в деле создания 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;
- виновник загрязнения окружающей среды должен нести финансовую ответственность за это загрязнение;
- государства уведомляют друг друга о стихийных бедствиях или деятельности, которые могут иметь вредные трансграничные последствия;
- война неизбежно оказывает разрушительное воздействие на процесс устойчивого развития; поэтому государства должны уважать международное право, обеспечивающее защиту окру-

жающей среды во время вооруженных конфликтов, и должны сотрудничать в деле его дальнейшего развития;

- мир, развитие и охрана окружающей среды — взаимозависимы и неразделимы.

13.2.2. «Повестка дня на XXI век»

В этом документе отмечается, что человечество переживает решающий момент своей истории. Мир столкнулся с проблемами нищеты, голода, болезней, неграмотности и продолжающейся деградации экологических систем, от которых зависит наше благосостояние.

Единственный способ обеспечить себе более безопасное и более процветающее будущее — это решение проблем окружающей среды и экономического развития в комплексе и согласованно. Должны удовлетворяться основные нужды людей, повышаться уровень жизни для всех и в то же время — эффективно сохраняться экологические системы. Ни одна страна не может добиться этого в одиночку, однако все становится возможным через совместные усилия в рамках всемирного сотрудничества в целях устойчивого развития.

«Повестка дня на XXI век» отражает всемирное согласие и политические обязательства по вопросам развития и экономического сотрудничества. В ней рассматриваются как насущные проблемы сегодняшнего дня, так и вопросы подготовки к решению проблем следующего столетия. Признается, что обеспечение устойчивого развития является обязанностью в первую очередь правительств и что оно потребует разработки национальных программ, планов и политики. Усилия государств должны координироваться через международные организации, такие как Организация Объединенных Наций. Следует всемерно поощрять самое широкое участие общественности, а также активное участие неправительственных организаций и других групп. Решение задач, поставленных в «Повестке дня на XXI век», потребует существенного финансирования, особенно для развивающихся стран.

13.3. Социальные и экономические аспекты устойчивого развития

Для построения эффективного и справедливого мирового экономического порядка, который помог бы всем странам встать на путь устойчивого развития, необходимы отношения партнерства между всеми странами мира.

13.3.1. Социальные аспекты

Ожидается, что к 2020 г. население мира достигнет 8 млрд человек. Стратегии развития должны предусмотреть решения комплекса проблем роста населения, здоровья экологических систем, технологий и доступа к ресурсам. Основные цели развития включают:

- облегчение участи бедных;
- обеспечение средств к существованию;
- хорошее здоровье и качество жизни.

Планы развития должны быть направлены на удовлетворение таких потребностей, как снабжение продовольствием, наличие основного жилища и социального обслуживания, образования, благосостояния семьи и обеспечения занятости.

Каждая страна, решая демографические задачи как части национальной стратегии устойчивого развития, должна иметь представление о своих возможностях по жизнеобеспечению народонаселения. Нужно иметь в виду, что способность жизнеобеспечения — это возможность имеющейся базы природных ресурсов удовлетворять потребности людей без ее быстрого истощения. Особое внимание должно уделяться таким жизненно важным ресурсам, как вода и земля, а также экологическим факторам, таким как здоровье и биологическое разнообразие экосистем.

Однако решающую роль играет все же мировое прогнозирование возможных результатов сегодняшней экономической деятельности человека, включая демографические тенденции, использование ресурсов и распределение богатств на душу населения. В этих прогнозах на первый план выступает борьба с бедностью, которая определяется большим количеством различных причин. Поэтому никакое единичное решение не позволит покончить со всеми проблемами бедности во всех странах.

Каждой стране нужна своя программа, направленная на ликвидацию основных причин бедности: голода, неграмотности, недостаточного медицинского обслуживания и ухода за детьми, нехватки рабочих мест и демографического давления. Действиям отдельных правительств должна быть оказана поддержка, включая предоставление финансовой помощи, так как борьба с бедностью является общей обязанностью всех стран.

Целью программ, направленных на борьбу с бедностью, является создание условий, при которых люди могли бы больше зарабатывать на жизнь, причем на устойчивой основе. Для обеспечения устойчивости в течение продолжительного времени планы экономи-

ческого развития должны учитывать сохранение и защиту природных ресурсов. Политика развития производства без учета этих факторов приведет к падению его эффективности и росту нищеты.

Один из способов, который могут использовать национальные правительства для стимулирования развития, состоит в том, чтобы предоставить больше ответственности и ресурсов местным общественным организациям. Являясь важным источником новых идей и активности на местном уровне, они доказали свою способность создавать и поддерживать системы устойчивого жизнеобеспечения.

Местное население должно участвовать в охране и рациональном использовании природных ресурсов. Для этого ему нужны: доступ к земле, природным ресурсам и достаточные средства для продуктивной работы. Оно должно иметь долю от прибыли, получаемой в результате использования природных ресурсов своего региона. Для того чтобы работать более продуктивно, необходимо иметь лучшее образование и профессиональную подготовку. Этого можно добиться через местные учебные центры по обеспечению устойчивого развития.

Среди проблем, стоящих перед людьми, наиболее острыми являются следующие. Молодежь во все большей степени подвержена злоупотреблению наркотиками, незапланированным беременностям и болезням, передаваемым половым путем. Большинство женщин в развивающихся странах не имеют средств для улучшения своего здоровья, поднятия социального статуса и контроля рождаемости. Во многих регионах, и особенно в городах, миллионы людей страдают от таких болезней, как СПИД, полиомиелит, холера, туберкулез, проказа, малярия, и других, являющихся следствием отсутствия качественного жилья, недостатка чистой воды и санитарии, загрязнения окружающей среды. Коренные народы, чей жизненный уклад существенно изменился, страдают от безработицы, плохих жилищных условий, бедности и болезней в большей степени, чем остальное население.

Хорошее состояние здоровья зависит от социального, экономического и духовного развития, а также от качества окружающей среды, включая безопасную пищу и воду. В рамках общей стратегии достижения здоровья для всех каждая страна должна иметь план действий в области здравоохранения, в соответствии с которым следует:

- иметь национальные службы здравоохранения и контроля здоровья населения, способные не только фиксировать, но и предсказывать появление или рост заразных болезней; в эти службы должны также входить центры охраны здоровья, включая

и предназначенные специально для женщин, работающие под руководством женщин и предоставляющие безопасные и эффективные средства, связанные с деторождением, а также доступные и недорогие службы планирования семьи;

- обеспечить мужчин и женщин равными правами и средствами для ответственного выбора количества своих детей и определения сроков их рождения;
- обеспечить основные услуги здравоохранения для детей, включая вакцинацию, питание и защиту их от сексуальной и экономической эксплуатации;
- разработать программы для борьбы с загрязнением воздуха в помещениях и в атмосфере, а также способы безопасного удаления твердых отходов;
- контролировать распределение и использование пестицидов в целях сведения к минимуму риска для здоровья.

Таким образом, всем государствам следует создать программы по определению экологических факторов, угрожающих здоровью, ибо здоровье людей зависит от здоровья окружающей среды.

Значительную социальную проблему для населения планеты представляет урбанизация, которая рассматривается как часть процесса экономического развития (рис. 13.3). В городах производится 60% валового национального продукта. Транспорт поглощает около 30% мирового коммерческого производства энергии и около 60% мировой добычи нефти. Последствия этого проявляются через симптомы экологического и экономического кризисов — от загрязнения воздуха, отсутствия питьевой воды и антисанитарии до живущих на улицах бездомных.

Для того чтобы сделать жизнь в городах более комфортной и здоровой, необходимо:

- предоставить землю, кредиты и дешевые строительные материалы беднякам, бездомным и безработным;
- использовать при строительстве в основном местные материалы, безвредные для здоровья населения и окружающей среды;
- поощрять развитие энергосберегающих технологий, основанных на возобновляемых источниках — энергии солнца, воды, ветра и биомассы;
- способствовать сокращению миграции населения в большие города путем улучшения условий жизни в сельских районах, развития городов среднего размера, предоставляющих рабочие места и жилье;

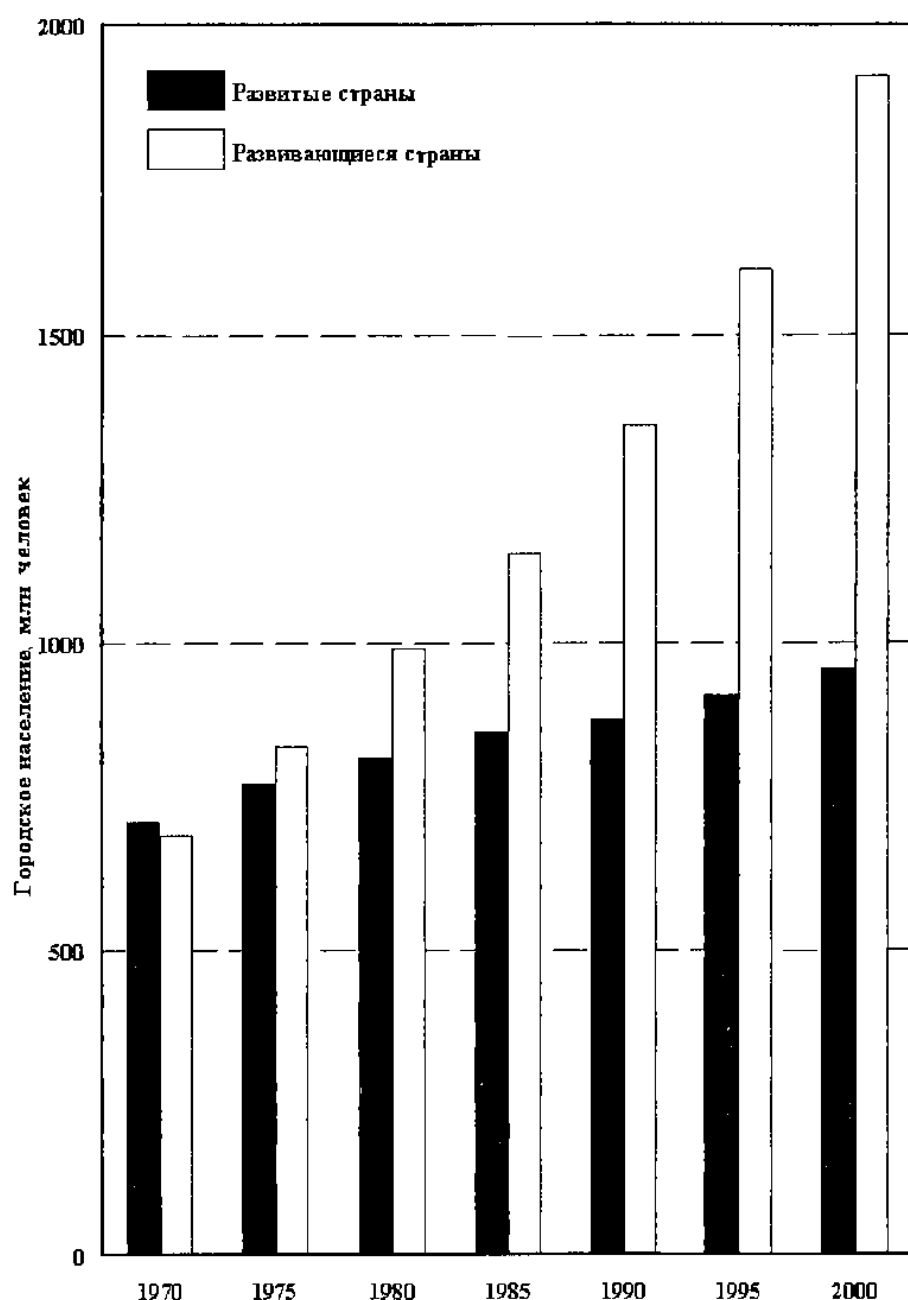


Рис. 13.3. Рост городского населения в развитых и развивающихся регионах, 1970–2000 гг.

- организовывать поселения в районах с пониженным риском ущерба от различных стихийных бедствий;
- оказывать помощь в подготовке специалистов в таких областях, как городское планирование, уменьшение отходов, обеспечение качества воды, санитария, эффективная энергетика и чистый рентабельный транспорт.

13.3.2. Экономические аспекты

Одной из основных причин постоянной деградации окружающей среды во всем мире является структура потребления и производства, не обеспечивающая устойчивости, особенно в промышленно развитых странах. При этом богатая часть населения, ведя расточительный образ жизни, создает огромную нагрузку на окружающую среду, тогда как другая не в состоянии удовлетворить свои потребности в области питания, здравоохранения, жилища и образования.

Необходим анализ спроса на природные ресурсы, обусловленный чрезмерным их потреблением, а затем поиск путей сведения к минимуму их использования. Достижение устойчивого развития потребует во многих случаях переориентации существующих систем производства и потребления с учетом изменения образа жизни и устранения зависимости от ограниченных ресурсов Земли.

В интересах обеспечения устойчивого развития всем странам следует:

- определить сбалансированные структуры потребления для всего мира, которые Земля сможет выдержать в течение продолжительного времени;
- найти пути, позволяющие обеспечить экономический рост и процветание при одновременном уменьшении расхода электроэнергии, сырья и производства отходов, что снизит нагрузку на окружающую среду, увеличит экономическую продуктивность и конкурентоспособность.

При этом правительствам необходимо поощрять эффективное производство, передачу экологически чистых технологий развивающимся странам и уменьшать расточительное потребление.

Обществу предстоит справиться с растущей массой отходов путем поощрения вторичной переработки, уменьшения объемов упаковочных материалов и стимулирования производства экологически безопасных продуктов. Устойчивое развитие вряд ли возможно, если не будет развиваться природоохранное законодательство, не будут использованы ценовые стимулы и рыночные механизмы, которые сделают ясной экологическую стоимость потребляемой энергии, сырья, природных ресурсов и накопления отходов.

В конечном итоге сами люди должны взять на себя ответственность за потребление товаров и услуг на устойчивом уровне. Правительства и деловые круги могут стимулировать такое стабильное потребление через систему образования, информационные программы, позитивное рекламирование продуктов и услуг, содействующих устойчивости.

Достижение устойчивости экономического развития связывают с развитием системы мировой торговли, которая должна поощрять оптимальное распределение производимой продукции и обеспечивать большую прибыль от экспорта бедным странам. Последние располагали бы большими ресурсами для капиталовложений в устойчивые формы развития. Однако в конце XX века падение доходов в сочетании с огромной внешней задолженностью не оставило многим развивающимся странам возможности осуществлять капиталовложения в целях устойчивого развития.

Для преодоления этой тенденции необходима международная стратегия, в рамках которой государствам следует:

- покончить с протекционизмом, в частности отказаться от односторонних торговых барьеров и поощрять либерализацию торговли;
- сократить субсидии, приводящие к несправедливой конкуренции;
- обеспечить содействие экологической и торговой политике устойчивых форм развития;
- позаботиться о том, чтобы экологические нормы не использовались в качестве средств произвольной и неоправданной дискриминации или в качестве замаскированных торговых ограничений;
- обеспечить вклад общественности в формирование, согласование и реализацию торговой политики.

Правительствам следует разработать стратегии устойчивого развития и объединить в единое целое политику в социальной и экологической сферах на всех уровнях, включая налоговые меры и бюджет. Эти стратегии должны предусматривать:

- социально направленное экономическое развитие с охраной ресурсной базы и окружающей среды;
- изменение стиля управления и планирования;
- анализ регулярных отчетов о ходе деятельности по обеспечению устойчивого развития;
- осуществление оценки роли окружающей среды как источника природного капитала и поглотителя отходов в национальных системах учета;
- содействие разработке законодательства по устойчивому развитию, основанного на разумных экономических, социальных и природоохранных принципах; обеспечение проведения этих законов в жизнь;

- использование ценовой, рыночной, налоговой и экономической политики правительств при определении отношения и поведения общества применительно к окружающей среде и возмещению экологического ущерба, особенно в таких областях, как энергетика, транспорт, сельское и лесное хозяйства, водопользование, переработка отходов, здравоохранение и туризм.

Стратегии движения к устойчивому развитию на международном и национальном уровнях нашли понимание во всех государствах мира. Однако уже на пути формирования и согласования подходов при разработке механизмов реализации стратегий возникли трудности. Эти трудности обусловлены противоречивостью интересов международного сообщества, требующего снижения техногенных нагрузок на окружающую среду в глобальном масштабе и интересов экономик отдельных государств, возражающих против одностороннего снижения таких нагрузок.

Глубокое понимание законов природы, ведущее к более точной оценке ущерба, наносимого природе от техногенных нагрузок, наряду с законотворческой деятельностью способно ускорить принятие согласованных решений в осуществлении стратегии устойчивого развития. В значительной степени этому будет способствовать формирование экологической культуры людей и их деятельность по созданию экологически чистых, ресурсо- и энергосберегающих технологий для различных отраслей промышленности, а также для средств связи, транспорта, сельского хозяйства и сферы услуг.

13.4. Мир после конференции в Рио-де-Жанейро

За годы после конференции в Рио-де-Жанейро во многих странах были сделаны огромные шаги. В частности, разработаны и приняты (парламентами и правительствами) международные, национальные и региональные научные и прикладные программы, благодаря чему созданы новые системы мониторинга; сформированы органы управления и координации по проблемам охраны окружающей среды; разработаны и действуют многочисленные ресурсосберегающие технологии и системы очистки среды.

Однако, несмотря на большие успехи в создании инфраструктуры и огромные финансовые затраты, глобальное ухудшение состояния окружающей среды продолжается и в обозримом будущем не прогнозируется остановка этого процесса или хотя бы его стабилизация. Это связано как с недостаточностью предпринимаемых усилий, так и с не вполне точной расстановкой приоритетов.

13.4.1. Анализ ситуации

Понимание неэффективности мер по глобальному оздоровлению окружающей среды привело к обсуждению последствий стремительного роста населения Земли и его давления на природную среду. В процессе этого обсуждения обозначились два направления. Одно из них предполагает возможность решения проблем окружающей среды на основе умеренного потребления, что обеспечит как благоприятные условия человеческой жизни, так и стабильность окружающей среды. Другое направление считает главным экономический рост на базе шадящих и ресурсосберегающих технологий и видит решение проблем окружающей среды в увеличении финансовых средств, направляемых на создание и распространение новых технологических решений.

Именно в рамках последнего подхода человечество пыталось решить все вопросы в период между Стокгольмом и Рио-де-Жанейро, а также в последующий период и не добились положительных результатов.

Основополагающая парадигма, в рамках которой решали и продолжают решать проблемы окружающей среды, формулируется следующим образом. Человек неправильно ведет свое хозяйство, поэтому прежде необходимо модернизировать и перестроить это хозяйство, создав при этом системы безотходных технологий и очистки, системы передачи шадящих технологий другим странам и увеличив финансирование природоохранных мероприятий.

Данная посылка порождает, по крайней мере, три иллюзии.

Первая предполагает возможность построения технологически чистого производства. Однако в условиях современных и обзримых технологий такой подход противоречит естественным законам природы и опирается на ложное представление о том, что существуют технологии, не истощающие природные ресурсы и не деформирующие природную среду.

Вторая — декларирует возможность создания такой социальной системы, при которой человечество может не ограничивать свою численность и при этом продвигаться в направлении повышения жизненного уровня и сохранения окружающей среды. Иллюзорность этого подхода подтверждается фактами. Несмотря на быстрый экономический рост последних пятидесяти лет, в мире увеличилось число бедных и голодающих. В то же время произошло сокращение площади пахотных и орошаемых земель на душу населения. Масси-

рованное использование удобрений и пестицидов, а также применение биотехнологий в растениеводстве не дали ожидаемых результатов по существенному увеличению урожайности. Лесные массивы, образно называемые «легкими планеты» за участие в процессах разложения углекислого газа и выделения кислорода в атмосферу, заметно сократились, в результате чего отмечается неуклонное повышение концентрации диоксида углерода в атмосфере и сопутствующее этому явлению развитие парникового эффекта.

Третья иллюзия основана на возможности реализации надежды человека о совмещении роста потребления и сохранении окружающей среды в условиях экономической и социальной стабильности. Однако мировое сообщество пока не в состоянии решать не только глобальные проблемы, но и многие локальные. Ни одна страна не информирует мировое сообщество о деформациях природной среды на своей территории. Регионы мира, где окружающая среда сильно нарушена или идет ее быстрая деградация (например, Африка), служат постоянными источниками разнообразных конфликтов, стихийных и экологических катастроф.

Мировое научное сообщество не осознало сложившуюся ситуацию, которую можно охарактеризовать как жестокий экологический кризис. В конце XX в. человечество столкнулось не с недостатками продовольственного или материального ресурса, а с недостатками экологического ресурса, ресурса хозяйственной емкости биосферы. Если не будут приняты адекватные меры, то в дальнейшем человечество автоматически придет к нехватке продовольствия и трудоспособного населения в результате распада генома человека, а также роста числа заболеваний, связанных с ухудшением экологической обстановки и появлением новых заболеваний.

Анализируя сложившуюся ситуацию и исключительно неблагоприятный прогноз на будущее, исследователи разных стран приходят к выводу о необходимости смены основной парадигмы в области окружающей среды. В научной литературе появляются такие ключевые слова, как «предельная хозяйственная емкость биосферы», «биотическое (биологическое) регулирование окружающей среды», «биосфера как система жизнеобеспечения», «природный баланс» и т. д. Идеи новой парадигмы заложены еще в работах В.И. Вернадского, других отечественных и зарубежных ученых. Основой новой парадигмы является вопрос об устойчивости биосферы и локальных экосистем (сообществ организмов), определяющая стратегию развития и выживания человечества на все обозримое будущее.

13.4.2. Окружающая среда и социальные проблемы

Состояние окружающей среды в любой местности следует воспринимать как результат социального согласия или компромисса между локальным сообществом и руководителями предприятий, которые обычно выступают и как работодатели. Члены сообщества, являясь потребителями предприятия оказываются загрязнителями среды. Государственная власть выступает арбитром и, в зависимости от уровня экологической напряженности в обществе, а также давления со стороны различных групп населения и производителей, устанавливает нормативы и правила, с помощью которых поддерживает тот или иной уровень состояния окружающей среды. При этом показателем качества обычно выступают некоторые концентрации загрязняющих веществ — предельно допустимые концентрации или их эквиваленты, биоиндикаторы. Эти показатели не имеют прямого отношения к порогу устойчивости биосферы, а выражают лишь уровень социального согласия между загрязняющими среду производителями и локальным сообществом.

Наиболее существенное влияние на здоровье человека оказывает разрушение им своей экологической ниши на значительной территории, о чем свидетельствуют данные роста генетических заболеваний, психических и врожденных нарушений. Социальные последствия этого процесса требуют пристального внимания, так как, возможно, именно с ними связаны распространение алкоголизма и наркомании, проявление невиданной жестокости при локальных конфликтах, снижение иммунного статуса организма человека, возникновение новых болезней, вспышки, казалось бы, искорененных болезней (холеры, малярии), нарушение общечеловеческих норм поведения и правопорядка. Глубинные механизмы, ведущие к распаду генома человека, невидимы и неосязаемы, из-за чего экологические приоритеты далеко не всегда оказываются на первом плане даже в государственной политике.

Превышение порога возмущения и неизбежность снижения используемой человеком мощности окружающей среды означает и необходимость ограничения численности населения Земли до уровня 10, 12 или 15 млрд человек в конце XXI в. Достижима ли такая стабилизация — это проблема, требующая пристального внимания не столько с позиций демографических и экономических, сколько социальных и экологических.

Устойчивость сбалансированности в течение многих миллионов лет биосферы, как системы, нарушена появившейся в ней подсисте-

темой, созданной человеком, стремительно переключающей на себя поток энергии, ранее потреблявшейся другими подсистемами биосферы, а также тот поток энергии, который биота захоронила в виде ископаемого топлива в процессе сохранения баланса и стабильности. В этой подсистеме эволюцию заменил прогресс, на котором базируется экономический рост, в свою очередь обеспечивающий ускорение прогресса. Однако однонаправленно развивающаяся подсистема принципиально нестабильна, а темпы ее роста становятся угрожающими. Признаков нестабильности уже достаточно много.

1. Социальные признаки свидетельствуют о том, что число людей, голодающих, бедных и не обеспеченных чистой водой, в мире постоянно увеличивается. Возрастает также число травм, отравлений, аварий и стихийных бедствий. Все большее число людей подвержено болезням, связанным с загрязнением среды, наркомании, алкоголизму и психическим расстройствам. Неуклонно понижается иммунный статус человека. Даже в развитых странах сохраняется высокий уровень безработицы. Таким образом, социальные условия сейчас весьма далеки от стабильности.

2. Экономические признаки свидетельствуют о том, что развитые страны не готовы отказаться от экономического роста, а развивающиеся страны повторяют тот же путь разграбления своих природных богатств и разрушения естественной природной среды. Таким образом, экономический рост не обеспечивает стабильности, а, напротив, служит фактором дестабилизации.

3. Демографические признаки проявляются в быстром росте населения планеты со все более возрастающим приростом. Проекты планирования семьи не подкрепляются ни экономически, ни социально. Идеи депопуляции просто не рассматриваются на уровне правительств. Господствует антропоцентризм, поддерживаемый практически всеми идеологиями. Групповые, национальные, региональные и партийные интересы преобладают над общечеловеческими. В итоге демографический фактор является едва ли не наиболее дестабилизирующим.

4. Политические признаки указывают на то, что мировое сообщество в состоянии разрешить только отдельные локальные проблемы и конфликты, но не способно обеспечить глобальную политическую стабильность.

Все перечисленные признаки нестабильности имеют экологический характер и служат причинами деформации окружающей среды. Опасный критический порог уже перейден. Дальнейший экономический рост и сопутствующий рост населения планеты ведут к уг-

лублиению и ускорению начавшейся катастрофы, а в дальнейшем — к коллапсу. Скорее всего, это будет коллапс человечества, результаты которого приведут к новому уровню стабилизации окружающей среды, как это уже случалось на Земле в прошлом, и, как следствие, к значительным изменениям живых организмов растительного и животного мира. Таким образом, биосфера и человеческое сообщество находятся в условиях нестабильности и развивающейся экологической катастрофы.

13.4.3. Некоторые принципы реализации концепции устойчивого развития

Концепция устойчивого развития может быть реализована только при условии соблюдения некоторых принципиальных подходов (условий, требований). *Первый* подход — это борьба с причинами, а не с последствиями неблагоприятной деятельности людей. Борьба со следствиями предполагает проведение, как отмечалось выше, бесперспективной политики всеобщей очистки. Борьба с причинами означает изменение характера деятельности, а также формирования и проведения политики, исключающей неблагоприятные воздействия на окружающую природную среду и нерациональное использование ресурсов.

Как было показано выше, *вторым* принципиально важным условием осуществления устойчивого развития является отказ от сложившейся в мире, и особенно в развитых странах, политики безграничного роста производства и потребления, так как никакие ресурсы не в состоянии обеспечить экологически безопасное проведение подобной политики.

Третьим, не менее важным условием является прекращение безграничного роста народонаселения, особенно в развивающихся странах, так как планета Земля уже сейчас содержит человеческую популяцию, в несколько раз превышающую ее природные возможности.

Четвертое условие — это переход к повсеместному использованию экологически чистого производства, т. е. производства, лишенного черт, делающих его экологически опасным, а также технологий, принципиально отличающихся от традиционных значительно меньшим образованием отходов и меньшим потреблением материальных и энергетических ресурсов в силу своего технического совершенства.

Пятым условием является понимание неразрывного единства экологических, экономических и технических проблем. Экономи-

ка любого производства неразрывно связана с его экологическими характеристиками, а экономические и экологические характеристики определяются техническим уровнем производства и его культурой. Для экологически чистого производства характерен высокий уровень его технического, экологического и экономического совершенства.

Шестое важное условие — это проведение анализа любого вида деятельности, связанного с производством машин, аппаратов, приборов, изделий и т. п., а также с оказанием услуг, производством и переработкой сельскохозяйственной продукции в их полном жизненном цикле. Смысл такого подхода состоит в том, что анализу подвергаются условия любой деятельности, любого производства, связанного с добычей соответствующих материальных ресурсов и энергоносителей и их использованием при создании потребительских товаров и услуг. При этом учитывается, что каждая технология оказывает определенное воздействие на окружающую среду и потребление ресурсов. С другой стороны, эксплуатация готовых изделий, механизмов, машин всегда требует потребления материальных и энергетических ресурсов. Этим процессам также сопутствуют неблагоприятные воздействия на окружающую среду. Наконец, после выработки ресурса изделий или машин их «жизнь» на этом не заканчивается. Необходима утилизация, которая должна обеспечить возможно более полное использование всех составных частей, что, естественно, не может быть реализовано без определенных затрат соответствующих ресурсов. Таким образом, анализ полного жизненного цикла — как говорят, «от колыбели до могилы» — должен привести к выбору таких инженерных решений, которые суммарно обеспечивали бы на всех этапах жизненного цикла любой продукции минимальные затраты и минимальные воздействия на окружающую среду.

Седьмое требование подчеркивает необходимость формирования и принятия определенности. Факторы, влияющие на экологическую обстановку, очень разнообразны, и характер этого влияния не всегда может быть точно прогнозируемым. Поэтому зачастую сама опасность неблагоприятных экологических последствий требует принятия определенных предупредительных мер, даже если нет уверенности в неизбежном наступлении этих последствий.

Восьмое условие — это учет человеческого фактора, т.е. формирование экологического мышления, развитие экологического образования, обеспечивающего повышение экологической культуры общества.

Наконец, *девятым* важным условием сохранения природы является борьба за сохранение биологического разнообразия, за пре-

дотворщение гибели видов, занесенных в Красную книгу, что, как известно, позволит выполнить требование по стабилизации экологических систем.

Указанные выше принципы сами по себе не решают проблему устойчивого развития нашей цивилизации. Однако на их основе правительства всех стран могут и должны разработать механизмы и условия реализации конкретных мероприятий, способных обеспечить реализацию этих принципов. Успехи деятельности в этом направлении будут с благодарностью оценены настоящим и будущими поколениями людей.

В заключение главы следует отметить, что программы по облагораживанию окружающей природной среды, по социально-экономическому развитию всех государств мира нашли отражение во всех основополагающих документах, принятых в Рио-де-Жанейро. Эти программы направлены на гармоничное достижение двух целей — высокого качества окружающей среды и здоровой экономики для всех народов, населяющих нашу планету, и, по существу, являются программами действий государственных органов каждой страны на XXI в. От того, как правительства смогут организовать перестройку экономики своих стран, обеспечив при этом широкое участие общественности в решении экологических проблем, в настоящем будет зависеть воплощение идей международного сотрудничества за устойчивое развитие жизни на планете Земля. Итоги этой деятельности будут проявляться на региональном, национальном и мировом уровнях.

Контрольные вопросы

1. Как проявляется закон внутреннего динамического развития и его следствия в экосистемах?
2. Как формировался путь к устойчивому развитию?
3. Какие цели преследует концепция устойчивого развития?
4. Какие права и обязанности людей заключены в принципах «Декларация Рио»?
5. Какие идеи отражены в документе «Повестка дня на XXI век»?
6. Какие социальные аспекты необходимо учитывать в условиях устойчивого развития?
7. Как обстоит ситуация с решением экологических проблем после конференции в Рио?
8. Как влияют современные социальные проблемы на деформацию окружающей среды?
9. В чем состоят принципы реализации концепции устойчивого развития?

Раздел IV

ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Глава 14. ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ

Атмосфера является тонкой и весьма чувствительной оболочкой Земли. В нижнем, прилегающем к земной поверхности слое атмосферы (тропосфере) на высоте от 7 до 18 км происходят основные процессы переноса воздушных масс, что приводит к изменениям ее состава, температур, давления и влажности.

При естественных условиях в атмосферном воздухе присутствуют различные газовые компоненты (CO , CO_2 , NO_x , SO_2 , NH_3 и др.), жидкофазные включения (H_2O , HCl , H_2SO_4 и др.), пылевые частицы минерального происхождения, споры растений, органические остатки (продукты разложения растений и животных). Их количество и состав в атмосферном воздухе нестабильны, но в естественных условиях колебания не выходят за пределы усредненного фоновое содержания, т. е. процессы природного круговорота веществ в биосфере не нарушаются.

Антропогенный фактор стал мощным ускорителем загрязнения атмосферы, уже сегодня вызывающим серьезные нарушения в процессах переноса веществ и такие негативные явления, как выпадение кислотных дождей, пыльные бури, смог и др.

14.1. Загрязнение атмосферы и контроль ее качества

Источники загрязнения атмосферы проявляются практически во всех видах хозяйственной деятельности человека. Их можно разделить на группы стационарных и подвижных объектов. К первым относятся промышленные, сельскохозяйственные и другие предприятия, ко вторым — средства наземного, водного и воздушного транспорта. Среди предприятий наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят теплоэнергетические объекты (тепловые электрические станции, отопительные и производственные котельные агрегаты), металлургические, химические и нефтехимические заводы. Приме-

ром крупного промышленного региона с характерным распределением загрязнения атмосферы по отраслям производства и хозяйственной деятельности является Средний Урал (рис. 14.1).

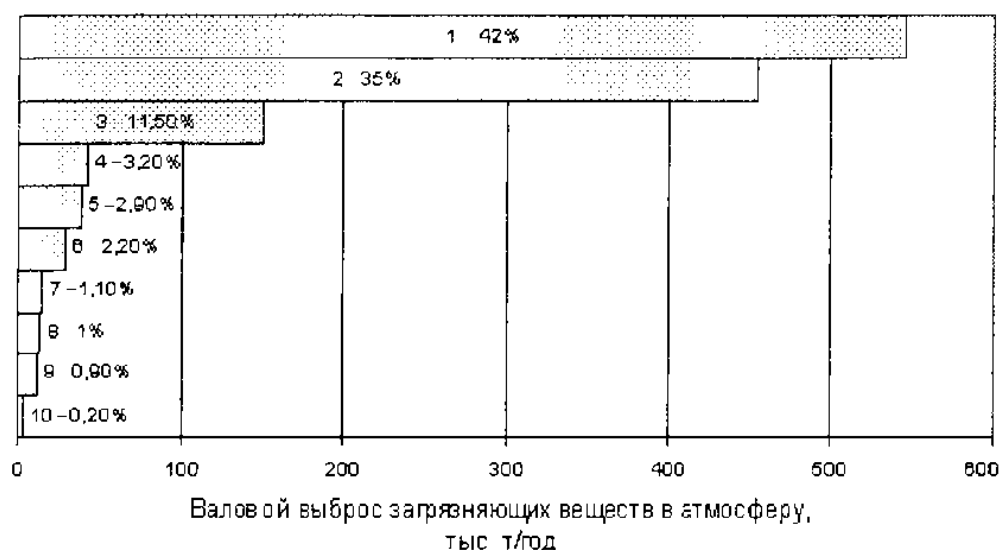


Рис. 14.1. Вклад источников антропогенной деятельности в загрязнение атмосферы Среднего Урала (1999–2000 гг.): 1 – металлургический комплекс; 2 – топливно-энергетический комплекс; 3 – транспортный комплекс; 4 – строительный комплекс; 5 – машиностроительный комплекс; 6 – жилищно-коммунальное хозяйство; 7 – лесной и лесохимический комплексы; 8 – химический комплекс; 9 – сельскохозяйственный комплекс; 10 – другие производства

Из числа подвижных источников самый крупный вклад в загрязнение атмосферы (особенно приземного слоя) вносят автотранспортные средства. Однако рассматривать воздействие источников загрязнения все-таки следует исходя из мест их размещения и размеров зон влияния на окружающую среду от вредных выбросов, поступающих в атмосферу. Из одних источников выбросы распределяются в приземном слое и распространяются на относительно небольшие расстояния (например, пыли при разгрузке железнодорожных вагонов с сыпучими материалами). Другие источники распространяют загрязняющие выбросы на большие расстояния, составляющие десятки и сотни километров. Это относится к выбросам металлургических объектов и объектов топливно-энергетического комплекса, имеющих высокие трубы для рассеивания дыма, воздушного транспорта (самолетов, ракетных комплексов и систем). Например, тепловая электрическая станция мощностью 1000 МВт, отапливаемая угольным топливом, выбрасывает в атмосферу 560 т/ч CO_2 , 105 т/ч H_2O , 14 т/ч SO_2 , 4 т/ч NO_x и 0,85 т/ч пылевых частиц (после

пылеуловителей). При рассеивании в атмосфере этих выбросов от дымовой трубы высотой 180 м зона загрязнения приземного слоя достигает 30–40 км. Высокотемпературные выбросы ракетных двигателей с интенсивностью 1,5 т/с на каждую ракету распределяются в зоне стартовой площадки и приземного слоя в течение 20 с. На высотах более 3 км они загрязняют атмосферу в продольном направлении на 30–60 км от их источника. При рассеивании выбросов из высотных дымовых труб и воздушных подвижных источников имеют место процессы трансграничного переноса веществ, когда газовые и тонкодисперсные твердофазные и жидкофазные загрязнители могут переноситься на тысячи километров от объектов образования.

Среди загрязняющих веществ пылевые загрязнения являются наиболее распространенными и типичными для большинства промышленных источников. Их химический состав зависит от характера того или иного производства и технологии. Например, пыль металлургических плавильных печей состоит из оксидов получаемых металлов (сплавов металлов), частиц шлака, флюсов, добавок. По химическому составу судят о токсичности пылей, решают вопросы их улавливания, нейтрализации, утилизации. Абразивные свойства пыли важны при выборе и эксплуатации оборудования для ее улавливания, хранения и транспортировки.

Плотность пыли определяется исходя из этих же целей и характеризуется тремя оценками: *истинная* плотность определяется отношением массы пыли к фактическому объему частиц; *кажущаяся* плотность — отношением массы пыли к фактическому объему частиц и пор в них (т.е. она несколько меньше истинной); *насыпная* плотность определяется отношением массы слоя частиц к объему, который он занимает (поскольку в этот объем входят объемы пор в частицах и объемы, не занятые частицами в слое, то *насыпная* плотность меньше *кажущейся*). Для выбора и эксплуатации оборудования определяют также угол *естественного откоса* — угол между горизонтальной плоскостью и образующей конуса, полученного после отсыпки пробы на плоскость.

Весьма важным показателем для работы газоочисток и эффективного улавливания пыли является ее *смачиваемость*, т.е. способность при контакте с жидкостью удерживать ее на своей поверхности. Чем мельче частица и круглее ее форма, тем хуже она смачивается. Этот показатель зависит и от химического состава пыли. Он определяется измерением доли смоченного и погрузившегося на дно сосуда с водой порошка, насыпаемого на поверхность воды (менее

30% — плохо смачиваемая; 30–80% — умеренно смачиваемая; более 80% — гидрофильная пыль).

Электрические свойства (омическое сопротивление) и магнитные свойства пылей (магнитная проницаемость) определяют для решения задач очистки выбросов и переработки уловленных частиц (улавливания пыли в электрических фильтрах, магнитной сепарации при обогащении и др.). Характер движения частиц в газовой среде, объемы слоя пыли зависят от формы и структуры частиц. Пылевые частицы условно делят на *аморфные* (близкие к сферическим), *зернистые* (осколки неправильной формы), *волокнистые* (волокна асбеста, текстильная пыль и др.).

Важнейшей характеристикой пыли, определяющей выбор установок для очистки выбросов и эффективного улавливания частиц, является их *дисперсный состав*, т.е. распределение массовых долей частиц по их эквивалентным размерам. Для улавливания крупных частиц используют простейшие экономичные аппараты, а мелкие частицы часто требуют использования не одного достаточно сложного и дорогого аппарата, а группы последовательно работающих установок. Дисперсный (или фракционный) состав определяют после выделения нескольких групп частиц, отличающихся диапазоном размеров. Например, три группы с размерами (d , мкм): $0 < d_1 \leq 10$; $10 < d_2 \leq 50$; $d_3 > 50$.

С точки зрения выявления опасных свойств пыли проводится оценка ее токсичности, экотоксичности, воспламеняемости, взрываемости и радиационных характеристик. Эти характеристики важны как для охраны и защиты здоровья людей и окружающей среды, так и для правильного выбора и эксплуатации оборудования по очистке газов.

В процессах переноса и улавливания пылей заметную роль играют адгезионные свойства частиц, т.е. способность частиц коагулировать (слипаться), образуя более крупные агрегаты. Так, частицы сажи относятся к *сильнослипающимся*, а частицы кварца в газовом потоке практически не коагулируют. Адгезионные свойства определяются по величине разрывной прочности искусственно сформированного слоя пыли и выражаются в паскалях.

Контроль атмосферного воздуха осуществляется с целью установления соответствия его состава и содержания компонентов требованиям охраны окружающей среды и здоровья человека. Контролю подлежат все источники образования загрязнений, поступающих в атмосферу, их рабочие зоны, а также зоны влияния этих источников на окружающую среду (воздух населенных пунктов, мест отдыха и др.).

Комплексный контроль качества включает следующие измерения:

- химический состав атмосферного воздуха по ряду наиболее важных и значимых компонентов;
- химический состав атмосферных осадков и снежного покрова;
- химический состав пылевых загрязнений;
- химический состав жидкофазных загрязнений;
- содержание в приземном слое атмосферы отдельных компонентов газовых, жидкофазных и твердофазных загрязнений (в том числе токсических, биологических и радиоактивных);
- радиационный фон;
- температура, давление, влажность атмосферного воздуха;
- направление и скорость ветра в приземном слое и на уровне флюгера (10 м от поверхности земли).

Данные этих измерений позволяют не только оперативно оценивать состояние атмосферы, но и прогнозировать неблагоприятные метеорологические условия.

Контроль состава газовых смесей и содержания в них примесей основан на сочетании качественного и количественного анализа. При качественном анализе выявляют присутствие в атмосфере специфических особо опасных примесей без определения их содержания. Применяют органолептический, индикаторный методы и метод тест-проб. Органолептическое определение основано на способности человека узнавать запах специфического вещества (хлор, аммиак, сера и др.), изменение окраски воздуха, чувствовать раздражающее действие примесей.

Данные этого метода нельзя считать абсолютно надежными, так как их результаты зависят от субъективного восприятия наблюдателя. Индикаторный метод связан с использованием специальной бумаги, изменяющей свою окраску (или теряющей окраску) в зависимости от наличия определенных примесей в воздухе. Здесь применяют также жидкие или пористые поглотители, пропитанные специальными реагентами, взаимодействующими с примесями и изменяющими окраску только при контакте с определенными примесями. Последний способ подходит и для количественного анализа примесей, отобранных поглотителем. При количественном анализе определяется состав отобранной пробы и содержание в ней примесей. На практике полный анализ обычно не проводится, а определяют лишь наиболее важные составляющие смесей.

Первым условием для надежного и достоверного определения содержания компонентов в смеси является правильный отбор про-

бы и ее обработка. Во-первых, должно быть определено представительное место отбора и точки отбора проб на анализ. Во-вторых, необходимо правильно выбрать метод отбора пробы. В-третьих, при отборе проб необходимо обеспечить представительный отбор пробы, при котором не нарушается агрегатное состояние смеси, не изменяются ее физико-химические характеристики (например, не происходят конденсация или другие химические превращения). Поэтому следует учитывать определенную скорость отбора, температурные условия, время отбора (объем отбираемой пробы должен быть представительным и известным) и проводить отбор в каждой контролируемой точке не менее чем двумя параллельными пробоотборниками (результаты анализа проб не должны отличаться более чем на 10%). Пробы газа отбирают аспираторами с прокачиванием через жидкие химические поглотители и расходом не более 1,5–2 л/мин или через твердые сорбенты (активированный уголь, силикагель, цеолиты) с размерами зерен 0,25–0,5 мм.

Состав и содержание компонентов в отобранных пробах устанавливают с помощью газоанализаторов и автоматизированных аналитических систем. Используются газоанализаторы различного принципа действия: тепловые, электрохимические, инфракрасные, атомно-адсорбционные, фотометрические, фотоколориметрические, хроматографические, нефелометрические, люминесцентные, полярографические. В аналитических системах предусматриваются автоматический отбор, транспортировка, подготовка и анализ отобранных проб с определением не только состава и содержания ряда компонентов (до 20–30 компонентов!), но и таких характеристик, как рН среды, теплота сгорания примесей и др. Приборы и системы анализа для их поверки и калибровки снабжаются стандартными образцами газовых смесей.

Содержание пыли в воздухе (мг/м^3) обычно определяют методом прямой фильтрации. Отобранные пробы взвешивают и по изменению массы фильтров судят о запыленности газа, т. е. вычисляют отношение привеска к объему отобранной пробы. Дисперсный состав пылей устанавливают рассевом пробы на специальных ситах с калиброванными отверстиями различного проходного сечения. Частицы, остающиеся на каждом из сит, имеют размер больше отверстия сита. После взвешивания пыли, собранной с каждого из сит, определяют массу соответствующих фракций. Результаты считаются надежными и достоверными, если сумма масс пылевых частиц со всех сит отличается от массы исходной навески анализируемой пыли не более чем на 2%. Кроме данного способа, измерение размера ча-

стиц пыли производят методами оптической и электронной микроскопии, седиментации пыли (разделения) при осаждении в воздушной и жидкой средах под действием силы тяжести или центробежных сил, а также специальными методами анализа (ультрамикроскопией, фотометрией и др.).

Современная техника в настоящее время не позволяет обеспечить безотказный и непрерывный автоматизированный контроль работы установок для очистки газов. Поэтому характеристики технологических и вентиляционных выбросов определяются периодически на основе анализа проб, отбираемых в газоходах объектов — источников выбросов. Как результат такого положения повышаются требования к оборудованию для очистки технологических газов. Оно должно обеспечивать не только эффективное улавливание и нейтрализацию примесей, но и обладать высокой надежностью при эксплуатации. Очевидно, что если в технологических выбросах присутствуют вещества с различными физико-химическими свойствами, то система очистки должна состоять из нескольких аппаратов, обеспечивающих последовательное улавливание каждого вещества-загрязнителя.

14.2. Классификация технологий и средств защиты атмосферы

Любой промышленный газ, отличающийся по своему составу от атмосферного воздуха, должен быть разбавлен в атмосфере до такого состояния, чтобы исключить негативное воздействие на природную среду и здоровье населения. Особенно это относится к промышленным газам, содержащим вредные, в том числе токсичные, вещества (CO , SO_2 , NO_x , углеводороды, пыль и др.). Для этих газов разбавление должно быть доведено до такого уровня, чтобы приземные концентрации указанных и других загрязняющих атмосферу веществ не превышали их допустимые значения. Добиться такого положения можно следующими путями:

- организацией технологического процесса, реализующего идеи ресурсо- и энергосбережения, идеи экологически чистого производства, минимизирующего образование вредных веществ, а в лучшем случае — не приводящего к нему;
- рассеиванием вредных веществ с помощью дымовых труб;
- очисткой газов от вредных веществ с помощью пылеуловителей, газопромывателей и других устройств для улавливания загрязнений.

Если первый путь зависит от особенностей технологических процессов, то два других являются универсальными; выбор того или

ного определяется характеристиками физико-химических свойств загрязнений. Но чаще же всего их реализация осуществляется одновременно.

Обычно технологии и оборудование для очистки определяются характеристиками выбросов, которые подразделяются на *неорганизованные* и *организованные*. В последнее время наметилась тенденция с помощью различных технических средств (зонтов, кожухов и т. п.) собирать *неорганизованные* выбросы и, превращая их таким образом в *организованные*, выбрасывать с помощью дымовых или выхлопных труб в атмосферу.

Источники пылегазовых выбросов в атмосферу могут быть сосредоточенными (точечными) или рассредоточенными (пространственно распределенными). Поэтому отвод выбросов для очистки и рассеивания в атмосфере может осуществляться целым рядом способов (рис. 14.2).

При относительно небольшой интенсивности газопылевых выделений их эвакуация от источника производится с помощью зонта

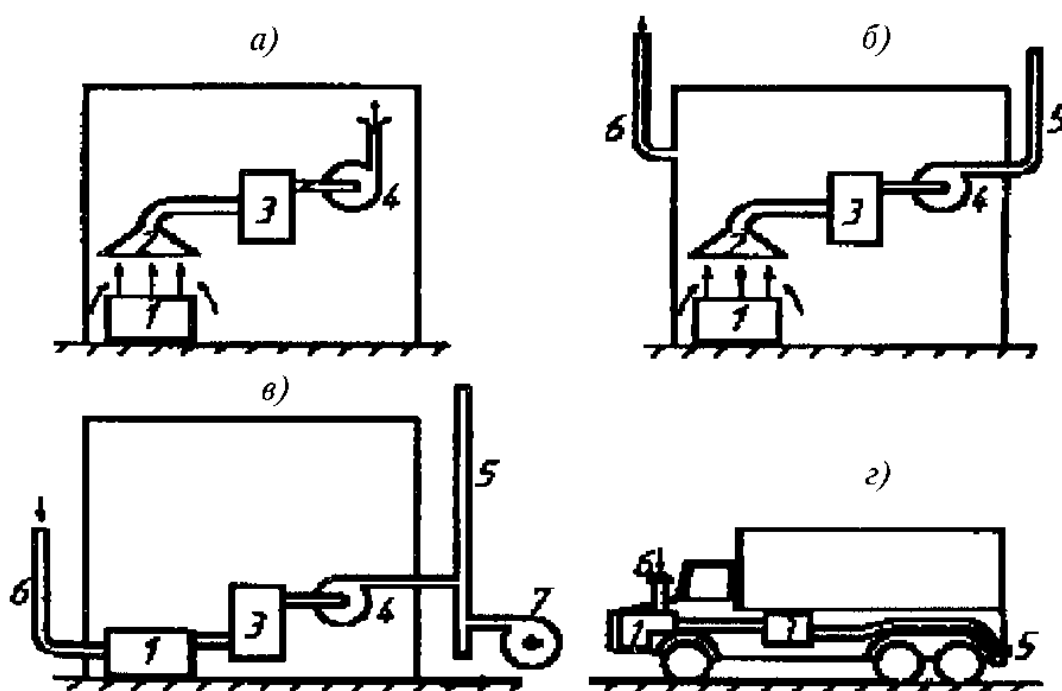


Рис. 14.2. Схемы организации очистки выбросов в атмосферу: а — аспирационный отбор с рециркуляцией очищенного газа; б — аспирационный отбор с обменной вентиляцией; в — организованный отбор от объекта образования загрязнений; г — отвод выбросов от автотранспорта; 1 — источник пылегазовых выбросов; 2 — аспирационный зонт; 3 — пылегазоочистное устройство; 4 — тяговое устройство (дымосос, эксгаустер); 5 — труба для рассеивания выбросов; 6 — воздухозаборное устройство; 7 — устройство подачи воздуха (вентилятор, воздуходувка)

с последующим отводом (аспирацией), очисткой разбавленного под-сасываемым воздухом газа и возвратом очищенного газа в пространство цеха (рис. 14.2,а). Если в отходящих газах содержатся вредные компоненты примесей, то очищенный выброс выводят за пределы цеха, одновременно забирая чистый воздух из атмосферы (рис. 14.2,б). У объектов с локальными выбросами большого количества вредных и (или) опасных загрязнений создается организованный отбор с эвакуацией загрязненного технологического газа через систему газоходов (боровов). После очистки газы подаются в трубы для рассеивания и при необходимости разбавляются атмосферным воздухом (рис. 14.2,в). В последнее время автотранспорт (рис. 14.2,г) снабжается уловителями сажистых частиц, нейтрализаторами для дожигания топлива с помощью катализаторов горючих компонентов. С переводом двигателей внутреннего сгорания на водородное топливо отпадает необходимость в установке пылегазоочистных устройств.

Рассеивание примесей, поступающих в атмосферу от источников выбросов, связано с движением масс воздуха при наличии атмосферной турбулентности (вихревого движения газовых объемов) и массовой диффузии, которая определяется градиентом концентраций компонентов в аэродисперсной системе. Рассеивание зависит от аэродинамических характеристик частиц (формы, размеров, массы). Атмосферная диффузия развивается, во-первых, вследствие нагрева атмосферы у земной поверхности с образованием восходящих или нисходящих газовых потоков, во-вторых, из-за механической турбулентности, возникающей при взаимодействии движущегося потока воздушных масс с подстилающей поверхностью, результатом чего является образование ветрового сдвига. Тепловые вихри активно формируются в солнечные дни при низкой скорости ветра. Воздух, нагревающийся у земной поверхности, поднимается вверх, а холодный воздух опускается вниз.

Если восходящие массы воздуха расширяются адиабатически, (без теплообмена с окружающей средой), то их температура снижается примерно на 1°C на каждые 100 м по высоте. Эта величина называется *адиабатическим градиентом температуры* γ_a . При этом восходящие потоки будут иметь те же свойства, что и окружающий их воздух, т. е. будут двигаться без ускорения. Такое состояние атмосферы называется *нейтральным*. Если же приземной слой подвержен сильному нагреву и *фактический* градиент температуры воздуха больше *адиабатического*, то восходящие потоки приобретают ускорение и перемещаются в верхние слои атмосферы. Если градиент

температуры отрицателен, т. е. температура воздуха возрастает по мере удаления от земной поверхности (инверсия температуры), то восходящие потоки оказываются холоднее масс «внедрения» и тормозятся. Такое движение характеризуется слабым турбулентным обменом, оно наиболее устойчиво и называется *инверсионным*.

Облако выброса от источника проникает в атмосферу под действием ветра и турбулентного переноса, направленного в поперечном ветровому потоку направлении, вызывая расслоение воздушных масс (стратификацию атмосферы). Наиболее типичные формы распространения выбросов от источника их рассеивания (трубы) приведены на рис. 14.3.

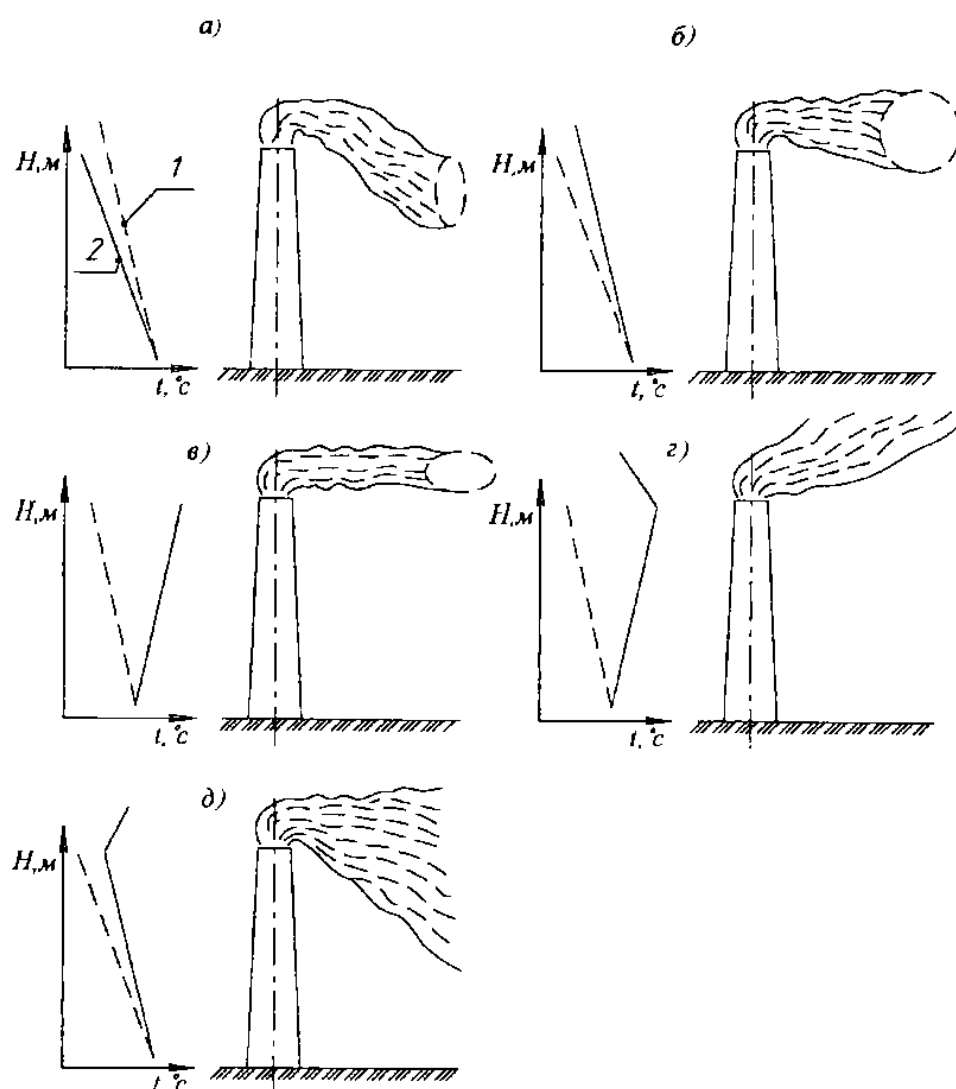


Рис. 14.3. Формы распространения выброса (факела) в стратифицированной атмосфере: а — волнообразная; б — конусообразная; в — веерообразная; г — приподнятая; д — задымляющая; 1 — адиабатический градиент температуры; 2 — фактический градиент температуры

Волнообразный факел формируется в неустойчивой атмосфере с градиентом температур больше адиабатического ($\gamma > \gamma_a$). Облако имеет достаточно большой угол раскрытия. В результате факел распространяется волнообразно и касается земной поверхности вблизи трубы с максимальным загрязнением приземного слоя. Такой факел наблюдается в ясную солнечную погоду при сильном нагреве земли, приводящем к развитию турбулентных вихрей.

Конусообразный факел формируется при $\gamma < \gamma_a$ и наиболее типичном нормальном градиенте температуры ($\gamma = dH / dt = -0,65 \times 10^{-2}$ К/м). Такая стратификация атмосферы более устойчива, чем волнообразный факел. Она наблюдается при облачной, ветреной погоде и повышенной влажности воздуха.

Веерообразная форма факела присуща условиям, характерным для инверсии или для температурного градиента, близкого к нулю ($\gamma = 0$). Рассеивание в вертикальном направлении несущественно и определяется продольным переносом примесей на большие расстояния. Поэтому максимум концентрации примесей в приземном слое относительно мал и удален от источника выброса. Такая структура атмосферы характерна в ночное время, когда температура воздуха выше, чем температура поверхности земли, особенно при слабом ветре, в ясную погоду или при наличии снежного покрова. Такая форма факела особенно опасна при неорганизованных выбросах в нижние слои атмосферы (автотранспорта, горящих свалок и т.д.).

Если в нижней части атмосферы имеет место инверсионная температура, а сверху нормальная с отрицательным градиентом, то облако имеет *приподнятую* форму. Зона наибольших концентраций примесей находится на верхней границе инверсионного слоя. Такая форма наблюдается в часы захода солнца и наиболее благоприятна при рассеивании примесей, особенно от высоких труб.

Задымляющая форма факела возникает тогда, когда вблизи земной поверхности расположен слой с нормальным адиабатическим градиентом, а выше него формируется инверсионный слой атмосферы. Такая форма наблюдается чаще всего в утренние часы, после рассеивания ночной инверсии под действием солнечной радиации. Факел распространяется вблизи земной поверхности у источника выброса, что сопровождается значительным и опасным ростом максимума концентрации примесей в приземном слое. Эта структура очень нежелательна для низких дымовых труб.

Из анализа форм распространения выбросов становится ясно, что наиболее опасен волнообразный факел, наименее — приподня-

тый факел. Но при этом следует учитывать влияние географического положения источника на процесс рассеивания характеристик дымовой трубы (в котловине, на возвышенности и др.), а также особенности земной поверхности (лесная, степная, с застройками или без них и др.).

В общем случае распространение факела выброса (рис. 14.4) происходит в направлении действия ветровой нагрузки (X). По нормали к этому направлению (Y) факел близок к симметричному. На некотором расстоянии X_0 в приземной слой выпадают первые из оседающих примесей. По мере удаления от источника концентрация выпадающих загрязнений возрастает, достигая максимума на оси факела $C_{\max}(X_{\max})$, а затем постепенно уменьшается, так как содержание примесей в атмосфере убывает.

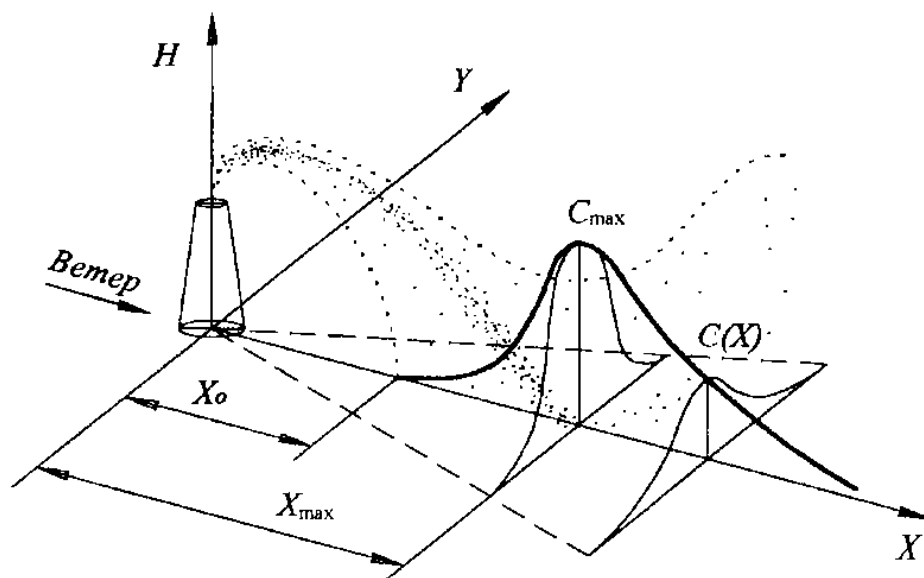


Рис. 14.4. Схема распределения концентраций примесей в приземном слое

Наибольшая концентрация примеси в факеле выброса наблюдается на его оси. По мере распространения факела он «раскрывается» за счет вовлечения в него окружающего воздуха, и максимум концентраций примесей на его оси снижается ($C(X > X_{\max}) < C_{\max}(X_{\max})$).

Анализ факторов, влияющих на процессы рассеивания в атмосфере, показывает, что существуют такие сочетания ветровой нагрузки и метеорологических условий (влажность, температурный градиент и др.), при которых создаются условия для наиболее интенсивного осаждения примесей из факела выброса и происходит наибольшее загрязнение приземного слоя. Такие условия называются неблагоп-

приятными метеорологическими условиями (НМУ), а скорость ветра, при которой они создаются, — опасной.

Вышеуказанное следует учитывать как при решении вопросов очистки и рассеивания выбросов, так и при управлении работой оборудования и установок — источников загрязнений в НМУ (например, снижение интенсивности выбросов за счет перехода на пониженную производительность, отключение части объектов и др.).

Защита атмосферы от выбросов наиболее эффективно достигается путем очистки загрязненных газов в специальных аппаратах. В основе работы таких аппаратов используются закономерности различных физико-механических и физико-химических процессов. Представление о классификации существующих способов и устройств для очистки пылегазовых выбросов дает рис. 14.5.

Степень эффективности очистки, или степень очистки технологических выбросов от пыли (η), определяется отношением массы пыли, уловленной в аппарате (M_1), к массе всей пыли, содержащейся в очищаемом газе (M), т.е. $\eta = (M_1 / M) 100\%$. Если оценивают фракционную эффективность для i -й фракции, то определяется отношение $\eta_{\phi}(i) = (M_{1,i} / M) 100\%$, а общая степень очистки вычисляется суммированием фракционных коэффициентов:

$$\eta = \sum_{i=1}^n \left[(M_{1,i} \times \eta_{\phi}(i) / (M_1)) \right] 100\%,$$

где $\sum_{i=1}^n M_{1,i} = M$ — общая масса пыли в газах, поступающих на очистку.

Очистка газов от пыли часто проводится группой из нескольких последовательно работающих аппаратов (сначала грубая очистка от крупных фракций, затем более тонкая очистка). Общая степень очистки в группе ($k = 1, 2, \dots, K$) будет

$$\eta = 100 \left[1 - (1 - \eta_1) \times (1 - \eta_2) \times \dots \times (1 - \eta_k) \right],$$

где $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_k$ — степени очистки каждым аппаратом. При параллельном соединении аппаратов степень очистки оценивается по формулам для одного аппарата. Требование, которое должно быть выполнено при организации параллельно работающих пылеуловителей, заключается в том, чтобы пылеуловители имели одинаковые аэродинамические характеристики.

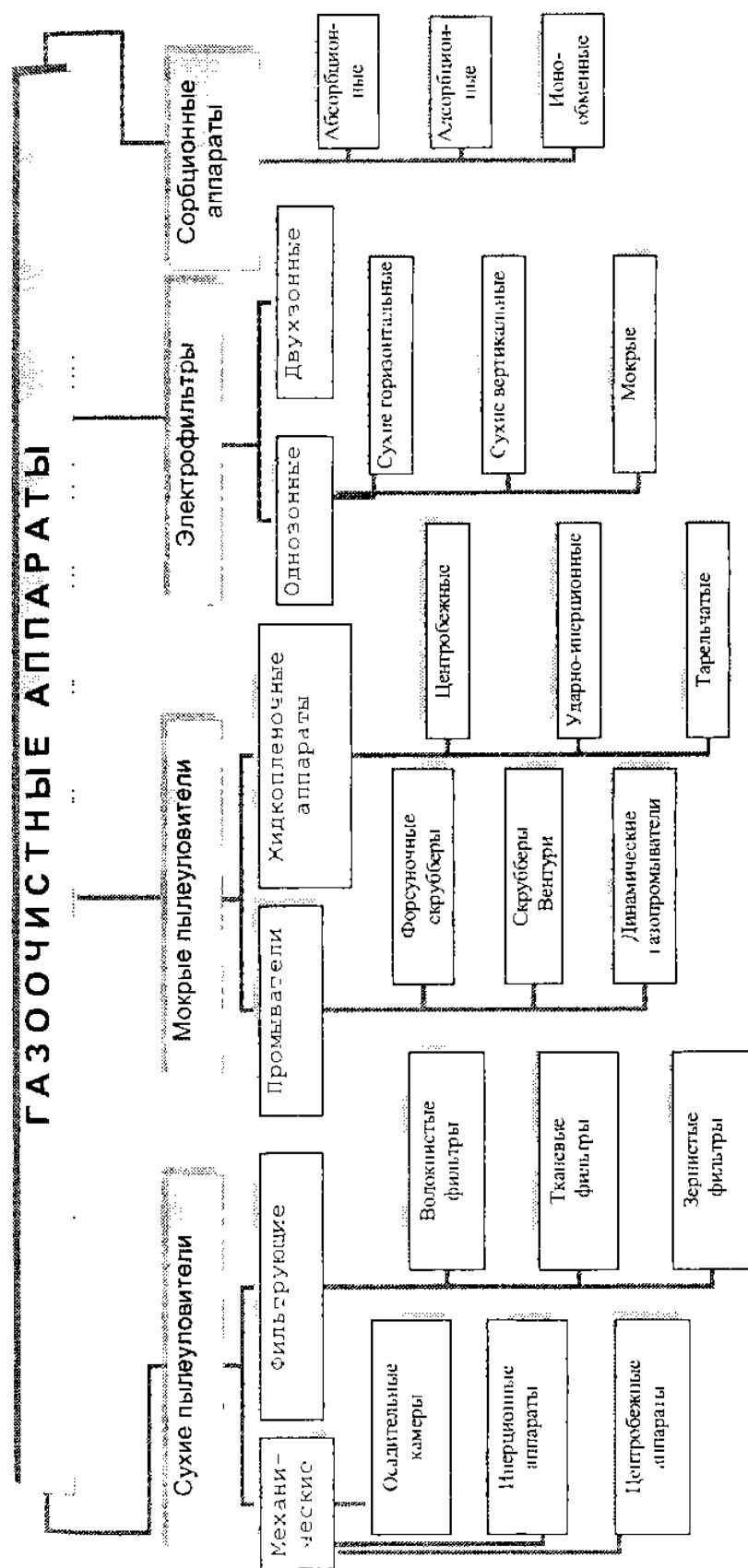


Рис. 14.5. Схема классификации способов и устройств для очистки пылегазовых выбросов

Для выделения частиц пыли из газового потока в сухих аппаратах используют принципы *инерции* и *фильтрации*. Применение этих принципов позволило создать пылеуловители, обладающие следующими достоинствами:

- простой конструкцией, обеспечивающей самые низкие по сравнению с другими способами эксплуатационные расходы по улавливанию пыли;
- способностью в случае применения тканевых и им подобных фильтров обеспечивать достижение высоких степеней очистки;
- улавливанием примесей в сухом виде, что облегчает операции по дальнейшему их использованию (транспортировке, переработке и т. п.).

Эти особенности определили области промышленного производства и транспорта, где нашли применение сухие пылеуловители, в которых обычно подвергаются обработке слабо слипающиеся, нетоксичные, взрывопожаробезопасные выбросы. Сухие пылеуловители — самые распространенные аппараты; их можно встретить как на крупных промышленных предприятиях энергетики, металлургии, машиностроения, химии, производства строительных материалов, так и в сфере услуг, в быту и т. п.

В мокрых аппаратах улавливание примесей достигается промывкой загрязненного газа жидкостью или осаждением частиц на жидкоструйную пленку. В результате контакта газового потока с жидкостью происходит захват взвешенных частиц и унос их из аппарата в виде шлама. Для аппаратов мокрой очистки газа характерны:

- простота конструкции и сравнительно невысокая стоимость;
- меньшие габариты при такой же производительности;
- возможность очищать газ повышенной температуры и влажности;
- возможность улавливать, кроме пыли, пары и газовые компоненты;
- способность подвергать очистке взрыво- и пожароопасные газы.

Объективности ради следует отметить и недостатки мокрой очистки газов. Это: значительные затраты энергии при относительно высоких степенях очистки; повышенная влажность уловленного продукта (шлама); необходимость организации системы обратного водоснабжения при использовании воды в качестве улавливающей среды или подобных систем (при использовании других жидких сред); ухудшение условий рассеивания выбросов в воздушном бассейне. Несмотря на более высокие затраты энергии при мокрой

очистке газов, она широко применяется в металлургии, химии и других отраслях промышленности для улавливания выбросов взрыво- и пожароопасных смесей, а также при комплексной очистке газов от пылей и примесей (газовых, жидких), являющихся опасными.

В электрических фильтрах осаждение пыли происходит в результате сообщения частицам электрического заряда. К числу основных достоинств электрических фильтров относятся:

- высокая эффективность ($\eta = 99\%$ и более) очистки больших объемов промышленных газов;
- сравнительно низкие расходы электроэнергии на процесс улавливания пыли;
- возможность улавливания частиц пыли, имеющих размер от 0,1 до 100 мкм;
- возможность очистки газа с начальным пылесодержанием до 50 г/м^3 и температурой до 300°C ;
- возможность полной автоматизации работы установок по улавливанию пыли.

Так как использование электрических фильтров требует высоких капитальных затрат, а также специальных знаний по эксплуатации, то пылеуловители данного типа нашли применение в теплоэнергетике, металлургии, химии и других отраслях промышленности, для которых достоинства электрических фильтров являются определяющими.

В аппаратах *сорбционного* типа улавливаются вредные газообразные компоненты. Основными процессами здесь становятся процессы массообмена, т.е. диффузионного перехода газообразного компонента в твердую или жидкую среду. Поглощающие среды должны обладать:

- большой абсорбционной способностью, т.е. поглощать большие количества газового компонента при малых его концентрациях в газовой фазе;
- высокой селективностью, т.е. выборочностью по отношению к поглощаемому веществу;
- химической инертностью по отношению к другим компонентам разделяемой смеси;
- способностью к регенерации (восстановлению);
- низкой стоимостью.

Из перечисленного следует необходимость подбора поглощающих сред в зависимости от физико-химических свойств поглощаемых газовых компонентов. Это приводит к тому, что в промышленности для очистки газовых выбросов применяется широкий спектр

твердых и жидких поглотителей: от активированного угля и воды до специальных ионообменных смол, а также кислот и щелочей. Область применения аппаратов сорбционного типа охватывает преимущественно предприятия химических производств. Однако в последнее время, по мере ужесточения требований по нормативам газовых выбросов, подобные способы очистки распространяются на металлургию, теплоэнергетику, машиностроение.

14.3. Аппараты для очистки газов

Реализация способов очистки пылегазовых выбросов, как это следует из классификации (рис. 14.5), охватывает широкий спектр конструкций. Ниже будут рассмотрены типичные и самые распространенные пылегазоулавливающие аппараты.

Для улавливания наиболее крупных пылей применяют аппараты, использующие гравитационные силы. Пылевые камеры (рис. 14.6, а) просты по устройству, дешевы в изготовлении и эксплуатации. Очистка газа в них происходит при осаждении частиц пыли под влиянием сил тяжести. Для создания условий осаждения пыли загрязненный газ в камере движется с малой скоростью, что достигается увеличением поперечных размеров камеры по сравнению с сечением трубопровода, подающего газ. Эффективность пылеосаждения определяется временем пребывания очищаемого газа в камере. Аппараты вполне удовлетворительно осаждают частицы пыли с размерами более 40 мкм ($\eta \leq 50\%$).

Среди аппаратов сухой очистки наибольшее распространение в промышленности получили циклоны, в которых улавливается пыль с размерами частиц более 10 мкм с эффективностью 60–80%. Отделение пыли (рис. 14.6, б) происходит под действием центробежных сил во вращающемся газовом потоке. Благодаря тангенциальному вводу запыленного газа (скорость газа на входе в аппарат составляет 15–25 м/с) поток газа, вращаясь, движется вниз и затем поворачивается в центральную выхлопную трубу. Под действием центробежных сил частицы пыли отбрасываются на внутреннюю поверхность корпуса, теряют скорость и попадают в бункер. Продвижению частиц в бункер способствует движение вращающегося потока газа, который перемещается в осевом направлении. Под действием силы тяжести часть частиц, наиболее крупных по размеру, выпадает из газового потока при его повороте в трубу. По мере накопления пыли в бункере он разгружается.

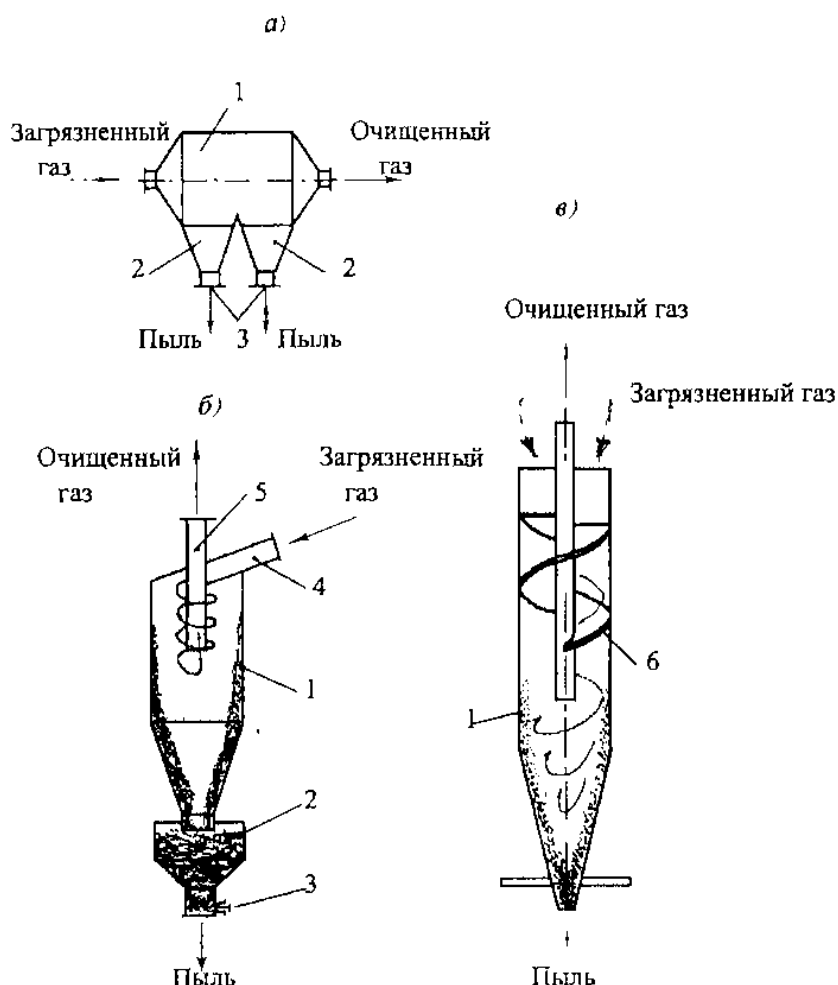


Рис. 14.6. Схемы сухих пылеуловителей гравитационного и инерционного типа: а — осадительная камера; б — циклон; в — элемент батарейного циклона (мультициклона); 1 — корпус; 2 — бункер для сбора пыли; 3 — люк для выгрузки пыли; 4 — патрубок подвода газа на очистку; 5 — выхлопная труба; 6 — завихряющее устройство

Для очистки больших количеств газов применение одиночных циклонов большого диаметра (более 1 м) оказывается неэффективным. В этих случаях используют батарейные циклоны, которые состоят из большого количества циклонных элементов (рис. 14.6, в), имеющих специальные устройства для закручивания газового потока. Батарейные циклоны (мультициклоны) достаточно компактны, несмотря на то что число элементов, объединенных общим пылевым бункером, может составлять 96 штук. Эффективность достигает 70% при улавливании пыли с размерами частиц более 10 мкм.

Для полутонкой и тонкой очистки газов в промышленности применяют рукавные фильтры (рис. 14.7). Фильтр состоит из нескольких секций, часть которых работает в режиме фильтрации очи-

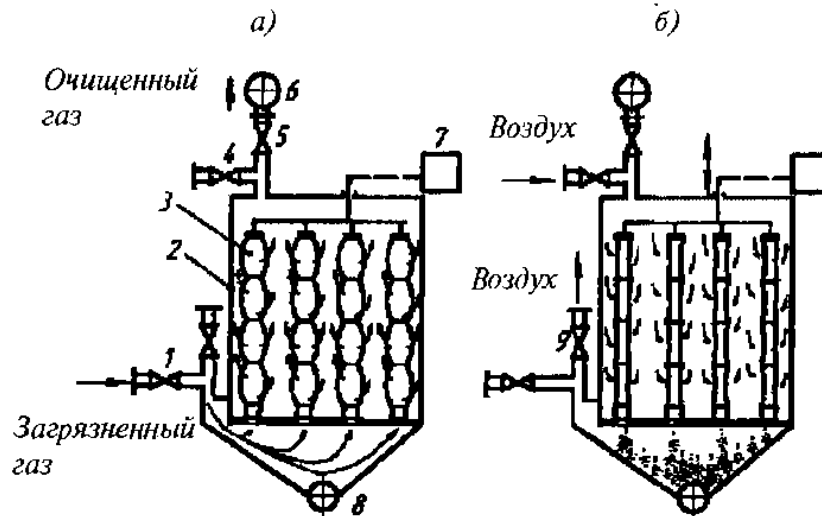


Рис. 14.7. Схема секции рукавного фильтра с обратной продувкой и встряхиванием: а — режим фильтрации загрязненного газа; б — режим регенерации рукавов; 1 — клапан входного патрубка очищаемого газа; 2 — корпус секции фильтра; 3 — рукав; 4 — клапан патрубка подвода продувочного воздуха; 5 — выпускной клапан очищенного газа; 6 — коллектор очищенного газа; 7 — механизм встряхивания; 8 — устройство выгрузки пыли; 9 — клапан патрубка отвода продувочного воздуха

щаемого газа, а часть — в режиме регенерации, т.е. удаления осевшей на рукавах пыли. В режиме очистки запыленный газ фильтруется через поры рукава, а пыль осаждается на его поверхности. Со временем гидравлическое сопротивление рукава с накопленным на нем слоем пыли увеличивается, и эффективность осаждения возрастает. При этом пропускная способность фильтра по газу существенно снижается, и секцию отключают на регенерацию — для удаления пыли механическим (встряхиванием, скручиванием) и (или) аэродинамическим (импульсной продувкой сжатым воздухом) способами. Рукавные фильтры обеспечивают очистку газов от пылевых частиц размерами не менее 0,1 мкм с эффективностью более 90%.

Рукава фильтров изготавливают из синтетических (лавсан, нитрон, стекловолокно и др.), натуральных (шерсть, хлопок и др.) материалов в зависимости от состава среды (кислая, щелочная), особенностей газа (температура, влагосодержание) и пылей (слабо, умеренно или сильно слипающиеся).

В промышленности все более широкое применение находят зернистые фильтры с неподвижным и подвижным зернистым слоем. Первые из них часто применяются для одновременного улавливания пылей и газовых загрязнений (сорбция газов на твердых поглотителях). Вторые позволяют решать задачи очистки газов от пыли и обо-

гашения фильтрующего слоя пылевыми частицами, содержащими полезные компоненты. Например, очистка газа от железосодержащих пылей в подвижном слое железорудных окатышей перед их загрузкой в плавильные печи для выплавки чугуна и стали.

Для очистки высокотемпературных технологических газов получили распространение керамические и металлокерамические фильтры, обладающие высокой термической и антикоррозионной стойкостью, а также способностью выдерживать большие механические нагрузки. Они более эффективны, чем зернистые фильтры, но имеют высокое гидравлическое сопротивление и требуют для своей работы больших затрат энергии. Поэтому их применение оправдано в случаях очистки небольших количеств газов с температурами выше 600°C , содержащих весьма ценные пыли с размерами частиц менее 1 мкм (например, в технологиях производства редких металлов).

Для очистки воздуха в технологических помещениях применяют панельные (рис. 14.8) и специальные самоочищающиеся (рис. 14.9) фильтры. Панельные фильтры выполняются из каркаса, в который размещают кассеты с фильтрующим слоем (проволочная сетка, перфорированные пластины, волокнистый материал и др.). Периодически кассеты с отработанным фильтрующим слоем извлекаются для промывки от осевших частиц пыли или для нейтрализации вредных и опасных примесей.

В самоочищающихся устройствах фильтрующий материал в виде бесконечной ленты перемещается вдоль направляющих, чем обес-

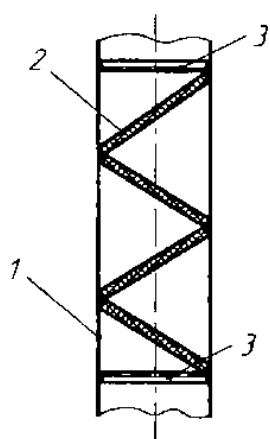


Рис. 14.8. Схема установки панельного ячеякового воздушного фильтра: 1—корпус; 2—панель фильтра; 3—ограждающая сетка

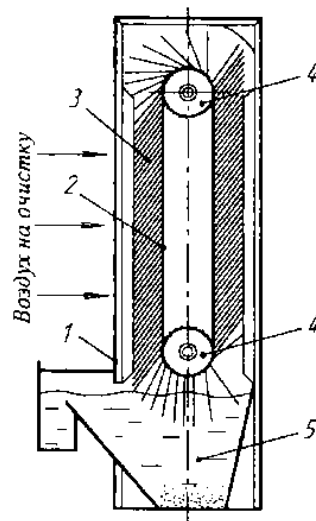


Рис. 14.9. Самоочищающийся масляный фильтр: 1—корпус; 2—цепь; 3—шторки; 4—шестерни привода; 5—масляная ванна

печивается осаждение пылевых частиц с неизменной эффективностью. Затем лента, опускаясь, попадает в масляную ванну, в которой уловленные частицы смываются и периодически удаляются.

Среди аппаратов мокрой очистки газа наибольшее распространение получили форсуночные скрубберы и скрубберы Вентури. В форсуночных скрубберах (рис. 14.10) активная жидкость (вода, водный раствор известкового молока и др.) диспергируется с помощью форсунок, размещенных в несколько ярусов по высоте аппарата. Образующиеся капли размером 0,8–1,1 мм создают сплошную завесу на пути газа. Частицы пыли коагулируют на каплях и вдоль стен выводятся в шламоприемник. Уровень жидкости в нем контролируется поплавковой камерой и поддерживается с помощью гидравлического затвора

Наиболее крупные частицы пыли улавливаются в скруббере за счет инерционного эффекта при взаимодействии потока очищаемого газа с зеркалом жидкости в шламоприемнике. Скорость газа в аппарате — 0,8–1,5 м/с. Эффективность улавливания пыли с размером не

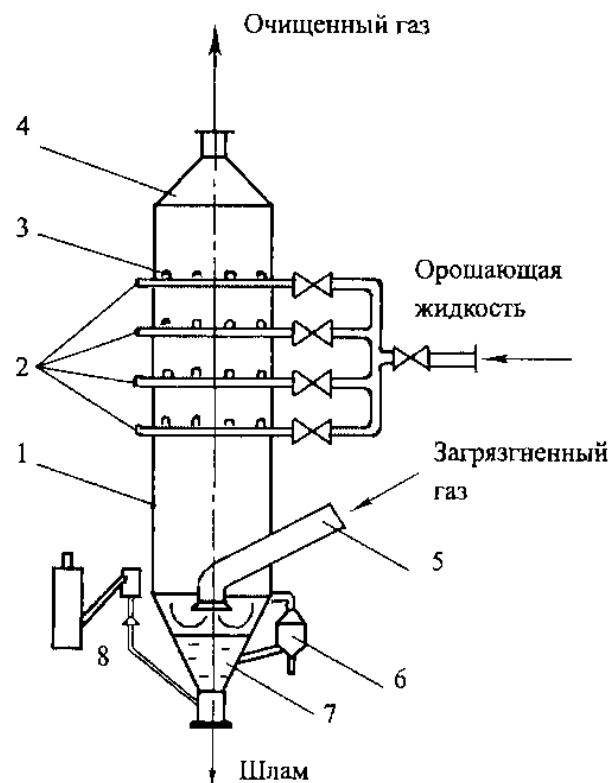


Рис. 14.10. Схема полового форсуночного скруббера. 1 — корпус скруббера; 2 — ярусы орошения; 3 — форсунка; 4 — конфузор; 5 — патрубок подвода загрязненного газа; 6 — поплавковая камера; 7 — шламоприемник; 8 — гидравлический затвор

менее 10 мкм — более 90 %. Поэтому скрубберы применяют для полутонкой очистки газов, содержащих хорошо смачиваемые пыли, а также для очистки газов с повышенным содержанием HCl , HF , SO_3 и др.

На современных предприятиях получили широкое внедрение скрубберы Вентури (рис. 14.11), имеющие более высокую эффективность и допускающие более компактное размещение в виде группы аппаратов. Скруббер Вентури обеспечивает очистку газов от пыли с размером частиц более 1 мкм при степени улавливания 96–98%. Аппарат состоит из трубы Вентури, где осуществляется процесс коагуляции пыли, и прямооточного циклона для улавливания капель и отвода образующегося шлама.

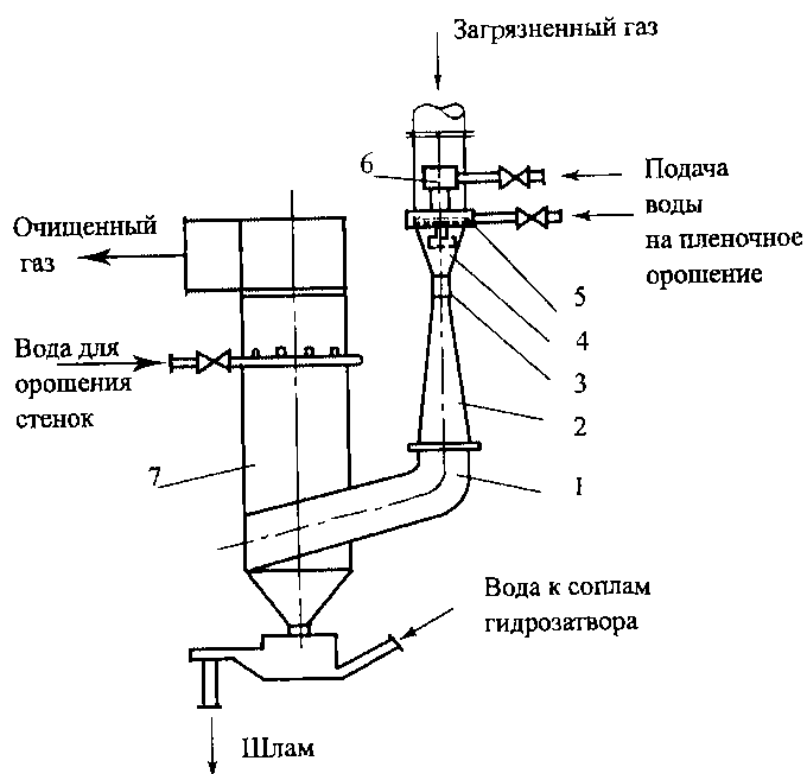


Рис. 14.11. Схема скруббера Вентури: 1 — труба Вентури; 2 — диффузор; 3 — горловина; 4 — конфузор; 5 — коллектор системы пленочного орошения; 6 — сопла форсуночного орошения; 7 — циклон-каплеуловитель

В трубе Вентури орошающая жидкость подводится перед конфузором одним из способов: 1) форсуночным орошением; 2) пленочным орошением стенки; 3) периферийным орошением поперечными струями; 4) сочетанием способов форсуночного и пленочного орошения. В горловине трубы Вентури скорость потока достигает 100–180 м/с. В результате сильной турбулизации потока в конце кон-

фузора и в горловине происходит дробление жидкости на капли и захват частиц пыли каплями. В диффузоре завершаются процессы коагуляции, после чего поток тангенциально поступает в каплеуловитель, сепарируется, скоагулировавшие частицы удаляются в шламоприемник, а очищенный газ направляется к потребителю или выбрасывается в атмосферу.

Трубы Вентури изготавливаются с круглым и прямоугольным сечением. Это позволяет выполнять конструкцию скруббера из большого числа труб Вентури малых размеров, имеющих общую систему орошения и каплеуловитель. Такие блоки эффективно работают в широком диапазоне расходов очищаемого газа, что весьма важно для ряда промышленных установок, имеющих переменное газовыделение.

Для полутонкой и тонкой очистки газов от пыли широкое применение нашли электрические фильтры. По существу, электрофильтр промышленного назначения представляет собой конденсатор, в котором диэлектриком выступает газовая среда, а в организации процессов выделения пыли из загрязненного газового потока используется явление, известное как ионизация газов. Это явление развивается в плоском конденсаторе (рис. 14.12, а) при подаче на обкладки конденсатора определенного напряжения. При включении постоянного тока с напряжением, незначительно превышающим нулевое значение, в таком конденсаторе формируется электрическое поле, напряженность которого одинакова во всем объеме газового промежутка. Так как в газе всегда присутствуют свободные электроны и ионы, то они приходят в движение, перемещаясь к соответствующему электроду. При этом в конденсаторе возникает электричес-

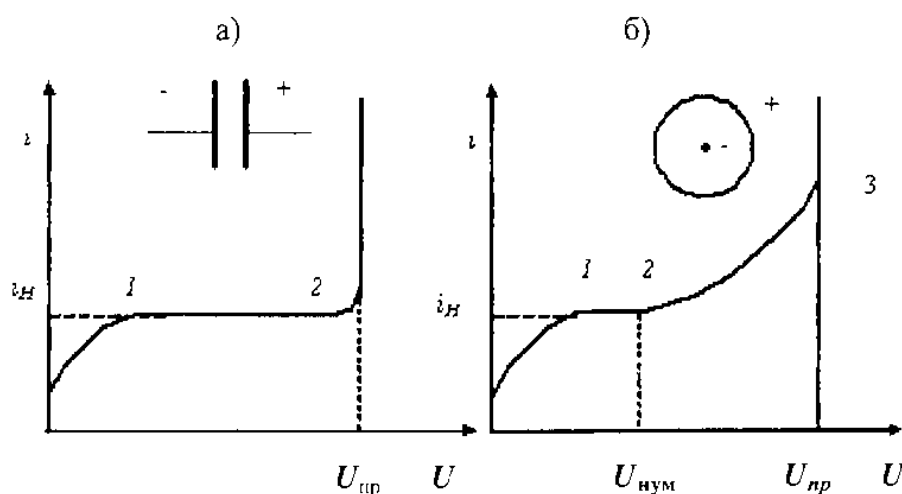


Рис. 14.12. Зависимость силы тока от величины приложенного напряжения в плоском (а) и цилиндрическом (б) конденсаторах

кий ток, сила которого будет зависеть от количества перемещающихся заряженных частиц. Среди них находятся такие частицы, которые обладают высокой кинетической энергией, достаточной для разрушения нейтральных молекул. Таким образом, возникает процесс *ударной ионизации*.

При малом напряжении возникающая сила тока меняется незначительно, достигая постоянной величины (точка 1); она называется *током насыщения* — I_n . Это состояние конденсатора характеризуется постоянным уровнем ионизации газа, когда в движение вовлекаются все имеющиеся в газовом промежутке заряженные частицы. При дальнейшем увеличении напряжения кинетическая энергия заряженных частиц существенно возрастает, что приводит к развитию процесса ударной ионизации во всех точках межэлектродного промежутка. Процесс приобретает цепной характер, затем наступает *искровой разряд* (мгновенное возрастание тока в точке 2). Напряжение, при котором происходит искровой разряд (пробой), называют *напряжением пробоя* — $U_{пр}$. В плоских конденсаторах явление пробоя при малых токах насыщения не позволяет генерировать электроны и ионы, необходимые для заряда пылевых частиц.

Отмеченную особенность процессов в плоском конденсаторе удалось устранить при организации явлений ударной ионизации в неравномерном электрическом поле. Для получения неравномерного электрического поля может быть использован цилиндрический конденсатор, в котором зависимость силы тока от приложенного напряжения показана на рис. 14.12,б. Так же как и в плоском конденсаторе, рост напряжения формирует ток насыщения (точка 1), а при дальнейшем увеличении напряжения (точка 2) наступает начало ударной ионизации. Однако вследствие неравномерности электрического поля искровой разряда не происходит до тех пор, пока напряжение не достигнет $U_{пр}$. При этом напряжении цепной характер ударной ионизации распространяется на весь межэлектродный промежуток. Участок кривой между точками 2 и 3 соответствует так называемому коронному разряду, при котором генерация электронов и ионов достаточна для зарядки пылевых частиц, а в межэлектродном промежутке пробоя не происходит. Коронный разряд также может быть получен и при других вариантах расположения электродов, важно при этом добиться неравномерной напряженности электрического поля.

В настоящее время преимущественное распространение получили два типа электрических фильтров — *трубчатые* и *пластинчатые*, схемы которых представлены на рис. 14.13. В трубчатом электро-

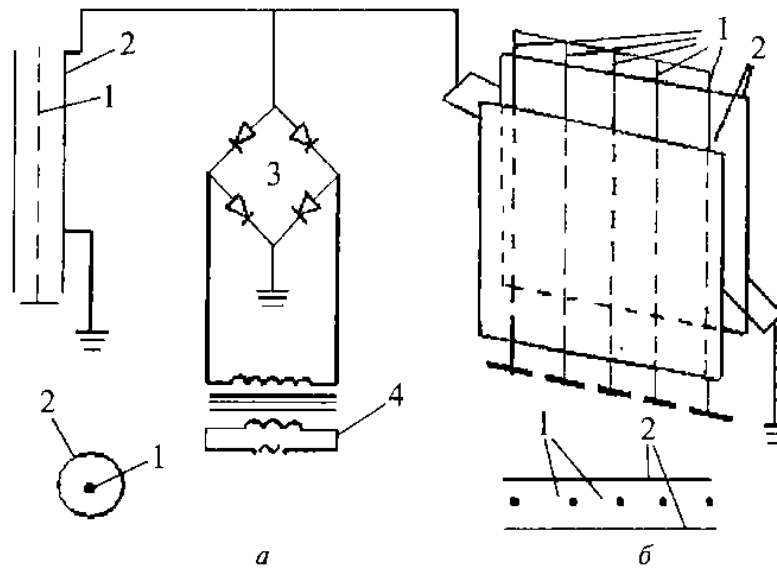


Рис. 14.13. Схемы трубчатого (а) и пластинчатого (б) электрических фильтров:
1 – коронирующий электрод, 2 – осадительный электрод; 3 – выпрямитель;
4 – трансформатор

фильтре (рис. 14.13,а) центральный электрод выполнен в виде стрежня постоянного диаметра и является коронирующим. Область коронного разряда, возникающая вокруг него при подаче напряжения, предназначена для генерирования как положительных, так и отрицательных ионов, а также электронов. Обычно коронирующий электрод несет отрицательный заряд, поэтому ионы с положительным зарядом движутся в его сторону. Вторым электродом, называемым осадительным, выполнен в виде цилиндрической трубы. Он несет положительный заряд, что обеспечивает движение к нему электронов и ионов с отрицательным зарядом.

В пластинчатом электрофильтре (рис. 14.13,б) коронирующие электроды изготавливаются в виде стержней, по длине которых расположены фиксированные точки ионизации типа «колючей проволоки». Осадительные электроды имеют форму пластин. Для создания электрического поля с неравномерной напряженностью коронирующие электроды располагаются между пластинами на определенном расстоянии. В работе промышленных электрических фильтров обычно используют выпрямленный двухполупериодный ток, благодаря чему удается обеспечить высокое напряжение на электродах. Оптимальным режимом очистки газов является работа фильтра при напряжениях, близких к напряжению пробоя – $U_{пр}$.

При пропуске запыленного газа через электрофильтр частицы пыли адсорбируют на своей поверхности ионы или электроны и тем самым приобретают электрический заряд, который обеспечивает им

перемещение в электрическом поле. Наиболее интенсивная зарядка происходит тогда, когда фильтр работает в режиме коронного разряда. Меньшая часть пыли, заряженная положительно, движется к отрицательному (коронирующему) электроду, большая же часть пыли, имеющая отрицательный заряд, движется к положительному (осадительному) электроду. По мере накопления пыли она удаляется в бункер встряхиванием электродов или смыванием водой.

Таким образом, аппараты электрической очистки газа включают собственно фильтр с коронирующими и осадительными электродами, устройства удаления уловленной пыли и агрегаты питания 20–50 кВт, способные подавать на электроды высокое напряжение — 60–80 кВ. Указанные характеристики достигаются с помощью трансформаторов и выпрямителей соответствующих типов. Для повышения эффективности работы электрических фильтров перед ними устанавливают сухие пылеуловители для удаления крупной пыли, а также прибегают к кондиционированию очищаемого газа. Электрические фильтры изготавливаются в двух модификациях: вертикальные (цилиндрические) и горизонтальные. Последние применяют для очистки высокотемпературных технологических газов.

Для очистки газов от вредных летучих компонентов используются сорбционные методы. Абсорбция является процессом избирательного поглощения газа в смеси жидких поглотителей. При этом поглощение может происходить как за счет физического связывания газа, так и в результате химической реакции с реагентом (хемосорбция). Растворение газа в жидкости происходит до равновесного состояния, когда количество связываемого жидкостью газа будет равно количеству газа, выделяющегося из жидкости. Количество поглощенного газа зависит от его растворимости в жидкости и понижается с уменьшением парциального давления газа и при увеличении температуры.

Поэтому для труднорастворимых газов применяют преимущественно химическое связывание (хемосорбцию). Десорбцию поглощенного газа осуществляют отгонкой его из абсорбента током инертного газа, острым паром и другими способами.

Очистка отходящих газов от вредных примесей требует обоснованного подбора растворов с высокой реакционной способностью к поглощаемому компоненту. Поэтому для очистки газа от нескольких примесей часто применяют процессы каскадного поглощения в нескольких последовательно работающих абсорберах с разными растворами сорбентов. С целью глубокого извлечения примесей процессы проводят при повышенных давлениях газа и низких температурах.

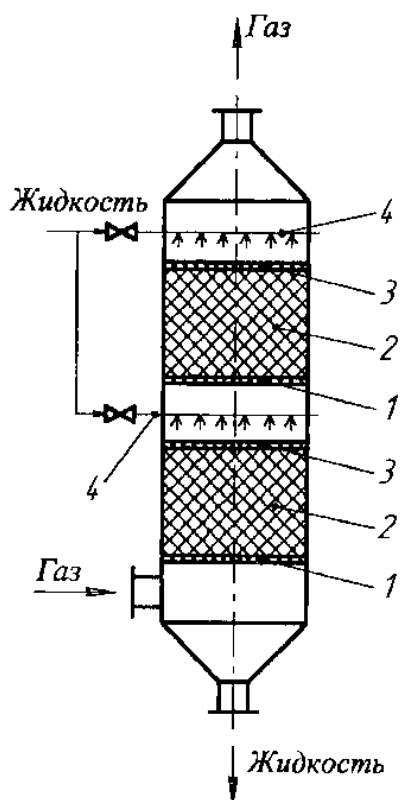


Рис. 14.14. Принципиальная схема насадочного адсорбера:
1 — опорная решетка; 2 — насадка;
3 — ограждающая решетка;
4 — система орошения

турах. Например, сорбция оксида углерода медноаммиачным раствором проводится при давлении газа 32 МПа, температуре 0 °С, а десорбция — при атмосферном давлении и температуре 80 °С.

Простейшей конструкцией абсорбера с непрерывным режимом работы является каскадный аппарат (рис. 14.14), в котором насадка с большой удельной поверхностью (шары, тела неправильной формы) омывается раствором сорбента, реагирующего с газом. Прореагировавший раствор отводится на десорбцию. Кроме насадочных абсорберов, для очистки газов, сильно загрязненных пылью, применяют аппараты, которые конструктивно мало отличаются от форсуночных скрубберов или скрубберов Вентури.

Во многих отраслях промышленности применяют очистку газов адсорбцией, т. е. поглощением газовой

примеси поверхностью твердого пористого материала. В качестве адсорбентов используются активированный уголь, силикагель, цеолиты. Из этих материалов изготавливают насадку с высокой удельной поверхностью — от 500 до 1500 м²/м³ (рис. 14.15).

В адсорберах с неподвижным слоем поглотителя процесс очистки является периодическим и протекает в четыре стадии:

- 1) сорбция примеси из газовой смеси;
- 2) десорбция поглощенного компонента водяным паром с отводом из аппарата десорбированного газа, воды и конденсата;
- 3) сушка адсорбента нагретым воздухом;
- 4) охлаждение насадки холодным воздухом.

Для обеспечения непрерывности процесса очистки адсорберы komponуют в группу из двух и более аппаратов.

В химической и других отраслях промышленности применяют ионообменную очистку газов. Она основана на способности твердых веществ (ионитов) обменивать свои ионы на ионы из газовых смесей. Поглотители положительных ионов называются катионитами

(обладают кислотными свойствами), а отрицательных — анионитами (обладают основными свойствами). Некоторые иониты могут иметь солевую форму. Неорганическими природными ионитами являются глинистые материалы, слюда, полевые шпаты, т.е. вещества, содержащие алюмосиликаты. К синтетическим катионитам относится селикагель, а наиболее перспективными являются высокомолекулярные органические полимеры — ионообменные смолы. Некоторые из них проявляют как анионитные, так и катионитные свойства.

В отличие от обычных адсорбционных процессов ионообменные реакции обусловлены гетерогенным взаимодействием ионита с газообразным компонентом примеси.

С точки зрения конструкции и режимов эксплуатации ионообменные аппараты аналогичны адсорберам. После насыщения ионита примесями аппарат подвергается промывке — операции по возвращению иониту активных свойств. Операция осуществляется путем десорбции поглощенного компонента слабыми растворами кислот или щелочей. Таким образом, для непрерывной ионообменной очистки газа необходимо иметь, как минимум, 2 аппарата, один из которых насыщается примесями, а другой в это время освобождается от них путем промывки. После насыщения примесями первого аппарата производят переключение аппаратов. Режимы работы каждого аппарата согласуют между собой так, чтобы время работы каждого из них при очистке газа и промывке аппарата было бы одинаковым.

Весьма перспективным для очистки воздуха от аэрозолей оказалось поглощение примесей биофильтрами, основанными на жизнедеятельности микроорганизмов. Бактерии могут разлагать углеводороды с образованием CO_2 , восстанавливать соединения серы до

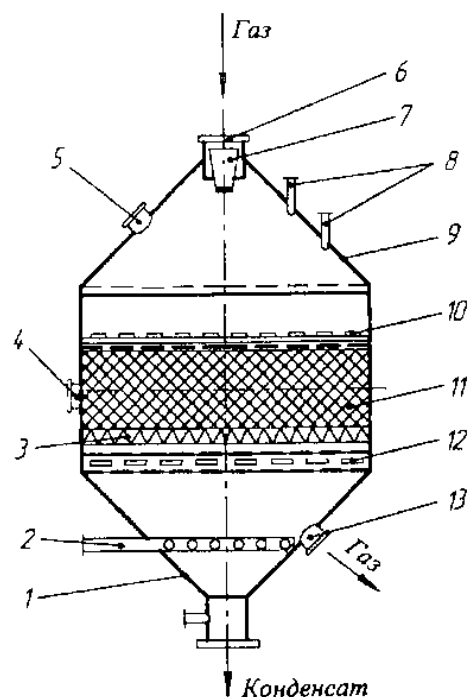


Рис. 14.15. Схема адсорбера:
1 — днище; 2 — патрубок для подачи пара в режиме десорбции; 3 — слой гравия; 4 — люк для выгрузки активированного угля; 5 — люк для загрузки активированного угля; 6 — патрубок для подачи загрязненного газа; 7 — конденсатор; 8 — взрывные клапаны; 9 — крышка; 10 — грузы для удержания активированного угля; 12 — колосниковая решетка с латунной сеткой; 13 — патрубок для отвода очищенного газа

элементарной серы и др. Биофильтр представляет собой сооружение в несколько этажей, на которых располагается фильтровальный материал (смесь компоста с активированным углем и полистиролом), населенный микроорганизмами. В качестве нейтрализаторов добавляются CaCO_3 , CaO , MgCO_3 , MgO . В биофильтре поддерживается температурно-влажностный режим, благоприятный для жизнедеятельности микроорганизмов. Воздух перед вводом в биофильтр очищается до концентрации аэрозольных частиц не более 10 мг/м^3 , а температура регулируется в пределах $15\text{--}40^\circ\text{C}$. Биофильтр обеспечивает степень очистки не ниже 99% при производительности $1\text{--}25 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$. Применение биофильтров особенно актуально для химической, парфюмерной, фармацевтической и ряда других отраслей промышленности.

14.4. Системы комплексной очистки газопылевых выбросов

Большое разнообразие способов очистки газопылевых смесей и соответствующих установок связано с рядом существенных обстоятельств. Это, во-первых, стремление реализовать наиболее эффективные технологии очистки, рационально сочетающие процессы нейтрализации, улавливания нескольких примесей и рассеивания очищенного газа в атмосфере. В результате были созданы многоступенчатые системы пылегазоочисток и их интегрирование с системами утилизации уловленных компонентов. Во-вторых, это реализация эколого-экономических требований к обеспечению наилучшего качества окружающей среды, для чего необходима организация очистки выбросов в атмосферу с минимальными затратами при минимальном ущербе природным системам.

Системы комплексной очистки строятся в виде каскада установок для подготовки газов, их транспортировки, улавливания различных примесей и рассеивания очищенного выброса в атмосферу. Поскольку принципы действия и конструкции газоочисток зависят от специфики производств, то проиллюстрировать имеющиеся решения можно только отдельными типичными примерами.

Одним из перспективных методов предварительной подготовки запыленного газа к очистке является его акустическая обработка. Генератором акустического сигнала является «сирена», работающая в частотном диапазоне $100\text{--}2000 \text{ Гц}$. Под действием этого сигнала в пылегазовом потоке частицы приходят в колебательные движения с существенным возрастанием числа их столкновений друг с другом и, как следствие, усилением процессов их коагуляции. При

этом высокодисперсные аэрозоли коагулируют намного эффективнее, чем пыли средних и больших размеров, которые при величине более 10 мкм практически не вовлекаются в колебательные движения. Укрупнение пылевых частиц зависит от их слипаемости (свойств адгезии), частоты и уровня силы звукового сигнала. Примером акустической подготовки газовой смеси является установка по обработке воздуха, загрязненного пылями мукомольного производства (рис. 14.16). Экспериментально установлено, что при запыленности более 2 г/м³ укрупнение пыли в 8 раз получается при звуковом давлении 140 дБ, частоте колебания от 200 до 1000 Гц и времени обработки 1,5–2 с. При аналогичных параметрах «сирены» укрупнение пыли других производств было иным: средне слипающейся чайной пыли — в 6,4 раза, для слабо слипающейся известковой пыли — в 4,5 раза.

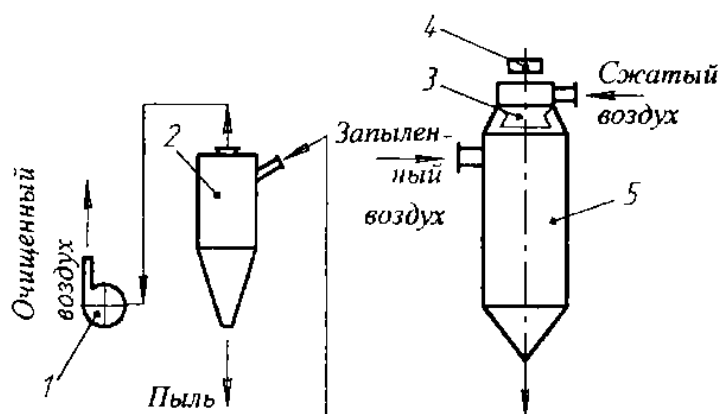


Рис. 14.16. Схема установки акустической обработки запыленного воздуха:
1—вентилятор; 2—циклон; 3—акустическая сирена; 4—электродвигатель;
5—акустическая колонна

Большинство технологических газов энергетических, металлургических и ряда других производств имеют повышенную температуру, что может приводить к энергетическому загрязнению или выходу из строя газоочистных установок. Поэтому перед очисткой газы необходимо охлаждать. В зависимости от состава и температуры газа охлаждение производится рядом способов: 1) смешением с воздухом из атмосферы; 2) охлаждением в теплообменных аппаратах с утилизацией избыточного тепла; 3) впрыскиванием воды; 4) снижением температуры газа до точки «росы».

Первый способ применяют, когда температура газа относительно невелика и необходимо небольшое ее снижение; например, для очистки газа в рукавном фильтре, допускающем работу при температурах газа не выше 140 °С. Второй способ можно применять для

утилизации избыточного тепла газа в котлах-утилизаторах, кожухотрубных теплообменниках и др. В ряде случаев охлаждение не насыщенного парами газа производится впрыскиванием воды. Оно осуществляется либо непосредственно в газоочистной установке (например, в скруббере Вентури), либо в специальных испарительных скрубберах. Последний способ охлаждения применяют при отводе газа от установок с повышенным уровнем давления.

Типичным примером является комплексная очистка газов агломерационных машин по производству железорудного сырья (агломерата). Агломерационные газы содержат $2-6 \text{ г/м}^3$ пыли, в которой много крупных фракций (в среднем 46% частиц с размерами более 40 мкм), а также значительное количество газовых примесей (до 10% CO_2 , 3% CO , 0,6% $\text{SO}_2 + \text{SO}_3$ и 0,2% NO_x). Поскольку интенсивность выделения пылей и газовых загрязнений по длине агломерационной ленты различна, то технологические газы разделены на два потока: с высоким и низким содержанием пыли и сернистых соединений (рис. 14.17). Сначала отходящие газы очищают от крупных фракций пыли в коллекторах вакуум-камер, выполняющих функции пылеосадителей (степень очистки до 60%). Затем от вакуум-камер 2 и 3 они подаются в электрические фильтры, где улавливаются средние и мелкие фракции до остаточного содержания пыли не более $50-100 \text{ мг/м}^3$. От вакуум-камеры 2 после дымососа газы поступают в по-

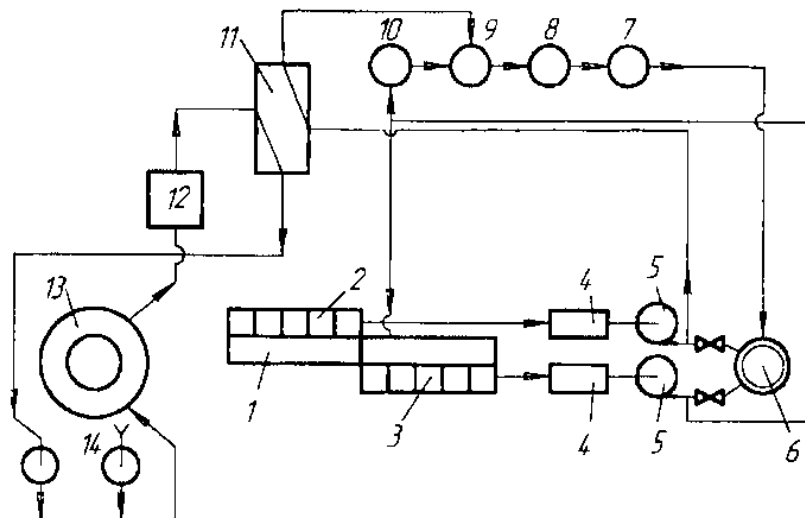


Рис. 14.17. Схема комплексной очистки технологических газов агломерационной машины. 1 — агломерационная лента, 2, 3 — вакуум-камеры, 4 — электрические горизонтальные фильтры; 5 — дымосос, 6 — дымовая труба, 7 — установка восстановления NO_x до N_2 ; 8 — установки окисления CO до CO_2 , 9 — смеситель; 10 — известняковая сероочистка, 11 — рекуператор; 12 — циклон; 13 — кольцевой охладитель готового агломерата; 14 — вентиляторы

верхностный теплообменник 11 (рекуператор), где за счет тепла воздуха, подаваемого от охладителя агломерата 13, подогреваются от 120 °С до 400 °С. От вакуум-камеры 3 газы частично (до 70% объемного расхода) подаются на известняковую сероочистку 10 в скрубберы (эффективность до 85%), а частично возвращаются для процесса спекания под укрытия агломерационной ленты. Два потока газов (от теплообменника 11 и сероочистки 10) смешиваются в установке 13 и (с температурой 300 °С) передаются сначала на каталитическое окисление CO до CO₂ в слое палладиевого катализатора в реакторе 8 (эффективность очистки до 90%), а затем на каталитическое восстановление NO_x до N₂ и O₂ аммиаком в слое ванадиевого катализатора (V₂O₅) в реакторе 7 (эффективность очистки до 90%).

В системе комплексной очистки интересны решения по извлечению из газовой смеси CO, CO₂, SO₂, NO_x. Рассмотрим некоторые типичные технологии. Для очистки газа от SO₂ применяют известняковый метод (рис. 14.18). Результатом реакций является образование мелкокристаллического осадка сульфата кальция при 90% связывания SO₂ из загрязненного газа. Более эффективными, хотя экономически и более затратными, являются аммиачный, поташномагнезитовый, цинковый методы очистки газов от SO₂.

Поскольку содержание CO в агломерационных газах невелико и его невыгодно использовать в качестве топлива, то очистка от оксида углерода ведется дожиганием в газоотводящем тракте с утилизацией избыточного тепла или доокислением до CO₂ на катализаторе. В последнем случае применяют конверсию CO водяным паром на палладиевом катализаторе с последующим поглощением CO₂

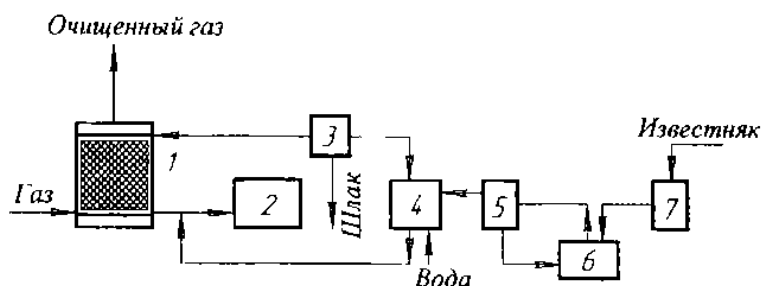


Рис. 14.18. Схема очистки газа от SO₂ известняковым методом: 1—адсорбер; 2— кристаллизатор; 3—узел вывода шлама (сгуститель, фильтр или центрифуга), 4—реактор для приготовления поглотительного раствора; 5—классификатор (разделитель по фракциям) сухого известняка; 6—мельница; 7—дробилка

(рис. 14.19). Поглотителями CO₂ являются сначала вода, а затем водные растворы щелочей (NaOH, KOH, NH₄OH и др.). Процесс абсорбции осуществляют при избыточном давлении около 3 МПа.

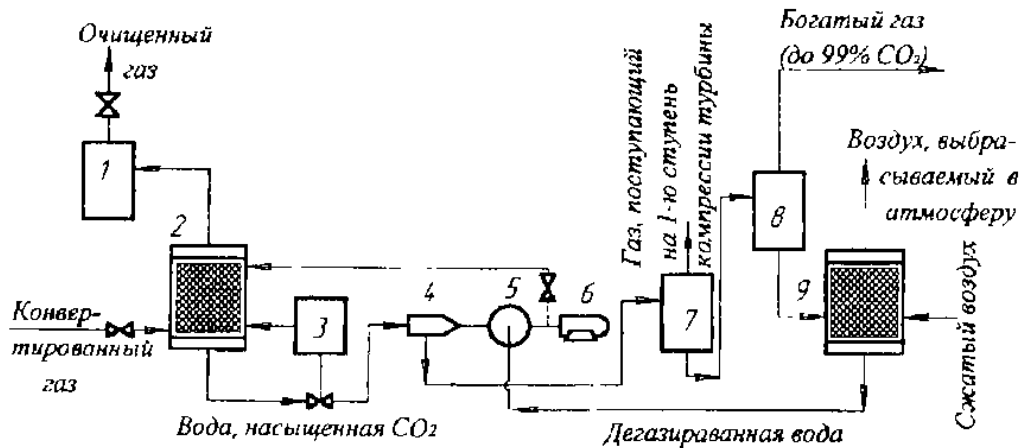


Рис. 14.19. Схема водной очистки газов от CO_2 : 1—сепаратор; 2—абсорбер; 3—регулятор уровня жидкости; 4—турбина; 5—насос; 6—электродвигатель; 7—промежуточный десорбер; 8—конечный десорбер; 9—десорбционная колонка

Воду, насыщенную CO_2 , пропускают через турбину, где избыточное давление преобразуют в электрическую энергию, а затем передают в десорберы с растворами щелочей для доочистки и в десорбционную колонку для удаления остаточной влаги из газа. Обогащенный CO_2 газ используют в ряде промышленных технологий в качестве исходного компонента.

Очистка газов от оксидов азота является наиболее сложной и затратной технологией. В технологических газах оксиды азота могут присутствовать в формах N_2O , NO , NO_2 , N_2O_4 . Наиболее эффективно каталитическое окисление на металлах платиновой группы (рутений, палладий, родий, платина и их сплавы либо сплавы с никелем, хромом, медью и другими металлами). В качестве восстановительного газа используют метан, оксид углерода, аммиак и другие газы, которые, как правило, являются попутными или конечными продуктами производств на данном предприятии. Широкое распространение получил аммиачно-каталитический способ. Высокотемпературные технологические газы охлаждают до $280 - 320^\circ\text{C}$ и подают в реактор с аммиаком и слоем ванадиевого катализатора (V_2O_5), нанесенного на насадку из оксидов алюминия или силикагеля. Оксиды азота восстанавливаются до N_2 , а образующаяся при этом влага конденсируется и выводится из реактора.

Развитие существующих и внедрение новых технологий очистки пылегазовых выбросов и рассеивания их в атмосфере не прекращается. Это относится, прежде всего, к конструкционному совершенствованию оборудования и замене изношенных аппаратов на новые (аналогичные заменяемым или более эффективные). Особое значение приобретают специализированные установки очистки,

обеспечивающие наибольший эффект улавливания и нейтрализации вредных примесей выбросов с того или иного технологического объекта. Качество улавливания пылей улучшается после их предварительной подготовки. Для этого используют методы турбулизации, ионизации, акустической обработки, увлажнения (кондиционирования). Например, в электрических фильтрах при низкой влажности газа, содержащего пыль с высоким удельным электрическим сопротивлением, эффективность очистки снижается из-за возникновения тока обратной короны. Этого можно избежать за счет подачи пара в рабочую зону, а в более сложных случаях нужно добавлять в пар сернистый ангидрид, аммиак, хлориды калия и магния. Кондиционирование увеличивает проводимость пыли и позволяет повысить напряженность электрического поля в межэлектродном промежутке, т.е. улучшить качество очистки газа. Должное внимание следует уделять внедрению комплексной многоступенчатой очистки газов, позволяющей с максимальным эффектом улавливать практически все вредные примеси.

Контрольные вопросы

1. Перечислите и охарактеризуйте основные источники загрязнения атмосферы.
2. Какие факторы определяют рассеивание выбросов в атмосфере?
3. Перечислите основные характеристики промышленных пылей.
4. Как организуется контроль качества атмосферного воздуха?
5. Каковы физические основы методов и способов сухого улавливания пылей?
6. Раскройте физико-химические основы методов мокрой очистки газов.
7. В чем преимущества и недостатки методов сухой и мокрой очистки газов?
8. В чем преимущества электрической очистки газов?
9. В чем состоят физические принципы электрической очистки газов?
10. Проанализируйте примеры систем комплексной очистки газопылевых выбросов.

Глава 15. ЗАЩИТА ГИДРОСФЕРЫ

Качество природных вод определяется взаимодействием атмосферных осадков и почвогрунтов, формирующих водосборы рек и озер. По степени их взаимодействия выделяют четыре генетические категории вод:

- поверхностно-склоновые (стекающие по поверхности склонов);
- почвенно-поверхностные (стекающие по микроручейковой сети);
- почвенно-грунтовые (вытекающие из верхних слоев почвогрунтов по относительным водоупорам);
- грунтовые воды водоносных горизонтов.

Воды различных категорий существенно различаются как по степени минерализации, так и по химическому составу. Самое низкое содержание растворенных веществ отмечается в поверхностно-склоновых водах, а самое высокое — в грунтовых. На качество вод рек, озер, водохранилищ, морей и океанов большое влияние оказывают внутриводоемные физико-химические и гидробиологические процессы.

Качество природной воды практически до 40-х годов XX в. в большинстве регионов России соответствовало питьевым требованиям. Лишь в районах месторождений полезных ископаемых в поверхностных и подземных водах отмечались повышенные концентрации характерных для этих районов веществ. Но и в таких условиях при поступлении вод в более крупные водные объекты и при фильтрации через грунты подземных вод концентрации веществ резко уменьшались и вскоре приобретали зональные показатели (фоновые содержания в водных объектах).

Подземные воды в процессе движения в водоносных горизонтах контактируют с почвогрунтами, насыщаются растворимыми веществами и имеют большую в сравнении с поверхностными водами минерализацию. По этой причине, а также в связи с меньшей капиталоёмкостью забора кубометра воды из поверхностных источников по сравнению с подземными они длительное время широко использовались для хозяйственно-бытового и производственного водоснабжения. В 1997—1999 гг. за счет поверхностных вод удовлетворялось 85,6—86,7% общей потребности России в воде. В более отдаленный период использование поверхностных вод было еще более высоким.

15.1. Показатели качества воды и их контроль

В последние десятилетия на формирование качества природных вод большое влияние оказывает хозяйственная деятельность общества. Примеси, поступающие различными путями в гидросферу, коренным образом изменяют ее качество. В настоящее время в природных водах различных регионов России встречаются высокие кон-

концентрации веществ, не характерные для слагающих площади водосбора горных пород.

Примеси, возникающие в результате хозяйственной деятельности, поступают в природные воды в виде сосредоточенных потоков хозяйственных и производственных сточных вод, а также диффузных стоков с сельскохозяйственных и урбанизированных территорий. Выбросы предприятий и транспорта в атмосферу в конечном итоге осаждаются на поверхности водосбора и совместно с веществами, применяемыми в сельском хозяйстве для повышения плодородия земель и борьбы с сорняками, с рассредоточенным стоком оказываются в водных объектах.

Значительные массы примесей поступают в водные объекты с отвалов обогатительных фабрик, горно-рудных разработок месторождений полезных ископаемых, полигонов и свалок. Анализ показывает, что, например, в Уральском регионе даже при полном прекращении сброса меди со сточными водами предприятий высокие ее концентрации в речной воде сохраняются в течение 100–150 лет за счет выноса из отвалов, сформированных медно-перерабатывающими предприятиями.

Донные отложения во многих водных объектах становятся источниками вторичного загрязнения. Они образуются за счет примесей, которые не растворяются в воде или реагируют с ней, образуя нерастворимые соединения. Нерастворимые примеси называются *консервативными*, а растворимые — *неконсервативными*. Последние с водой могут образовывать как нерастворимые, так и растворимые соединения, токсичность которых может быть значительно больше, чем у исходной примеси.

В зависимости от потребительных характеристик все воды поверхностных водоемов подразделяются на воды хозяйственно-питьевого назначения, для культурно-бытовых нужд населения и хозяйственных целей. Хозяйственно-питьевые воды по всем основным показателям должны быть безвредными для здоровья людей, поэтому нормативные требования к их качеству наиболее жесткие. Водные объекты культурно-бытового назначения используются для купания населения, отдыха и спорта и должны отвечать санитарно-гигиеническим требованиям. Особо выделяются водоемы рыбохозяйственного назначения, требования к качеству вод в которых близки к нормативам хозяйственно-питьевых водоемов. Воды хозяйственного назначения различают по требованиям к их качеству в связи с конкретным использованием. Например, вода, используемая в контурах охлаждения различных тепловых агрегатов, должна иметь дос-

таточно низкую температуру, малокарбонатную жесткость, практическое отсутствие ионов железа и сероводорода. Это связано с тем, что гидрокарбонаты кальция и магния преобразуются в карбонаты, отлагающиеся на стенках теплообменников, а соединения железа и сероводород усиливают коррозию железа в воде.

Примеси природных и сточных вод могут находиться во взвешенном, коллоидном или растворенном состояниях. Взвешенные примеси представляют собой нерастворимые в воде суспензии или эмульсии (консервативные примеси). Примеси в коллоидном состоянии являются гидрофобными или гидрофильными органическими и минеральными частицами (например, детергенты, вирусы и др.).

Различают следующие показатели качества воды: физические, химические, биологические и бактериологические. Определение показателей качества воды осуществляется в лабораториях, в которых используются и автоматизированные комплексы.

Общесанитарными (физическими) показателями воды являются следующие параметры.

1. *Взвешенные вещества* — суспензированные частицы минерального или органического происхождения (песок, глина, планктон и др.), способные выпадать в осадок, всплывать на поверхность воды или находиться во взвешенном состоянии. Взвешенные вещества характеризуют мутность воды, т. е. содержание в ней грубодиспергированных примесей. Количество этих веществ определяется гравиметрическим методом после удаления взвеси через плотный фильтр. Оценка сухого остатка (содержания нелетучих веществ в воде) осуществляется упариванием воды с последующим определением массы остатка. Потери при последующем прокаливании остатка позволяют определить содержание органических веществ, находящихся во взвешенном состоянии. Разность между массой сухого остатка и потерями при прокаливании соответствует содержанию в воде взвешенных минеральных примесей.

2. *Цветность воды* обусловлена присутствием в воде гумусовых и дубильных веществ, жиров, органических кислот и других органических соединений. Оценку цветности воды производят, сравнивая ее с дистиллированной водой и шкалой эталонов, имитирующих эту цветность (платиново-кобальтовой и кобальто-бихроматной). Качественная оценка производится визуально при дневном освещении на белом фоне, а количественная — методом колориметрии.

3. *Запах и вкус воды* определяется естественными и искусственными примесями и оценивается по пятибалльной шкале (0 — нет запаха; 1 — очень слабый; 2 — слабый; 3 — заметный; 4 — отчетливый;

5 — очень сильный). Определение запаха и вкуса осуществляется качественно (органолептически). Сначала дается общая оценка запаха и вкуса (болотный, землистый, гнилостный, рыбный, ароматический), затем — по пятибалльной системе: колбу, заполненную водой на 2/3 объема и закрытую притертой пробкой, встряхивают и, открыв пробку, отмечают интенсивность запаха. Наличие запаха свидетельствует либо о недостаточной чистоте воды, либо о неполном удалении из нее реагентов, использованных при очистке (например, хлора).

4. *Прозрачность воды* определяется по предельной высоте столба воды, через который просматривается тест-объект. В качестве последнего используется рисунок черного креста с толщиной линий в 1 мм и четырех черных кружков на белом фоне (диаметром 1 мм каждый). Для анализа используют мерный цилиндр высотой 300 мм, на дне которого размещается фарфоровая пластина с вышеуказанным тест-объектом. Питьевая вода должна иметь прозрачность на «крест» не менее 300 мм.

Химические показатели делятся на пять групп: главные ионы, растворенные газы, биогенные вещества, микроэлементы и органические вещества.

1. *Главные ионы* — это наиболее распространенные в водах анионы HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , HSiO_3^- и катионы Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} . Их соединения в пресных водах составляют 90–95% общего солесодержания. Среди главных ионов имеются соединения, определяющие *жесткость* воды, т.е. содержание в ней хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов кальция и магния. Карбонатная жесткость обусловлена присутствием в воде гидрокарбонатов Ca и Mg, а некарбонатная — соединениями хлоридов и сульфатов Ca и Mg. Суммарное содержание в воде солей Ca и Mg составляет *общую* ее жесткость. Общая жесткость воды определяется комплексонометрическим методом, *карбонатная* — титрованием соляной кислотой в присутствии метилового оранжевого, *некарбонатная* — по разности результатов этого определения.

Содержание тяжелых металлов определяется рядом методов: спектральным (Ag, Al, Bi, Co, Cu, Fe, Ni, Mn, Mo, Pb, Sn, Ti, V), атомно-абсорбционным (Ag, Be, Cd, Co, Cu, Ca, Mn, Ni, Pb, Sn, Al, Fe, V, Mg), фотометрическим (Cd, Zn, Cr, Cu, Pb). Содержание синтетических поверхностно-активных веществ контролируют с применением экстракционно-фотометрического метода. Наличие нефтепродуктов определяется: в донных отложениях, летучих компонентах, пленок на поверхности воды — люминесценционно-хроматографическим

методом, в остальных случаях применяют хроматографию, гравиметрию с инфракрасной спектрофотометрией.

2. *Растворенные газы* — это в основном кислород, диоксид углерода, сероводород и др. Содержание кислорода в воде зависит от его поступления из воздуха и в результате фотосинтеза. Диоксид углерода находится в воде как в растворенном виде, так и в форме угольной кислоты. Основными источниками поступления его в воду являются биохимические процессы распада органических веществ и циркуляция подземных вод. Сероводород в природных водах образуется как при распаде органических соединений, так и в результате растворения минеральных солей. Содержание химически связанного кислорода в воде определяется потенциометрическим методом с ионоселективным электродом, а молекулярно растворенного — йодометрическим. Для оценки концентрации диоксида углерода в воде используют ИК-спектрометрический метод. Концентрацию сероводорода контролируют с помощью йодометрического метода.

3. *Биогенные вещества* — это необходимые для жизнедеятельности организмов соединения, образующиеся в процессе обмена веществ. В первую очередь к ним относят минеральные и органические соединения азота, железа и фосфора. Органические формы азота представлены белками и продуктами их распада, поступающими в водные объекты с очищенными сточными водами. Неорганические соединения NH_3^+ , NO^- , NO_2^- , которые образуются при разложении азотсодержащих органических соединений, поступают с атмосферными осадками, при вымывании удобрений из почв. Соединения железа Fe^{2+} содержатся в основном в подземных водах, а формы Fe^{3+} — в поверхностных водах (в незначительных концентрациях вследствие полного гидролиза солей). Определение биогенных веществ, состоящих в основном из соединений азота, производится титрометрическими и колориметрическими (фотометрическими) методами.

4. *Микроэлементы* — это вещества, концентрация которых в воде менее 1 мг/л. В природных водах они содержатся в виде ионов, молекул, коллоидных частиц, взвесей, входят в состав минеральных и органических комплексов. Среди них важное гигиеническое значение имеют соединения йода и фтора.

5. *Органические вещества* в природных водах содержатся в виде гумусовых соединений, образующихся при разложении остатков растений и животных. Органические примеси сточных вод имеют весьма разнообразный состав и сложные формы соединений. Для характеристики загрязнения водных объектов такими примесями

используют оценки окисляемости воды, химического и биохимического потребления кислорода. Окисляемость воды — это количество кислорода, необходимое для окисления примесей в заданном объеме воды (мг O_2 /л).

При оценке содержания органических веществ в сточных водах, особенно представляющих собой смесь бытовых и производственных стоков, определяют *химическое потребление кислорода* (ХПК), а для оценки загрязнения стоков микроорганизмами определяют количество кислорода, необходимое для их окисления в аэробных условиях, т.е. *биохимическую потребность в кислороде* (БПК). При этом разность между ХПК и БПК определяется наличием примесей, не окисляющихся биохимическим путем, и количеством органических веществ, идущих на построение клеток микроорганизмов.

Окисляемость воды определяется по массе кислорода, затраченного на окисление органических веществ в 1 л воды. В качестве окислителя используют $KMnO_4$ (перманганатная окисляемость). Химическая потребность в кислороде (бихроматная окисляемость) определяется микрометрически с использованием сильного окислителя — бихромата калия. Биохимическая потребность в кислороде обычно определяется стандартно (за 5 суток). Содержание растворимого в воде кислорода определяют йодометрическим методом до и после термостатирования пробы при температуре 20 °С в течение 5 суток.

Бактериологический показатель качества воды относится главным образом к природным водам и характеризуется наличием в них организмов — гидробионтов и гидрофлоры. Количество этих организмов определяется при микробиологических исследованиях проб, отобранных из водных объектов путем сравнения со стандартными образцами. Для измерений используются сканирующие микроскопы (оптические или электронные).

Бактериологический показатель качества воды характеризует ее безвредность с точки зрения присутствия в ней болезнетворных организмов. Этот показатель получил название «коли-индекс». Он определяет содержание бактерий групп кишечной палочки в 1 л воды. Наименьший объем воды (в мл), приходящийся на одну кишечную палочку, — «коли-титр» также служит бактериологическим показателем качества воды.

Активная реакция воды оценивается по концентрации в воде ионов водорода — рН. Этот показатель для воды с нейтральной реакцией равен 7, со щелочной — больше 7 и с кислой — меньше 7. Оценка рН проводится титрометрическим методом с использованием в качестве индикатора фенолфталеина. Общая щелочность воды

определяется титрованием соляной кислотой. Индикатором при этом является метилоранж. Автоматическое определение содержания ионов водорода производится рН-метрами.

Для комплексной оценки качества поверхностных вод существуют требования к составу воды и ПДК веществ в водных объектах в соответствии с видом водопользования. Поэтому водный объект следует считать загрязненным, если в расчетном пункте водозабора (створе) не соблюдаются такие требования. Если данный водный объект используется для различных целей, то исходят из более жестких требований в ряду одноименных показателей и нормативов качества воды. Все приводимые в санитарных правилах и нормах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами (далее — Правила) списки загрязняющих веществ разделены на три группы: по лимитирующему показателю вредности (ЛПВ), по характеру воздействия на организм человека и действию на внутриводоемные биологические процессы. Различают общесанитарный, санитарно-токсикологический и органолептический показатели. Принято считать, что качество воды достигает границы экологического сдвига, если содержание в ней загрязняющих веществ равно одной дозе. Эта доза для определенного вещества соответствует его ПДК, а для нескольких веществ равна одному ЛПВ и определяется как

$$\sum_{i=1}^m (S_i / \text{ПДК}_i) \leq 1, \text{ где } S_i - \text{средняя концентрация } i\text{-го вещества в воде,}$$

мг/л; ПДК_i — предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде, мг/л; m — общее количество веществ данной группы ЛПВ в водном объекте.

Для оперативного физико-химического анализа состава и средств природных и сточных вод используются гидрохимическая лаборатория ГХЛ-66, лаборатория анализа воды ЛАВ-1, комплекс технических средств автоматизированного контроля загрязнения поверхностных вод АНКос-ВГ и др. Наряду с аналитическими методами оценки состава и свойств вод в последние годы все большее распространение получают такие методы биологического контроля, как *биоиндикация* и *биотестирование*, ставящие цель обнаружения и определения биологически и экологически значимых нагрузок по реакции на них живых организмов и их сообществ в водных объектах. В качестве тест-объектов выбирают наиболее чувствительные к загрязнениям воды организмы, которые избирательно реагируют на определенные виды примесей, т. е. являются критическими звеньями в водных биогеоценозах. Изменение продуктивности

(цветение водоемов, подверженных эвтрификации), поведенческих реакций (снижение двигательных функций у пиявок при загрязнении воды ионами тяжелых металлов), гибель части или всего сообщества определенных организмов позволяет не только установить факт и вид загрязнения, но и определить один из важнейших критических показателей для сообщества — летальную дозу.

15.2. Промышленная классификация вод и систем водоснабжения

Вода, используемая промышленностью, по своему назначению подразделяется на охлаждающую, технологическую и энергетическую. Охлаждающая вода применяется в контурах охлаждения оборудования в металлургии, энергетике, химии и других отраслях, а также для охлаждения промежуточных и готовых продуктов в различных операциях и процессах. Технологическая вода, в свою очередь, делится на *средообразующую, промывную и реакционную*. Средообразующая вода применяется для растворения и образования пульп, при обогащении и переработке руд, транспортировке продуктов и отходов производства. Промывные воды применяют для промывки газообразных, жидких и твердых продуктов и изделий. Реакционная вода применяется для приготовления реагентов. *Энергетическая* вода потребляется для производства пара, а также в качестве теплоносителя систем обогрева.

В соответствии с ролью, выполняемой водой в системах производственного водоснабжения, ее использование принято делить на четыре категории:

1) вода, используемая для охлаждения оборудования и продуктов в теплообменных аппаратах без контакта с продуктом (1а — охлаждение без радиационно-конвективного нагрева поверхности теплообмена; 1б — охлаждение воды с радиационно-конвективным нагревом поверхности теплообмена);

2) вода, используемая как среда, поглощающая и транспортирующая примеси, но не нагревающаяся ими;

3) вода, используемая как среда, поглощающая и транспортирующая примеси с нагревом за счет физического тепла самих примесей и тепла экзотермических реакций;

4) вода, используемая в качестве растворителя реагентов для приготовления технологических растворов.

На промышленных предприятиях, в сфере услуг формируются сточные воды, которые подразделяются на три группы: *бытовые,*

поверхностные, производственные. Бытовые воды отводятся от санитарных узлов предприятий, душевых установок, объектов социального и культурно-бытового назначения. Их учет, отведение, очистка осуществляются совместно с городскими стоками в отдельных системах водного хозяйства. Поверхностные сточные воды образуются на предприятиях в результате выпадения осадков, мытья территорий. Эти воды содержат примеси, входящие в состав сырья, полупродуктов и готовой продукции и, поэтому загрязнение ими водоемов наносит не меньший вред, чем загрязнение производственными стоками. Отвод поверхностных стоков осуществляют либо по отдельной (дождевой) сети, либо совместно с производственными стоками. Производственные сточные воды образуются на предприятии от многих источников, а потому их составы могут существенно отличаться друг от друга. Чаще всего они представляют собой сложные смеси многих веществ, находящихся в различных фазовых и дисперсных системах, имеющих различный диапазон показателей химического, физического и биологического состояний.

Системы водного хозяйства в составе предприятий строятся в виде комплекса сооружений, обеспечивающих требуемое качество и количество воды различного назначения. В этот комплекс входят сооружения по забору воды из источника водоснабжения, сети подачи и отведения воды, насосные станции, сооружения по водоподготовке и очистке сточных вод, обработке осадков, стабилизации воды по физико-химическому составу, извлечению полезных компонентов. По структуре различают следующие схемы водоснабжения (рис. 15.1): прямоточную, последовательную, оборотную, бессточную, безотходную.

В схеме прямоточного водоснабжения вся вода, потребляемая в технологическом процессе, отбирается из источника и, за исключением безвозвратных потерь, после использования сбрасывается в водоем. В последовательной схеме взятая из источника вода используется сначала в одном, затем в другом и т. д. процессах и только после многократного применения в производствах сбрасывается в водоем. По сравнению с прямоточной схемой здесь существенно сокращается потребление свежей воды, а при рациональной последовательности использования отработанной воды одного процесса в качестве подпиточной воды в следующем процессе можно значительно снизить содержание в ней вредных компонентов. В оборотной схеме за счет возврата части очищенной отработанной воды потребление свежей воды и сброс сточных вод в водоем еще более сокращается (в 10–50 раз по сравнению с прямоточной схемой). Обо-

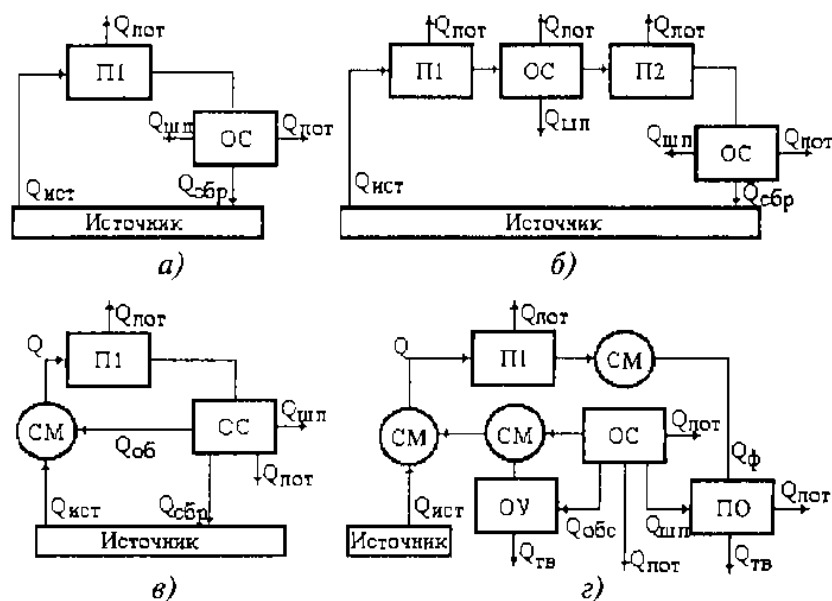


Рис. 15.1. Схемы водоснабжения предприятия: а – прямоточная; б – последовательная; в – обратная; г – бессточная; П1, П2 – потребители воды; ОС – очистные сооружения; СМ – смесители; ОУ – опреснительная установка; ПО – установка по переработке осадков; $Q_{ист}$ – свежая вода из источника; $Q_{пот}$ – безвозвратные потери воды; $Q_{шп}$ – шламовые воды; $Q_{сбр}$ – вода, сбрасываемая в водоем; $Q_{об}$ – обратная вода; $Q_{обс}$ – вода, направляемая на обессоливание; $Q_{тв}$ – твердые осадки сточных вод; $Q_{ф}$ – осветленная вода после фильтрации

ротная вода должна соответствовать требованиям по карбонатной жесткости, pH, содержанию взвешенных веществ, биогенных элементов, значению химической потребности в кислороде (ХПК). Эти показатели определяют термостабильность воды и интенсивность биообрастаний в оборотной системе, процессы коррозии и инкрустации контактных поверхностей оборудования.

Для предотвращения таких процессов и сохранения требуемого качества циркулирующей в системе воды необходимо некоторую ее часть постоянно обновлять за счет подкачки в систему свежей воды от источника и сброса части оборотной воды из системы либо всю оборотную воду периодически сбрасывать и заменять ее свежей.

Для сокращения сбросов сточных вод до минимума следует переходить к замкнутой бессточной системе водообеспечения. В таких системах вода используется в производстве многократно либо без очистки, либо после соответствующей обработки, исключающей образование различных видов отходов и сброс сточных вод в водоемы. Подпитка такой системы свежей водой применяется в случае, если ощущается недостаток очищенных вод для восполнения имеющих потерь в системе. Использование свежей воды в технологи-

ческих операциях возможно в тех случаях, когда использование очищенных сточных вод не допускается по условиям технологии.

Для уменьшения загрязнения сточных вод намечен ряд направлений.

1. Разработка и реализация безводных технологических процессов.

2. Совершенствование существующих технологических процессов, направленное на сокращение объемов потребляемых вод, их безвозвратных потерь, на снижение количества загрязнений, поступающих в воду.

3. Разработка и реализация совершенного технологического оборудования.

4. Применение методов воздушного и водно-воздушного охлаждения.

5. Повышение эффективности использования очищенных сточных вод в системах водоснабжения предприятия.

Реализация решений по данным направлениям связана с созданием замкнутых систем водного хозяйства и последующим переходом к экологически чистым технологиям. Необходимость создания замкнутой системы водного хозяйства обусловлена дефицитом воды, исчерпанием ассимилирующей, разбавляющей и самоочищающей способности водного объекта, принимающего сточные воды, и экономическими преимуществами такой системы при очистке сточных вод до требований, предъявляемых водоохраным контролем. Поэтому замкнутая система целесообразна, когда затраты на рекуперацию воды и веществ, выделенных из сточной воды и переработанных до товарного продукта или вторичного сырья, ниже суммарных затрат на водоподготовку и очистку сточной воды до показателей, позволяющих сбрасывать ее в водные объекты без их загрязнения. В случаях, когда создание замкнутых систем водоснабжения диктуется экологическими требованиями, выбор оптимального варианта осуществляется в результате оценки экономической эффективности конкурентных решений.

Замкнутая система должна обеспечивать рациональное использование воды в технологических процессах производства, максимально достижимую рекуперацию компонентов сточных вод, сокращение затрат, нормальные санитарно-гигиенические условия работы персонала, исключение загрязнения окружающей среды.

Особенности формирования состава и свойств воды определяют схему и соответствующие методы. Основной объем работ по контролю качества выполняют подразделения Роскомгидромета (повер-

хностные воды), Минприроды (подземные воды, сточные воды предприятий), Госсанэпиднадзора (участки водных объектов, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения). В основу организации и проведения контроля качества воды положены принципы комплексности и систематичности наблюдений, согласование сроков отбора проб с особенностями гидрологического режима, применение единых методик для определения свойств и состава воды.

Комплексность наблюдений включает одновременное отслеживание гидрохимических, гидробиологических и гидрологических показателей. Согласно руководящему документу Госкомгидромета (ведомственной инструкции) в пунктах наблюдений организуют один или несколько створов. Один створ устанавливают при отсутствии организованного сброса сточных вод. При наличии организованного сброса устанавливают два створа или более. Один из них — выше места выпуска и зоны влияния сточных вод. Состав воды по данному створу характеризует фоновое качество для участка реки ниже выпуска или группы выпусков, где устанавливается еще один или несколько створов.

Фоновые концентрации веществ исследуются путем отбора проб воды в водных объектах, не подверженных антропогенному влиянию, имеющих типичное геологическое строение водосборного бассейна и характер растительности. В крупных населенных пунктах, а также на предприятиях фоновые концентрации оцениваются по пробам, отбор которых производится выше населенного пункта или места выпуска сточных вод на расстоянии не менее 500 м для малых и 1000 м — для средних и больших рек. Качество воды с учетом антропогенного влияния изучается путем отбора воды из водоприемников сточных вод ниже населенного пункта либо створа выпуска сточных вод предприятия на расстоянии 500 м. Пункты наблюдений подразделяются на четыре категории. Категория определяет периодичность и программу наблюдений. Устанавливают ее с учетом народно-хозяйственного значения водного объекта, качества воды, размера водоема, водности водотока, размера населенного пункта и т. д.

В пунктах 1-й категории наблюдения производят ежедневно в створе после выпуска сточных вод по сокращенной программе, включающей основные вещества в сточных водах предприятия. Одновременно отбирается проба в объеме 5 л для хранения в течение 5 суток на случай проведения анализа при возникновении чрезвычайных ситуаций. По более расширенным программам осуществляется контроль качества воды в водных объектах еженедельно и ежемесячно. В пунктах 2-й и 3-й категории контроль осуществляется по бо-

лее сокращенным программам. В пунктах 4-й категории, а также 1–3-й категорий в основные фазы водности рек (весеннее половодье, летняя межень, дождевые паводки и зимняя межень) анализ качества воды производится по полной программе.

Наряду с основными наблюдениями предусмотрено проведение специальных: за процессами самоочищения, фоновым состоянием водных объектов, выносом загрязняющих веществ в моря, качеством осадков, снежного покрова и т. д.

В настоящее время контроль осуществляется как на стационарных постах с регулярным отбором проб, так и оперативно с использованием подвижных (мобильных) лабораторий, в том числе лабораторий дистанционного зондирования (авиационных, спутниковых, космических станций). В комплексе такие лаборатории позволяют решать задачи как оперативного контроля, так и мониторинга водных объектов. Для ограничения загрязнения объектов в соответствии с требованиями санитарных правил и норм для природопользователей устанавливаются допустимые сбросы сточных вод.

Предельно допустимый сброс (ПДС) — масса вещества в сточных водах, допустимая к отведению в водный объект за единицу времени, обеспечивающая нормативное качество воды в контрольном створе. Последний принимается на расстоянии не менее одного километра выше водозабора, места рекреации, границы населенного пункта при использовании водного объекта в коммунально-бытовых и хозяйственно-питьевых целях и не далее 500 м ниже выпуска сточных вод в водных объектах рыбохозяйственного назначения.

Временно согласованный сброс (ВСС) — масса вещества в сточных водах, соответствующая достигнутому уровню очистки на водоохраных сооружениях предприятий, превышающая ПДС и временно согласованная к отведению в водный объект на период увеличения мощности и состава очистных сооружений с целью достижения нормативов ПДС по всем веществам, но не более 3 лет.

По всем веществам, сбрасываемым со сточными водами, устанавливается класс их опасности. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения подразделяют вещества на четыре класса опасности:

- 1-й класс — чрезвычайно опасные (тетраэтилсвинец);
- 2-й класс — высокоопасные (алюминий, кадмий);
- 3-й класс — опасные (медь, хром);
- 4-й класс — умеренно опасные (хлориды, сульфаты).

При сбросе нормируемых веществ в водные объекты рыбохозяйственного назначения, а также веществ 1-го и 2-го классов опасно-

сти в водные объекты хозяйственного водопользования ПДС устанавливаются с учетом совместного воздействия веществ одного и того же лимитирующего показателя вредности (ЛПВ). Определение ПДС и ВСС для водопользователей осуществляется на основе аналитических измерений и прогноза качества воды, который выполняется расчетом по аттестованной методике гидрометеорологическими службами России.

15.3. Технологии и средства защиты гидросферы

Защита гидросферы организована в России с учетом особенностей поступления в водные объекты примесей и включает регулирование:

- поверхностного стока на водосборе;
- качества сточных вод;
- качества воды в объектах.

Вынос примесей в водные объекты с площади водосбора пропорционален поступающему в них стоку воды. Поэтому уменьшение диффузных (рассредоточенных) поступлений примесей достигается реализацией мероприятий, способствующих задержанию стока на водосборе. К таким мероприятиям относятся повышение степени залесенности водосборов, лиманное орошение, вспашка сельскохозяйственных полей в осенний период. При этом следует иметь в виду, что в горных районах лес незначительно уменьшает вынос веществ вследствие крайне небольшой мощности четвертичных отложений и слабой их регулирующей способности. В равнинных районах с увеличением лесистости водосбора (отношение площади водосбора, покрытой лесом, к общей площади водосбора) происходит уменьшение поверхностного стока и уменьшение выноса веществ. На малых реках в связи с небольшим врезом русла в породы водосбора лес способствует большему переводу поверхностных стоков в подземные и уменьшению выноса веществ в сравнении со средними и большими реками. Однако масштабы применения этих мероприятий весьма ограничены и реализуются лишь на отдельных небольших реках. В степных и полупустынных регионах России определенный эффект в задержании примесей на водосборе оказывают лесозащитные полосы.

Важная роль в задержании примесей на водосборе принадлежит лиманам (пониженные или специально обвалованные участки сельскохозяйственных полей, затопляемые водой в весенний период). Уменьшение выноса примесей с водосбора возможно также с помо-

щью *щелчевания* и устройства траншей, заполняемых легкофильтрующими материалами. Однако большая трудоемкость и капиталоемкость таких сооружений не способствуют их широкому применению.

Регулирование поступления примесей с хозяйственно-бытовыми и производственными сточными водами осуществляется с помощью комплекса очистных сооружений. Состав сооружений и технологическая схема их размещения определяются составом и расходом сточных вод, необходимой глубиной очистки и устанавливается в процессе проектирования. Глубина очистки сточных вод очистными сооружениями и вынос примесей в водные объекты устанавливаются на основе нормативов предельно допустимых (ПДС) и временно согласованных сбросов (ВСС).

Обеспечение требуемого качества вод осуществляется процессами подготовки и очистки. Подготовка воды включает процессы: коагулирования, предварительную очистку, фильтрацию, обеззараживание, дезодорацию и удаление токсичных веществ. Очистка сточных вод производится деструктивными методами, основанными на разрушении примесей, и регенеративными методами, основанными на извлечении и последующей утилизации содержащихся в воде ценных компонентов.

Для очистки сточных вод используются практически все достижения современной науки и техники. Методы, базирующиеся на этих достижениях, включают: механические, биохимические, физико-химические, термохимические и термические.

Выбор метода и соответствующего оборудования определяется характеристиками загрязнений, их концентрацией, физическими и химическими свойствами, а также требованиями эффективности очистки сбросов.

Механическая очистка сточных вод. Взвешенные в воде примеси имеют широкий диапазон размеров, а их удаление требует часто нескольких ступеней очистки. Самые крупные примеси осаждаются методом процеживания воды через решетки и сита, размещаемые в коллекторах сточных вод перед отстойниками. Последующая очистка проводится методом отстаивания, т.е. осаждения под действием гравитационных сил. Для этого используются песколовки, отстойники и осветлители.

Песколовки применяют для удаления из воды частиц минеральных и органических примесей с размерами не менее 0,2 мм. В отстойниках осаждение частиц происходит под действием сил тяжести. Наиболее эффективны осветлители (рис. 15.2), в которых механическое удаление частиц проводится после обработки воды

коагулянтами. Коагулирование — это физико-химический процесс агломерации мелких частиц под действием сил молекулярного притяжения, возникающих при обработке воды солями многовалентных металлов. В результате устраняется мутность и цветность воды, а в ряде случаев снижается интенсивность вкуса и запахов. В качестве коагулянтов применяют алюминийсодержащие вещества (сернокислый глинозем $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и др.), соединения железа (железный купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и др.), ряд других веществ. Эффективность коагуляции увеличивается при обработке воды флокулянтами — высокомолекулярными органическими или минеральными соединениями, которые образуют макромолекулы, связывающие гидроксиды коагулянтов с примесями с выпадением крупных хлопьев. К ним относятся полиакриламид, активная кремниевая кислота, гашеная известь, едкий натр, кальцинированная сода, хлорная известь и др.

Система обработки воды включает узел для приготовления коагулянта, дозатор, смеситель, камеру хлопьеобразования и отстойник. В осветлителях смеситель и камера хлопьеобразования совмещены, а функции отстойника выполняет осадкоуплотнитель. Воду с добавкой коагулянта подают в его нижнюю часть до тех пор, пока на высоте сечения I-I не наступит равенство скорости восходящего потока и скорости выпадения из него хлопьев коагулянта с удерживаемыми им частицами взвеси. Через находящийся выше сечения I-I слой взвешенного осадка фильтруется осветленная вода, поступающая в желоб, а осадок удаляется в осадкоуловитель для дальнейшей переработки.

Для удаления из сточных вод тонкодисперсных примесей применяют фильтрацию через пористые перегородки, изготавливаемые из минеральных (металлические сетки, стекловолокно, насыпной слой и др.) или органических веществ (синтетические волокна, ткани). По принципу действия различают поверхностные и глубинные фильтры. В первых — частицы оседают на пористую перегородку, во вторых — после оседания частицы адсорбируются перегородкой. Если количество очищаемых сточных вод достаточно велико, то приме-

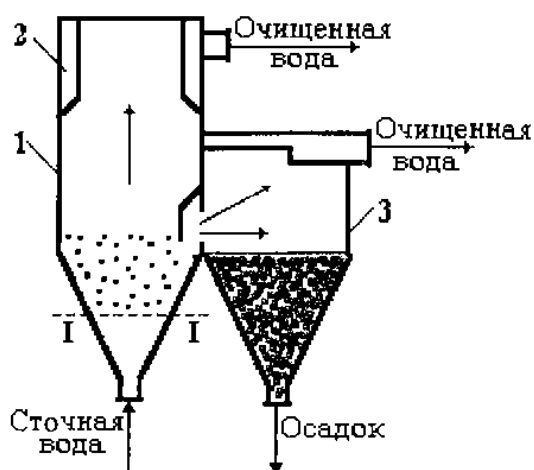


Рис. 15.2. Блок осветлителя:

1 — осветлитель; 2 — желоб;

3 — осадкоуплотнитель

няют фильтры с зернистым слоем. Последние получили наибольшее распространение из-за простоты конструкции, надежности и достаточно высокой эффективности. Зернистый фильтр представляет собой резервуар, в нижней части которого имеется дренажное устройство для отвода воды. На него укладывают слой поддерживающего материала, а затем фильтрующий слой.

Зернистые фильтры подразделяют на *медленные* и *скоростные*, *открытые* и *закрытые*. В медленных фильтрах фильтрация идет через осадок загрязнений, образующихся на поверхности зерен загрузки в больших порах материала. В быстрых фильтрах пленка загрязнений не образуется, и фильтрование идет в толще слоя загрузки, где частицы задерживаются на зернах фильтрующего материала за счет сил адгезии. В таких фильтрах сточная вода подается в специальную систему с добавкой коагулянта (рис. 15.3). После фильтрации очищенная вода удаляется через дренажное устройство. Его изготавливают из пористо-бетонных сборных плит, на которых послойно размещают фильтрующий материал с высотой загрузки 1,5–2 м. После засорения слоя осадком он периодически очищается подачей снизу вверх промывных вод.

Особенностью фильтров с подвижной загрузкой (кварцевый песок с зернами 1,5–3 мм или гранитный щебень с зернами 3–10 мм) является вертикальное расположение фильтрующей перегородки и

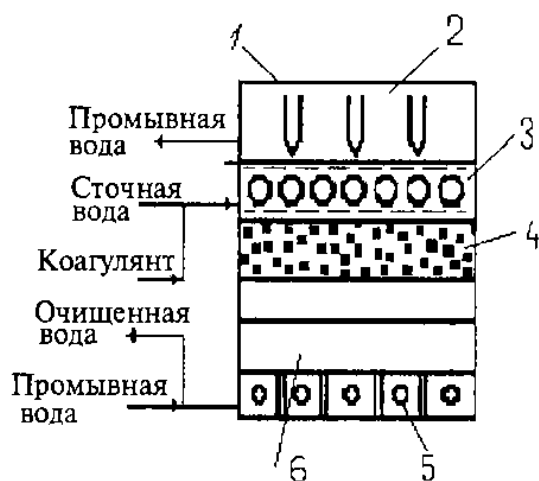


Рис. 15.3. Скоростной зернистый контактный фильтр:

- 1 — корпус; 2 — система отвода промывных вод; 3 — система подачи сточных вод; 4 — фильтрующий материал; 5 — трубы отвода очищенной воды; 6 — пористый дренаж

горизонтальное движение очищаемой от примесей воды. При скорости фильтрации 15 м/ч эффективность очистки составляет 50–55%. Загрязненный материал фильтра очищается от осадка в отдельном промывном устройстве, поэтому фильтр работает непрерывно, но из-за абразивного износа трубопроводов и измельчения и уноса частиц фильтрующего материала применение таких фильтров пока ограничено.

В промышленных очистных сооружениях широко применяются центробежные сепараторы — гидроциклоны (рис. 15.4). Напорные гидроциклоны исполь-

зуют для осаждения твердых примесей.

Эти аппараты имеют высокую производительность и эффективность очистки до 70%. Сточная вода тангенциально подается в аппарат и при вращении под действием центробежной силы разделяется на два потока. Часть жидкости с крупными частицами движется у стенок по винтовой спирали вниз к сливному отверстию. Другая часть (осветленная) поворачивается и движется вверх вблизи оси циклона к кольцевому лотку. Гидроциклоны изготавливаются диаметром 0,7 м и высотой, примерно равной диаметру. При больших объемах очищаемых сточных вод они объединяются в мультигидроциклоны.

Для удаления из сточных вод плохо отстаивающихся нерастворимых примесей применяют метод *флотации*. По сравнению с отстаиванием он обеспечивает селективное выделение примесей, большую скорость процесса, высокую (95–98%) степень очистки и возможность рекуперации удаляемых веществ. Кроме того, при флотации сточные воды аэрируются, в них снижается содержание легко окисляемых веществ и ПАВ, бактерий и микроорганизмов. Флотаторы просты по конструкции, надежны и обеспечивают непрерывный процесс очистки.

В процессе флотации пузырек воздуха сближается с гидрофобной твердой частицей и всплывает вместе с ней на поверхность воды, где образуется пенный слой, который содержит повышенную концентрацию частиц примесей и периодически удаляется из флотатора. Эффективность флотации зависит от природы примесей, смачиваемости частиц водой и характера взаимодействия реагентов с их поверхностью. Поверхностно-активные вещества (масла, жирные кислоты и их соли, амины, меркаптаны и др.) являются реагентами-собирателями и, адсорбируясь на частицах, понижают их смачиваемость, делая их гидрофобными. Поэтому прочность прилипания частицы к пузырьку максимальна.

Наиболее распространены следующие способы флотации сточных вод: с выделением воздуха из растворов, с механическим дис-

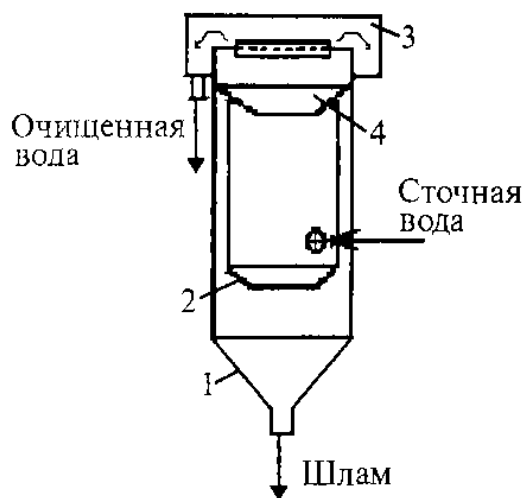


Рис. 15.4. Напорный гидроциклон:
1 — корпус; 2 — внутренний цилиндр;
3 — кольцевой лоток; 4 — диффрагма

пергированием воздуха, с подачей воздуха через пористую перегородку, электрофлотация, химическая флотация.

Первый способ реализуется с помощью напорных установок, применяемых для очистки сточных вод с содержанием взвеси до 4–5 г/дм³. Процесс идет в две стадии: насыщение воды воздухом под давлением 0,15–0,4 МПа и выделение растворенного газа — при атмосферном давлении. Производительность такого аппарата лежит в пределах от 5 до 2000 м³/ч по очищенной воде (с учетом добавок коагулянтов). Основным элементом установки напорной флотации является флотатор (рис. 15.5).

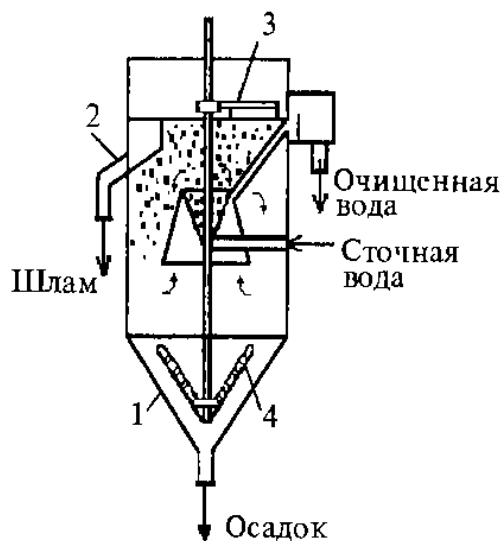


Рис. 15.5. Флотатор "Аэрофлотор":

- 1 — камера; 2 — шламоприемник;
- 3 — скребок; 4 — донные скребки

Сточную воду, насыщенную воздухом, подают в камеру, где давление близко к атмосферному. Выделяющиеся пузырьки воздуха захватывают частицы примесей и всплывают вверх. Пенный слой с твердыми включениями донным скребком удаляют в шламоприемник, а осветленную воду отводят на последующее использование. Твердые частицы, осевшие на дно камеры, донным скребком сдвигают в нижнюю часть камеры и удаляют из аппарата.

Флотация с механическим диспергированием воздуха широко используется в процессах обогащения полезных ископаемых, а в последнее

время и для очистки сточных вод с содержанием взвеси более 2 г/дм³. Диспергирование воздуха обеспечивается турбинками насосного типа — импеллерами (дисками с обращенными вверх лопатками). Флотация с использованием пористых керамических пластин обеспечивает высокое качество очистки, но ввиду засорения и зарастания отверстий пористого материала, а также трудностей в подборе пористых перегородок с одинаковыми отверстиями этот способ нашел ограниченное применение.

Для тонкой и сверхтонкой очистки сточных вод применяются методы *обратного осмоса* и *ультрафильтрации*. Данные методы реализуются в процессе фильтрования сточной воды через полупроницаемые мембраны при давлении P , превышающем осмотическое. Мембраны пропускают молекулы растворителя, задерживая молеку-

ды растворенного вещества, размеры которых не больше молекул растворителя (обратный осмос при давлении до 10 МПа) или на порядок их больше (ультрафильтрация при $P = 0,1-0,5$ МПа). Обычно мембраны изготавливают из ацетатцеллюлозы. Установка обратного осмоса весьма проста и экономична, имеет высокую эффективность, но требует периодической замены мембран при заметном возрастании у поверхности концентрации растворенного вещества, а также работы аппаратуры при повышенных давлениях, что требует ее специального уплотнения. Обратный осмос используют для разделения растворов, содержащих частицы с размерами $0,0001-0,001$ мкм, а ультрафильтрацию — для частиц с размерами $0,001-0,02$ мкм. Данные методы рекомендуется применять при содержании в электролитах: одновалентных солей — не более 10%, двухвалентных — 15, многовалентных — 20%. Для органических веществ эти пределы несколько выше.

Установки мембранного разделения собирают из большого числа отдельных модулей в батареи. При небольших производительностях модули соединяют параллельно. Для увеличения выхода фильтрата модули собирают последовательно-параллельно. В случае одновременного разделения органических и неорганических веществ используют обратный осмос и ультрафильтрацию. При этом в процессе ультрафильтрации получают концентрат органических веществ, а затем — в процессе обратного осмоса — концентрат неорганических веществ и чистую воду.

Биохимическая очистка сточных вод. Процесс очистки основан на способности микроорганизмов использовать многие растворенные в сточных водах органические и неорганические соединения для питания в процессе жизнедеятельности. Известны аэробные и анаэробные методы биохимической очистки. Первая группа методов основана на использовании организмов, для жизнедеятельности которых необходим дополнительный приток кислорода при температурах $20-40$ °С. При этом методе аэробные микроорганизмы культивируются в активном иле или биопленке. Анаэробные методы реализуются без доступа кислорода и используются главным образом для обезвреживания осадков.

Активный ил включает живые организмы (бактерии, простейшие черви, плесневые грибы, дрожжи и др.), сообщество которых образует биоценоз, и твердый субстрат. Активный ил формирует аморфную коллоидную систему, имеющую достаточно стабильный состав, несмотря на значительные отличия сточных вод различных производств. Сухое вещество активного ила состоит на 70–90% из

органических и на 10–30% из неорганических веществ. Субстрат, содержание которого в иле может достигать до 40%, включает твердую отмершую часть остатков водорослей и различные твердые остатки. При очистке промышленных стоков в активном иле преобладают аэробные микробы.

Основную роль в процессе биохимической очистки сточных вод играют микроорганизмы, с помощью которых протекают процессы, заканчивающиеся окислением вещества с выделением энергии и синтезом новых веществ с затратами энергии. Скорость биохимических реакций определяется активностью ферментов (энзимов), зависит от температуры, pH среды и присутствия в сточной воде различных веществ. Для каждого фермента существует оптимальная температура, ниже или выше которой скорость реакции падает. Активаторами ферментов являются катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , а ингибиторами, снижающими активность ферментов, могут быть, например, соли тяжелых металлов.

Аэробные процессы биохимической очистки могут проводиться как в природных условиях, так и в искусственных сооружениях. В естественных условиях очистка происходит на полях орошения, полях фильтрации и в биологических прудах. Искусственными сооружениями являются аэротенки и биофильтры разной конструкции, в которых процессы очистки идут с большей скоростью, чем в природных условиях.

Поля орошения являются специально подготовленными земельными участками, используемыми одновременно для очистки сточных вод и в агрокультурных целях. Процессы очистки идут здесь за счет действия почвенной микрофлоры, солнца, воздуха и жизнедеятельности растений. Поля фильтрации аналогичны полям орошения, но используются только для биологической очистки сточных вод. Сточные воды на очистку подают через распределительные системы в подпочвенный слой поля орошения, что наиболее полно реализует полезные свойства сточных вод как удобрений.

Биологические пруды представляют собой каскад из 3–5 ступеней водоемов, через которые медленно протекает очищаемая вода. Пруды с естественной аэрацией имеют глубину 0,5–1 м, хорошогреваются солнцем и заселяются водными организмами и водорослями, что способствует интенсификации процессов окисления сточных вод. Пруды с искусственной аэрацией имеют глубину более 1 м. Они снабжены системами принудительной подачи и распределения воздуха в целях обеспечения интенсивного подвода кислорода и осуществления массообменных процессов. Пруды используют в комп-

лекс с другими очистными сооружениями — как для биологической очистки, так и доочистки сточных вод.

Очистку в искусственных условиях проводят с помощью аэротенков или биофильтров. Аэротенк — это открытый железобетонный аэрируемый резервуар, в котором очистка идет по мере протекания через него аэрированной смеси сточной воды и активного ила (рис. 15.6). Сточную воду сначала направляют в первичный отстойник, в который для улучшения осаждения взвешенных частиц по-

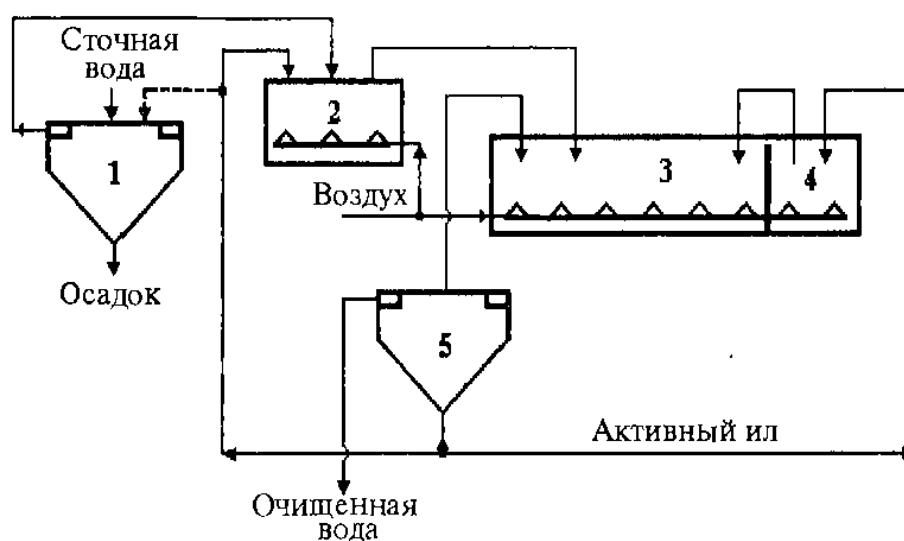


Рис. 15.6. Схема установки биологической очистки:
1 — первичный отстойник; 2 — преаэратор-усреднитель; 3 — аэротенк;
4 — регенератор; 5 — вторичный отстойник

дают часть активного ила. Из отстойника осветленная вода поступает в преаэратор-усреднитель, в который подают избыточный ил из вторичного отстойника. Здесь сточные воды предварительно аэрируются воздухом и при необходимости добавляются нейтрализующие добавки и питательные вещества. После усреднителя сточная вода поступает в аэротенк, где циркулирует активный ил. Биохимические процессы в аэротенке проходят в два этапа:

1) адсорбция активным илом органических веществ и минерализация легко окисляющихся веществ при интенсивном потреблении кислорода;

2) доокисление медленно окисляющихся органических веществ с менее интенсивным потреблением кислорода и регенерация активного ила в отдельной секции аэротенка — регенераторе; после этого сточная вода с илом поступает во вторичный отстойник, где происходит отделение ила от воды.

Существует множество различных конструкций аэротенков, отличающихся числом коридоров для прохода воды, организацией гидродинамического режима подачи сточных вод и воздуха, способом регенерации активного ила, количеством ступеней очистки, нагрузкой на активный ил и другими характеристиками.

Биофильтры представляют собой корпусные сооружения с кусковой насадкой и распылительными устройствами для сточной воды и воздуха. Сточная вода фильтруется через насадку, покрытую пленкой микроорганизмов. В процессе окисления сточной воды биопленка наращивает свою массу, а отработанная биопленка смывается с насадки и выводится из биофильтра. В качестве насадки применяют щебень, гравий, шлак, керамзит, металлические и пластмассовые сетки и др. Разнообразные конструкции биофильтров определяются требованиями к очистке (полной или неполной), подачей воздуха для аэрации (естественной или искусственной), с рециркуляцией или без рециркуляции сточных вод, степенью очистки (в одну или несколько ступеней).

Для первичной очистки высококонцентрированных промышленных сточных вод ($\text{БПК}_{\text{полн}} \approx 4\text{--}5 \text{ г/дм}^3$), содержащих органические вещества, а также для образования осадков от биохимической очистки применяют анаэробные методы обезвреживания. Органические вещества разрушаются анаэробными бактериями в процессе брожения. Процесс брожения проводят в метанотенках — герметически закрытых емкостях с устройствами для ввода несброженного и отвода сброженного осадка. Степень сбраживания (распада органических веществ) в среднем составляет около 40%, состав выделяющихся газов: 63–65% метана, 32–34% CO_2 . Выделяющиеся газы обычно сжигают в топках котлов.

Процесс биохимической очистки протекает более устойчиво и полно при совместной очистке промышленных и бытовых стоков, поскольку последние содержат биогенные элементы, а также разбавляют производственные сточные воды.

Физико-химическая очистка сточных вод. Адсорбцию применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических примесей (фенолов, ПАВ и др.) после биохимической очистки, а также если концентрация таких примесей невелика, а сами они биологически не разлагаются или сильно токсичны. Метод высокоэффективен (80–95%), позволяет очищать сточные воды, содержащие несколько веществ, допускает рекуперацию этих веществ. Адсорбционная очистка может быть регенеративной, т. е. с извлечением вещества из адсорбента и его утилизацией, и деструктивной, при

которой адсорбент, содержащий извлеченные из сточных вод вещества, уничтожается. В качестве адсорбентов используют активированный уголь (наиболее универсален), шлаки, глины, некоторые синтетические вещества и др.

В общем случае процесс адсорбции складывается из трех стадий.

1. Перенос вещества из сточной воды на поверхность адсорбента.
2. Собственно адсорбция.
3. Перенос вещества внутри зерен адсорбента.

При адсорбции поглотитель насыщается адсорбируемым веществом. Со снижением эффективности очистки адсорбцию прекращают, а адсорбент подвергают регенерации, десорбируя из него поглощенные вещества. Процесс адсорбции ведут при интенсивном перемешивании адсорбента со сточной водой с последующим фильтрованием воды через слой адсорбента либо в псевдосжиженном слое на установках периодического или непрерывного действия. Более эффективны установки непрерывного действия.

Адсорбер с использованием способа фильтрации воды через слой адсорбента представляет собой колонну, в которой на решетке уложен сначала слой гравия, а затем слой активированного угля. Очищаемая вода подается снизу вверх, а пар для регенерации адсорбента — сверху вниз. Адсорберы с псевдосжиженным слоем (рис. 15.7) действуют иначе. Активированный уголь через воронку по трубе непрерывно подается под распределительную решетку с отверстия-

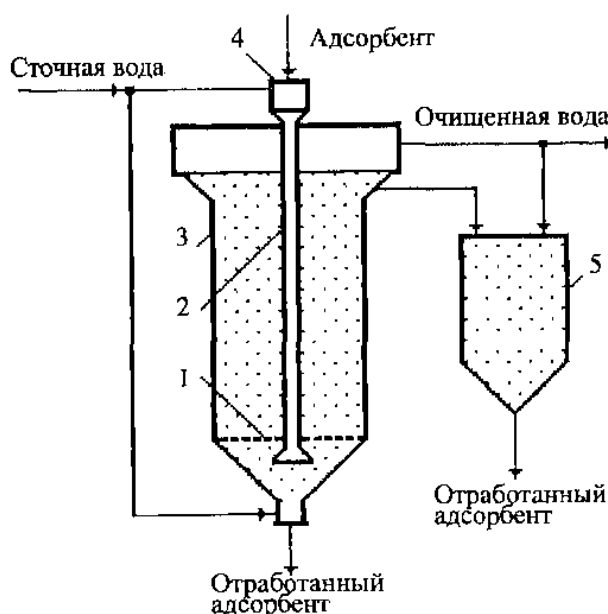


Рис. 15.7. Одноярусный адсорбер: 1 — решетка; 2 — труба; 3 — колонна; 4 — воронка; 5 — сборник

ми 5–10 мм. Сточная вода захватывает зерна адсорбента и проходит вместе с ними через решетку, над которой образуется псевдосжиженный слой, где идет адсорбция. Избыток угля поступает в сборник, а из него на регенерацию. Очищенную воду через желоба отводят из колонны.

Адсорбированные ценные вещества извлекают десорбцией при регенерации активированного угля насыщенным или перегретым паром при температуре 200–300 °С и давлении 0,3–0,6 МПа или инертным газом при 120–130 °С. После десорбции пар конденсируют, а извлеченные вещества направляют на переработку. В случаях, когда адсорбированное вещество не представляет ценности, проводят деструктивную регенерацию активированного угля. Она осуществляется либо химическим методом (окисление хлором, озоном и др.), либо термическим методом (обработка в печах при температурах 700–800 °С в бескислородной среде смесью продуктов сгорания и водяного пара).

Ионообменная очистка сточных вод применяется для извлечения из сточных вод металлов (Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, V, Mn и др.), а также соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений и радиоактивных веществ. Ионный обмен используется в процессах водоподготовки для обессоливания воды. По завершении процесса ионного обмена иониты регенерируют.

Процессы ионообменной очистки проводят в установках периодического и непрерывного действия. Последние наиболее предпочтительны для промышленных условий, поскольку позволяют при использовании компактного оборудования снизить удельный расход ионитов, реагентов для их регенерации и промывной воды. Установки непрерывного действия состоят из нескольких ионообменных аппаратов (колонн) с катионитом и анионитом, работающих с движущимся или с кипящим слоем ионита.

При очистке сточных вод, содержащих фенолы, масла, нефтепродукты, ионы металлов, применяют методы экстракции. В общем случае экстракция более целесообразна, чем адсорбция, если концентрация извлекаемых веществ выше 3–4 г/дм³. Процесс очистки состоит из трех стадий. Сначала сточная вода интенсивно смешивается с экстрагентом (органическим растворителем) с образованием двух жидких фаз: экстракта (экстрагент с извлекаемым веществом) и рафината (сточная вода и экстрагент). Вторая стадия — разделение экстракта и рафината, третья стадия — регенерация экстрагента из экстракта и рафината. Для очистки сточных вод наиболее часто применяют процессы противоточной экстракции.

Регенерация отработавшего экстрагента проводится с применением вторичной экстракции (с другим растворителем), а также выпариванием, дистилляцией, химическим взаимодействием или осаждением. Если экстрагент не следует возвращать в цикл, то после извлечения из него ценных веществ он может быть использован для технологических целей или в качестве топлива (если экстрагированное вещество не является ценным). Для предотвращения загрязнения сточной воды частично растворимым в ней экстрагентом и сокращения потерь экстракт удаляют из рафината адсорбцией, отгонкой отработанным паром или отходящими дымовыми газами.

Жидкостная экстракция занимает особое место в процессах извлечения ценных металлов из сточных вод и обеспечивает их концентрирование для последующей рекуперации. В качестве экстрагентов применяют органические кислоты, эфиры, спирты, кетоны, амины и др., а реэкстрагентов — водные растворы кислот и оснований.

Высококачественное удаление из сточных вод токсичных и ценных компонентов производится электрохимическими методами. Очистку проводят без использования химических реагентов на автоматизированных установках с применением процесса анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции, электрофлокуляции и электродиализа, протекающих при пропускании постоянного тока через очищаемую воду.

Анодное окисление и катодное восстановление проводят в электролизерах. На аноде ионы отдают электроны (реакция окисления), а на катоде происходит присоединение электронов (реакция восстановления). При окислении вещества, находящиеся в сточных водах, полностью распадаются с образованием CO_2 , NH_3 и H_2O или образуют простые нетоксичные соединения, которые затем удаляют другими методами. Катоды изготавливают из стали, графита, металлов, покрытых вольфрамом, молибденом. Для анодов используют электролитически нерастворимые материалы (графит, магнетит и др.). Анодное окисление широко применяют, например, для очистки сточных вод, содержащих простые и комплексные соединения цианидов с концентрацией их до 600 мг/дм^3 . Катодное восстановление проводят для удаления из сточных вод ионов металлов с получением осадков, для перевода загрязняющего компонента в менее токсичную форму или в легко выводимое из воды соединение (осадок, газ).

Электрокоагулятор представляет собой ванну с электродами. При прохождении между ними сточной воды происходит ее электролиз, поляризация частиц, электрофорез, окислительно- восстано-

вительные процессы и взаимодействие продуктов электролиза друг с другом.

В *электрофлотаторах* используется эффект удаления взвешенных частиц пузырьками газа, образующимися при электролизе воды (на аноде — кислорода, на катоде — водорода). Более эффективная очистка достигается при использовании растворимых электродов, в результате чего образуются, кроме пузырьков газа, еще и хлопья коагулянтов. Электрофлотационные установки применяют в случаях, когда обычная флотация не дает требуемого качества очистки.

Электродиализ для очистки промышленных сточных вод применяется крайне редко, хотя считается перспективным способом. Данный процесс основан на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны мембран — анионообменной и катионообменной. Первая мембрана пропускает в анодную зону анионы, а вторая — катионы в катодное пространство. Простейшая конструкция установки представляет собой ванну, разделенную на три камеры. В среднюю камеру поступает сточная вода, а в боковые камеры, где расположены соответственно катод и анод — чистая вода. При прохождении тока на аноде выделяется кислород и образуется кислота, а на катоде выделяется водород и образуется щелочь. За счет диффузии в среднюю камеру поступают ионы H^+ и OH^- , образуя воду. Применение метода ограничено тем, что при электродиализе из-за концентрационной поляризации на поверхности мембран осаждаются соли, что ухудшает показатели очистки.

К химическим *реагентным* методам относятся *нейтрализация*, *окисление* и *восстановление* компонентов сточных вод. Данные методы предполагают использование различных реагентов, что связано с весьма значительными затратами. Поэтому их применение целесообразно лишь в некоторых замкнутых системах водоснабжения перед биологической очисткой или после нее (для доочистки сточных вод). Нейтрализацию используют для подготовки сточных вод, содержащих кислоты или щелочи перед подачей в технологический процесс или для сброса в водоем. Нейтрализацию обычно проводят: смешением кислых и щелочных сточных вод (весьма перспективный способ для ряда производств) с добавлением реагентов, фильтрованием кислых вод через нейтрализующие материалы, абсорбцией кислых газов щелочными растворами или абсорбцией аммиака кислыми водами.

Выбор способа зависит от особенностей сточных вод, отходов, побочной продукции и др., образующихся как на данном, так и на

соседних с ним предприятиях. Если в производстве формируются кислые и щелочные воды, не загрязненные другими компонентами (или очищенные от таковых), то их смешивают в автоматизированной усреднительной установке до $6,5 < \text{pH} < 8,5$. Осадок обезвоживают на шламовых полях или в вакуум-фильтрах. При окислении загрязнения переводятся в менее токсичные и удаляются из воды. В качестве окислителей применяют хлор, диоксид хлора, хлорат кальция, гипохлориты кальция и натрия, озон, кислород воздуха и др. Легко восстанавливаемые вещества (например, вещества, содержащие шестивалентный хром) переводят в нерастворимые соединения, обычно гидрооксиды, которые затем осаждают в щелочной среде. Восстановителями являются активированный уголь, сульфат закиси железа, тиосульфат натрия, диоксид серы, пиритный огарок и др.

Сточные воды ряда производств загрязнены летучими примесями органического и неорганического происхождения, в том числе сероводородом, диоксидом серы, диоксидом углерода и др. Удаление таких примесей осуществляется десорбцией. При пропускании инертного газа, малорастворимого в воде (воздух, диоксид углерода, дымовые газы и др.) через сточную воду летучий компонент диффундирует в газовую фазу, поскольку парциальное давление газа над раствором больше, чем в окружающем воздухе. Десорбцию осуществляют в тарельчатых, каскадных и распылительных колоннах. Количество вещества, перешедшего в газовую фазу, растет с увеличением температуры среды, поверхности контакта фаз и коэффициента массопереноса. Десорбированное из воды вещество направляют на адсорбцию или каталитическое сжигание.

В некоторых сточных водах содержатся дурно пахнущие вещества (сероводород, углеводороды, аммиак, альдегиды и пр.). Для их дезодорации можно использовать ряд способов: аэрацию, хлорирование, ректификацию, дистилляцию, обработку продуктами сжигания топлива, окисление кислородом под давлением, озонирование, экстракцию, адсорбцию и микробиологическое окисление. Наиболее эффективной является аэрация воды при продувании ее сжатым воздухом (процесс десорбции). Применение иных способов связано со специфическими особенностями содержащихся в воде примесей. Например, для эффективной очистки воды от сероводорода окислением кислородом воздуха при атмосферном давлении процесс проводят в присутствии катализатора (железной стружки, графитового материала и др.) в аэрационном бассейне, продуваемом сжатым воздухом. При этом часть сероводорода окисляется до элементной серы, а другая часть отдувается воздухом в адсорбер с активирован-

ным углем. После насыщения активированный уголь регенерируют сульфатом аммония.

Присутствие в сточных водах растворенных газов существенно затрудняет очистку таких вод и их использование. Растворенные газы удаляют дегазацией, осуществляемой химическим, термическим или десорбционным (аэрационным) методами. Выбор метода зависит от растворенного газа и его концентрации в воде. Наиболее распространенным способом на предприятиях является аэрация, проводимая в зависимости от требуемой производительности в пленочных, насадочных, барботажных или вакуумных дегазаторах.

Термохимические и термические методы обезвреживания сточных вод. Особое место в технологиях очистки сточных вод занимают методы их обезвреживания от содержащихся минеральных солей Ca, Mg, Na и др., а также органических соединений. Термические методы реализуются рядом способов:

- концентрированием сточных вод с последующим выделением твердых веществ;
- окислением органических примесей в присутствии катализатора;
- жидкофазным окислением органических веществ;
- огневым обезвреживанием.

Концентрирование применяют для удаления из воды минеральных солей. Для этого используют испарительные (выпарные) установки и установки вымораживания, позволяющие получить концентрированные водные растворы солей. Последующая обработка этих растворов в кристаллизаторах с отделением кристаллов от маточного раствора на фильтрах и сушка в распылительных (или аналогичных по назначению) сушилках позволяет получать твердый продукт, имеющий высокую потребительскую стоимость.

Для обезвреживания сточных вод с небольшим содержанием органических примесей применяют термоокислительную обработку жидкофазным, парофазным каталитическим окислением или огневым методом. Окисление примесей осуществляют кислородом воздуха при повышенных температурах с образованием нетоксичных соединений.

Жидкофазное окисление применяют при наличии в сточных водах достаточного количества органических соединений. Процесс проводят при температурах 100–350 °С и давлении 2–28 МПа. Сначала сточную воду смешивают с воздухом, нагнетаемым в нее компрессором, и насосом подают в теплообменник. Подогретая теплоотходящей очищенной воды сточная вода подается затем для даль-

нейшего нагрева в печь. Нагретая до заданной температуры вода поступает в реактор, где идет процесс окисления, сопровождающийся значительным тепловыделением. Продукты окисления (пар, газы, зола) и воду направляют в сепаратор, где газы отделяют от жидкости и направляют на утилизацию тепла, а воду с золой пропускают через теплообменник и фильтр для отделения золы. Данный метод отличается простотой, гибкостью и позволяет очищать большие количества сточных вод. Недостатками являются неполное окисление некоторых токсичных веществ (необходимо комбинирование с другими методами) и высокая коррозия оборудования в кислых средах.

Парофазное каталитическое окисление – это гетерогенный процесс окисления летучих органических веществ кислородом воздуха при повышенной температуре. Процесс интенсивно протекает в паровой среде контактных аппаратов в присутствии медно-хромового, цинк-хромового и других катализаторов. Степень обезвреживания достигает 99,8% при высокой производительности установки. Сточную воду подают в выпарной аппарат, откуда «упаренная» вода поступает в центрифугу, из которой обезвоженный осадок направляют на обезвреживание сжиганием в печи. Водяной пар с летучими соединениями подают в теплообменник, где он подогревается теплом парогазовой смеси, отходящей из контактного аппарата. После теплообменника пары смешивают с горячим воздухом и направляют в контактный аппарат для окисления. Продукты сжигания осадка из печи поступают в котел-утилизатор, а вырабатываемый пар подается в выпарной аппарат. Основным недостатком установки является возможность отравления катализаторов соединениями фтора, фосфора, серы (которые должны предварительно удаляться из сточной воды).

Из термических методов *огневой* является наиболее универсальным и эффективным. Он реализуется в процессе распыления сточных вод в топочных газах, имеющих температуру 900–1000 °С. При этом вода полностью испаряется, примеси выгорают, а минеральные вещества образуют твердые или оплавленные частицы. Для сжигания используют печи различных конструкций: камерные, циклонные, с псевдосжиженным слоем. Наиболее эффективными и имеющими высокую производительность являются циклонные печи. В них, благодаря вихревому характеру движения газового потока и подаче распыленной жидкости в такой поток, интенсивно развиваются явления тепло- и массопереноса. Циклонные печи оборудуются системами рекуперации тепла и очистки отходящих газов. Недостатком таких печей является большой унос солей газовым потоком. Эти

соли образуются при термической обработке сточных вод, содержащих оксиды Ca, Mg, Ba, K, Na и другие вещества, которые могут взаимодействовать с продуктами сгорания, например: $\text{MgO} + \text{CO}_2 = \text{MgCO}_3$.

Относительная простота технологий огневого обезвреживания сточных вод и возможность достижения высоких степеней очистки делает эти методы весьма перспективными.

15.4. Примеры схем и систем защиты гидросферы

Структура очистных сооружений зависит от характеристик сточных вод, условий их формирования и условий целевого использования. Сооружения по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод (рис. 15.8) включают: решетки для задержки крупных предметов и мусора, песколовки для выделения из сточных вод минеральных веществ (песка) и других примесей, первичные отстойники для осаждения мелкодисперсных примесей. В отстойниках устраиваются нефтесборники (нефтеловушки) и емкости для сбора нефти. Биологические сооружения включают аэротенки и вторичные отстойники для осаждения активного ила. Завершается комплекс сооружений иловыми площадками, а в ряде населенных мест — биоинженерными сооружениями по доочистке сточных вод перед сбросом их в водный объект.

Состав очистных сооружений системы канализации хозяйственно-бытовых стоков в конкретном населенном пункте может отличаться. Он определяется количеством и качеством сточных вод. В случае приема производственных сточных вод в хозяйственную канализацию с большим суточным расходом и специфическими примесями в состав очистных сооружений включаются *усреднители сточных вод, преаэраторы, биокоагуляторы, флотаторы* и др.

Очистные сооружения производственных сточных вод включают комплекс специфических сооружений в зависимости от характера производства. При оборотной системе водоснабжения в производстве обеспечивается многократное использование воды с восстановлением ее качества до требований соответствующего производства на локальных или общезаводских очистных сооружениях без сброса в водный объект. Схема очистных сооружений нефтеперерабатывающих предприятий представлена на рис. 15.9.

Значительный интерес представляют системы совместной очистки хозяйственно-бытовых и промышленных стоков. Бытовые стоки поступают в усреднитель (рис. 15.10), а затем в отстойник. Пос-

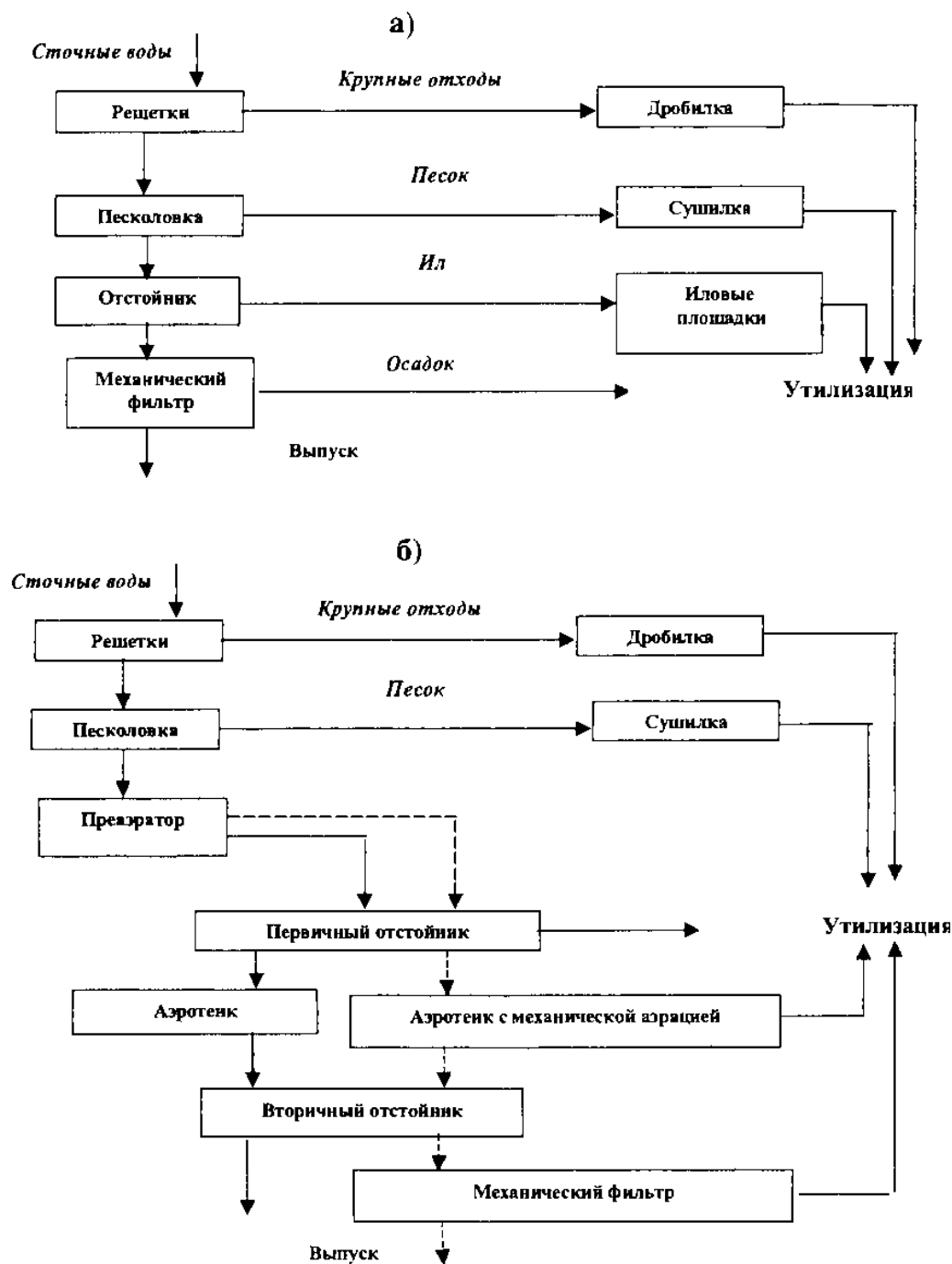


Рис. 15.8. Схемы механической (а) и биологической (б) очистки хозяйственно-бытовых сточных вод: — — с пневматической аэрацией; --- — с механической аэрацией

ле осветления их смешивают с производственной сточной водой, поступающей также из отстойника. Смесь стоков подают в аэротенк. Отделив активный ил во вторичном отстойнике, сточные воды обезвреживают хлором, после чего сбрасывают в водоем или направля-

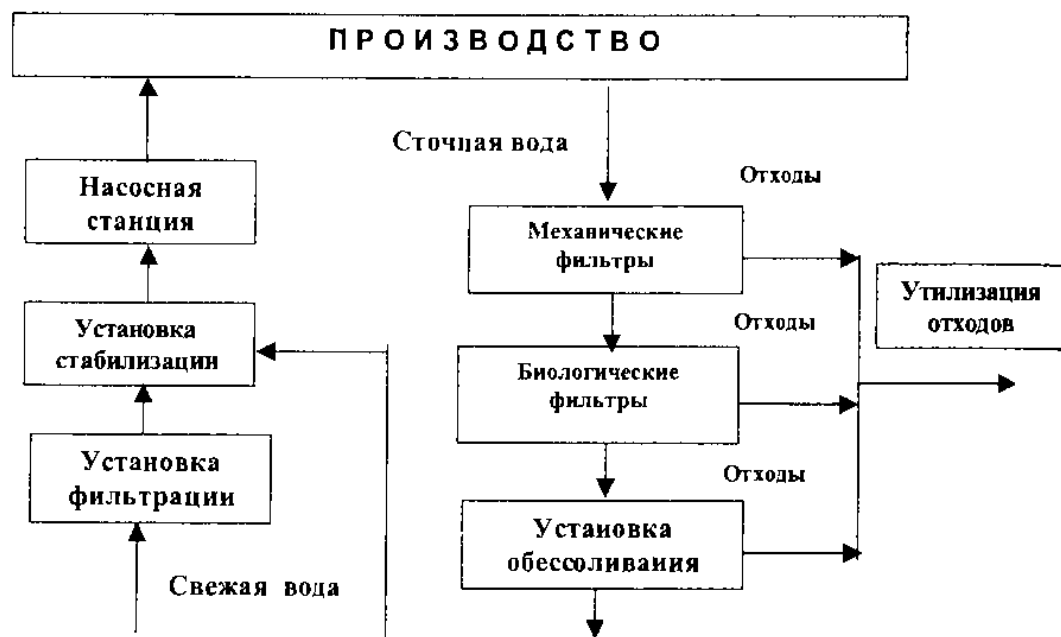


Рис. 15.9. Схема очистных сооружений нефтеперерабатывающего предприятия

ют на использование в производстве. При образовании высококонцентрированных стоков ($\text{БПК}_{\text{полн}} = 4\text{--}5 \text{ г/дм}^3$), содержащих органические соединения, их направляют на анаэробное сбраживание в метанотенк, в котором поддерживается определенная температура. Степень сбраживания, т.е. распада органических соединений, составляет около 40%. Выделяющийся из метанотенка газ (63–65% мета-

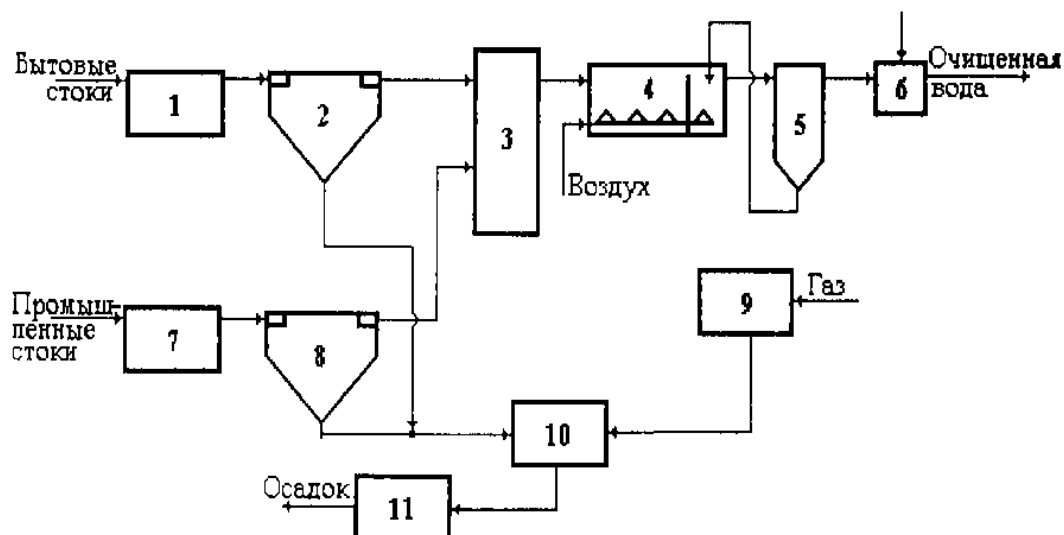


Рис. 15.10. Схема установки для совместной очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод 1, 7 — усреднители; 2, 8 — первичные отстойники; 3 — смеситель; 4 — аэротенк; 5 — вторичный отстойник; 6 — емкость для обезвреживания; 9 — котельная; 10 — метанотенк; 11 — аппарат для обезвоживания осадка

на, 32–34% диоксида углерода) используют для сжигания и выработки тепловой энергии в котельном агрегате. Образующийся при сбраживании осадок обезвоживается и направляется на утилизацию. Получаемая горячая вода поступает в метанотенк для поддержания оптимальной температуры сбраживания.

В ряде случаев очистка сточных вод сочетается с одновременным их использованием для орошения и удобрения (рис. 15.11). При

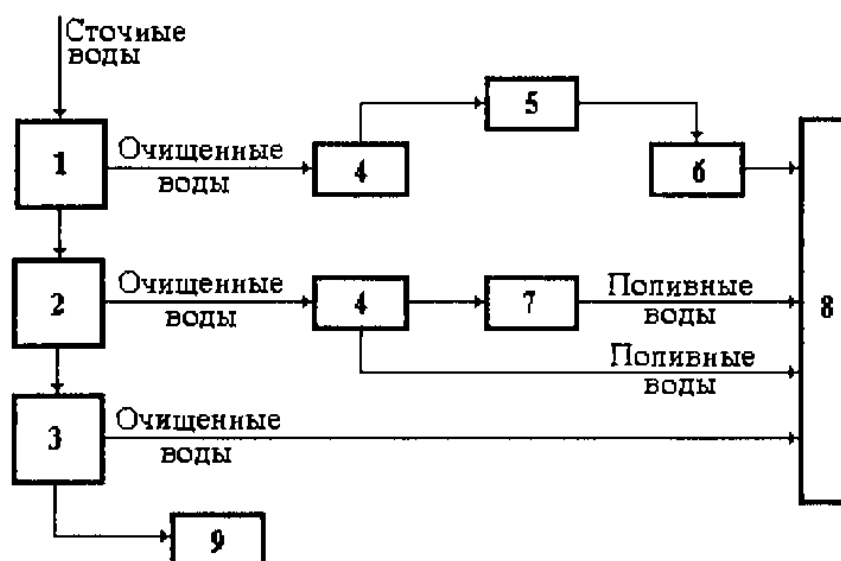


Рис. 15.11. Варианты очистки и использования сточных вод:

1 — сооружения механической очистки; 2 — сооружения физико-химической очистки; 3 — сооружения биохимической очистки; 4 — пруды-илоуплотнители (биологические пруды); 5 — отводной канал; 6 — пруд-испаритель; 7 — поля фильтрации; 8 — поля орошения; 9 — водоем

этом возможны три варианта. В первом сточные воды после механической очистки поступают в пруды-накопители, затем — в пруды-испарители, а из них — на поля орошения. По второму варианту сточные воды после физико-химической очистки направляются в биологические пруды, а затем — либо на поля орошения, либо сначала на поля фильтрации, а затем на поля орошения. По третьему варианту сточные воды после механической, физико-химической и биохимической очистки направляют на поля орошения, а в неполивные периоды сбрасывают в водоем.

В процессе биохимической очистки в первичных и вторичных отстойниках образуются большие массы осадков, которые подлежат обработке или утилизации в интересах уменьшения загрязнения биосферы. Как правило, осадки представляют собой трудно фильт-

руемые суспензии, имеющие повышенную влажность. Для обработки и обезвреживания осадков используют различные технологии (рис. 15.12). Уплотнение активного ила направлено на удаление в среднем около 60% свободной влаги и является обязательной стадией всех схем обработки осадков. Для уплотнения ила применяют гравитационный (наиболее распространен), флотационный (преимущественно напорная флотация), центробежный и вибрационный методы.

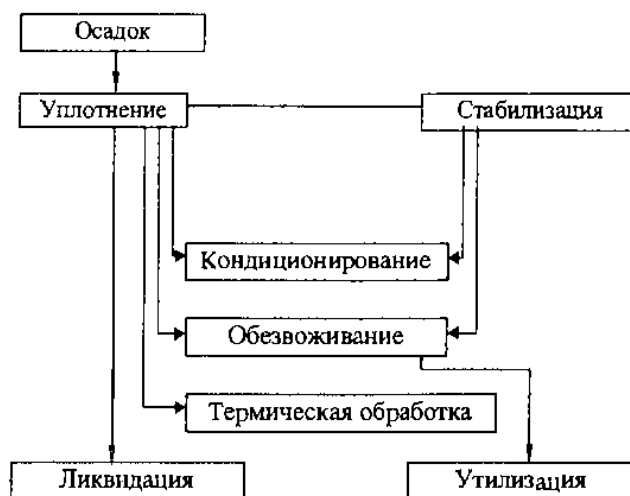


Рис. 15.12. Схема процессов обработки осадков

Стабилизацию осадков проводят в целях разрушения в них биологически разлагаемой части органических веществ на диоксид углерода, метан и воду. Процесс ведут с помощью микроорганизмов в анаэробных или в аэробных условиях. Анаэробную обработку осуществляют в метанотенках, а аэробную — в аэрационных установках с принудительной (механической, пневматической, пневмомеханической) аэрацией. Обработку в метанотенках выгодно проводить для сырого осадка из первичных отстойников, а активный ил подвергать аэробной стабилизации, поскольку анаэробное сбраживание в этом случае дает низкий выход газа и потому неэффективно.

Для снижения гидравлического сопротивления осадков при фильтрации и улучшения их водоотдающих свойств перед процессом обезвоживания проводят кондиционирование с применением реагентных и безреагентных способов. Реагентную обработку осуществляют коагуляцией с применением 10%-ных водных растворов FeSO_4 , Fe_2SO_4 , FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и извести. Процесс эффективен, но требует повышенных затрат и сопровождается коррозией материала-

лов оборудования. Вместо коагулянтов можно использовать флокулянты (полиакриламид), вводимые в виде 0,01–0,5%-ных растворов по активной части. Это значительно (до 30%) сокращает затраты на кондиционирование осадков.

К безреагентным способам относят тепловую обработку в автоклавах при 170–200 °С, замораживание с последующим оттаиванием (применяется редко), жидкофазное окисление кислородом при 45–50 °С и повышенном давлении в реакторе. Электрокоагуляция и радиационное облучение мало распространены вследствие существенных затрат.

Осадки обезвоживают на иловых площадках или механическим способом. Иловые площадки — это участки земли, окруженные земляным валом, сооружаемые обычно на естественных грунтах с рабочей глубиной фильтрации 0,7–1 м. Иловые площадки-уплотнители имеют глубину до 2 м, а также водонепроницаемое дно и стены. Жидкость из них периодически отводят с различных уровней, а осадок удаляют специальными машинами.

Для быстрого обезвоживания осадков применяют следующие механические устройства: вакуум-фильтры, листовые фильтры, фильтр-прессы и виброфильтры.

После обезвоживания в случае, когда осадки направляются на рекуперацию, их подвергают сушке в конвективных сушилках различных конструкций (кипящего слоя, барабанных, распылительных и др.). В качестве сушильного агента используют нагретый воздух, пар, продукты сжигания топлива или отходов. В случае невозможности утилизации осадки подвергают обезвреживанию сжиганием. Перед сжиганием проводят нагрев, сушку и отгонку летучих соединений. Сжигание ведут в циклонных печах, печах кипящего слоя и др.

Активный ил, направляемый на рекуперацию, в расчете на сухой состав содержит 37–52% белков, 20–35% аминокислот, витамины группы В. Он может быть использован для производства кормов для животных, рыб и птиц. Для этих целей разработаны и достаточно широко реализованы технологии получения беловитамина, витамина В₁₂, белков, кормовых дрожжей, активированного угля.

В случае необходимости в водных потоках и водоемах осуществляется регулирование содержания растворенного кислорода. Повышение его концентрации в воде достигается аэрацией с помощью компрессоров. Достаточно хорошие результаты по увеличению концентрации растворенного кислорода в воде получают на водосбросных сооружениях гидроузлов, создаваемых по типу многоступенчатых перепадов и быстротоков.

Доочистка хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод осуществляется с помощью биоинженерных сооружений, засаженных камышом, рогозом узколистным, элодеей канадской, тростником и др. На биосооружениях производится доочистка сточных вод от нефтепродуктов, минеральных примесей, биогенных элементов, органических веществ и даже от тяжелых и цветных металлов. За время пребывания сточных вод в пределах биоинженерного сооружения глубиной 1,5–2,0 м и площадью около 10 000 м² в течение 10 суток извлекается из воды и переводится в нерастворимое состояние 25 г/м² железа, 5 г/м² меди, 24 г/м² цинка, 23 г/м² алюминия, 45 мг/м² кадмия, 20 мг/м² свинца и др. Содержание биогенных элементов и минеральных солей за время пребывания в пределах биоинженерных сооружений в течение 14 суток уменьшается на 50% при исходной их концентрации 5 г/дм³.

Исследования Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов (РосНИИВХ) показывают, что для доочистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод весьма эффективно могут быть использованы болота.

В результате жизнедеятельности гидробионтов, населяющих такие водные объекты, развиваются физико-химические процессы распада и нейтрализации примесей, содержащихся в сточных водах. Образующиеся при этом продукты реакций концентрируют биогенные элементы, которые и вовлекаются в природные биохимические круговороты.

Защита водных объектов от нефтепродуктов в периоды аварий ведется с использованием сооружений в виде бонов, плотин из мягких конструкций. Мягкие конструкции в технологических схемах могут выполнять широкий круг функций:

- управление в плане и по глубине гидравлической структурой водных потоков;
- отделение мелководных зон и создание биоинженерных сооружений;
- регулирование местного стока;
- локализация нефтепродуктов на водосборной площади и акватории водного объекта;
- предупреждение чрезвычайных ситуаций при устройстве сооружений в местах возможных аварий и др.

Разработанный к настоящему времени комплекс сооружений по очистке сточных вод, а также мероприятия и устройства по регулированию поступления в водные объекты рассредоточенных (диффуз-

ных) примесей с площади водосбора в основном позволяют надежно защитить гидросферу от загрязнения. В то же время слабые темпы переработки техногенных образований и извлечение из них лишь отдельных элементов ставят под сомнение принципиальную возможность надежной защиты водных объектов от загрязнения не только в местах их размещения, но и на значительном удалении вниз по течению рек.

Контрольные вопросы

1. Каковы особенности формирования качества воды?
2. Какие системы контроля гидросферы вы знаете?
3. Назовите основные методы контроля гидросферы.
4. Назовите основные методы (устройства) подготовки и очистки хозяйственно-бытовых и производственных вод.
5. Перечислите особенности учета допустимой нагрузки на водные объекты при сбросе веществ различных категорий опасности для водных объектов коммунально-бытового и рыбохозяйственного использования.
6. Назовите основные источники примесей, поступающих в водные объекты, и их учет в водоохранной деятельности.
7. С какой целью осуществляется дегазация и дезодорация промышленных стоков?
8. В чем состоят преимущества биохимической очистки сточных вод?

Глава 16. ЗАЩИТА ЛИТОСФЕРЫ

Защита литосферы предусматривает борьбу с физическими, химическими и биологическими воздействиями. Их источники достаточно многообразны:

- выпадение кислотных атмосферных осадков, осаждение пылей, фильтрация загрязненных сточных вод;
- сельскохозяйственная деятельность (физическое нарушение почв, химическое воздействие ядохимикатами и удобрениями);
- нарушение ландшафтов при добыче полезных ископаемых, строительстве, мелиорации;
- физическое, химическое, биологическое и радиоактивное загрязнение размещаемыми отходами производства и потребления.

Снижение воздействия атмосферных загрязнителей и сточных вод на литосферу осуществляется комплексом мер по очистке пылегазовых выбросов в атмосферу и сбросов сточных вод. Воздействие

сельского хозяйства на литосферу может быть снижено только за счет высокой культуры земледелия и проведения работ по восстановлению разрушенных земель. Нарушенные при строительстве, мелиорации и добыче полезных ископаемых ландшафты либо восстанавливаются (засыпка отработанного карьера с последующим воспроизводством экосистемы), либо используются для захоронения отходов с последующей рекультивацией.

Отходы производства и потребления являются чрезвычайно сильными загрязнителями окружающей природной среды. Охрана и защита литосферы от их воздействия представляют сложную проблему. Федеральным законом «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ определено: «Отходы производства и потребления — остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий и продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства».

К твердым отходам производства и потребления относятся пыли, шламы, шлаки, вскрышные и отвальные породы, хвосты процессов обогащения, нерастворимые осадки, промышленный и бытовой лом, производственный и бытовой мусор и др. Наибольшую долю в структуре материальных отходов составляют твердые бытовые (ТБО) и промышленные (ПО) отходы. Ежегодный объем их образования в странах мира превышает 2,1 млрд т, т.е. на каждого жителя нашей планеты приходится 0,35–0,75 т ТБО и 1,1–2,6 т ПО.

Большая часть этих отходов предназначена для хранения и захоронения, чем наносится существенный ущерб литосфере. Так, только в нашей стране на сегодня накоплено более 50 млрд т твердых остатков, под которые занято свыше 0,25 млн га, в том числе около 0,15 млн га — под ТБО. Состав и физико-химические характеристики твердых отходов (далее — отходов) весьма разнообразны. Это органические и неорганические вещества, их смеси, содержащие активные, в том числе опасные для окружающей среды и живых организмов, соединения. Поэтому воздействие отходов на литосферу проявляется не только в нарушении структуры экосистем, но и в прямом или косвенном разрушении почвенного покрова и деградации земель.

Отходы образуются во всех видах деятельности человека. Так, например, на промышленном предприятии их источниками являются:

- прием, хранение, транспортировка сырья, материалов, продукции, отходов производства и потребления;

- обслуживание и ремонт технологического оборудования, электрооборудования, средств контроля и управления, зданий и сооружений, автотранспорта;
- производство строительно-монтажных работ;
- деятельность отделов и служб, лабораторий, лечебных, оздоровительных, хозяйственно-бытовых подразделений, учреждений общественного питания;
- пожаротушение и ликвидация аварий;
- обслуживание жилых районов.

Решение задач, связанных с охраной и защитой литосферы от воздействия твердых отходов, основано на системе организации обращения с отходами. Сюда относятся производства, в процессе которых образуются отходы, а также работы по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию и размещению отходов. Эта деятельность обеспечивается на основе классификации отходов и работ по инвентаризации источников образования отходов и самих отходов. Инвентаризация источников образования отходов заключается в сборе и систематизации сведений об определенных технологических процессах производственной и хозяйственной деятельности, в результате которых вещества, материалы и изделия переходят в состояние «отходы». Инвентаризация позволяет выявлять все источники образования отходов для максимально достоверного их учета и обеспечения эффективного контроля за отходами на протяжении всего их жизненного цикла. На этой основе производится систематизация сведений о количестве и составе образуемых отходов, получаемых от сторонних организаций и накопленных на предприятиях, об источниках их образования, объектах использования, обезвреживания и размещения.

Многие виды образующихся отходов обладают ценными потребительскими свойствами и могут быть использованы для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг и получения энергии. Так, из отходов древесины производят древесно-стружечные плиты; пустая порода горных выработок применяется при дорожном строительстве; металлический лом используется металлургическими предприятиями для переплавки и получения товарного продукта; горючие компоненты твердых бытовых отходов сжигаются с целью выработки тепловой энергии. Переработка (утилизация) отходов является технологической операцией или совокупностью технологических операций, в результате которых из отходов производится товарная продукция, или же они становятся пригодными для употребления на предприятии-производителе.

Однако далеко не все отходы можно сразу подвергать переработке. Так называемые опасные отходы, которые содержат вредные вещества, обладающие опасными свойствами (токсичностью, взрывоопасностью, пожароопасностью, высокой реакционной способностью), содержащие возбудителей инфекционных болезней, либо отходы, которые могут представлять непосредственную или потенциальную опасность для окружающей природной среды и здоровья человека самостоятельно или при вступлении в контакт с другими веществами, должны быть прежде всего обезврежены на специализированных установках. После такой обработки отходы могут быть переработаны.

Если для таких отходов отсутствуют технологии обезвреживания, то они должны быть захоронены или уничтожены. Поскольку лишь относительно небольшую часть образующихся отходов можно обезвреживать и перерабатывать, основная их масса размещается для хранения и захоронения на специальных объектах.

В любой цепочке обращения с отходами существует стадия хранения отходов, предполагающая содержание их в специальных емкостях и сооружениях (контейнерах, хранилищах, полигонах и т.п.). Таким образом обеспечивается изоляция отходов, предотвращающая попадание загрязнителей, в том числе вредных веществ, в окружающую среду.

Если конечной стадией является изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, то это достигается путем захоронения, которое реализуется на обустроенных хранилищах, полностью исключающих возможность загрязнения окружающей среды компонентами отходов при соблюдении соответствующих требований их строительства и эксплуатации.

16.1. Классификация твердых отходов производства и потребления

Система классификации отходов является информационной базой для государственного управления качеством окружающей среды и управления обращением с отходами. Она включает:

- иерархический каталог отходов;
- перечень опасных отходов;
- методы определения и оценки опасных свойств отходов;
- общую характеристику опасности отходов;
- организационные документы по использованию и развитию системы классификации отходов.

В иерархическом каталоге отходов предусмотрено несколько уровней классификации, формируемых по отдельным признакам отходов: основные группы, группы, подгруппы, списки видов отходов. Основные группы формируются по признаку происхождения отходов:

- отходы природного, животного и растительного происхождения;
- отходы минерального происхождения;
- отходы химического происхождения;
- отходы коммунальные, включая бытовые.

Основные группы состоят из значительного количества групп, перечни которых составлены по признаку технологического происхождения отходов. Список видов отходов содержит перечень наименований отходов. Причем каждое наименование вида отхода последовательно включает обозначение сущности отхода, сферу его образования в производстве (признак технологического происхождения) или в сфере потребления (функциональный признак), а также дополнение, уточняющее вещественный состав или физическую форму отхода (содержательный признак). Таким образом, основная группа и группа отражают развернутую характеристику происхождения отходов, а подгруппа и позиция в ней характеризуют физико-химическую форму, состав и свойства отходов.

Для обеспечения эффективного применения системы классификации при решении задачи охраны и защиты литосферы введено кодирование отходов группами знаков. Использован пятизначный цифровой код из арабских цифр. Основные группы обозначаются цифрами 1, 3, 5, 9 (цифры 2, 4, 6, 8 оставлены для возможного расширения номенклатуры основных групп). В каждой основной группе предусматривается 9 групп (1, ..., 9), в состав которых можно включать 9 подгрупп. Подгруппа содержит не более 99 позиций видов отходов в списке отходов. Например, кодовое обозначение 34102 имеет расшифровку: основная группа — отходы минерального происхождения; группа — отходы горнодобывающих и обогащительных производств; подгруппа — вскрышные породы и забалансовые руды; вид отходов в списке — вскрышные породы и забалансовые руды, содержащие соединения тяжелых металлов.

Введение системы кодирования обеспечивает автоматизированный сбор, обработку и передачу информации об отходах для государственного управления качеством окружающей среды и управления обращением с отходами. Особое место в иерархическом каталоге занимает перечень опасных отходов, составленный с указанием их

опасных свойств. К таким свойствам отнесены радиоактивность, инфекционность, взрывоопасность, огнеопасность, окислительная способность, коррозионность, экотоксичность, токсичность.

Радиоактивные отходы образуются при работах с радиоактивными веществами, содержащими радиоактивные изотопы с активностью излучения выше норм радиационной безопасности (НРБ-99). Инфицирующие отходы содержат живые микроорганизмы или их токсины, вызывающие заболевания у людей и животных. Взрывчатые отходы (или смесь отходов) обладают способностью к химической реакции, протекающей с выделением газов при таких температурах, давлении и скорости, при которых живые организмы и окружающие предметы повреждаются.

Огнеопасные твердые отходы способны легко воспламеняться в условиях, встречающихся при их транспортировке, либо могут вызвать (усилить) пожар при трении. К таким отходам относятся две их разновидности. Во-первых, это отходы, способные возгораться за счет самопроизвольного нагрева при нормальных условиях транспортировки или нагреваться при контакте с воздухом с последующим воспламенением. Во-вторых, это отходы, выделяющие в больших количествах опасные газы при взаимодействии с водой. Результатами такой реакции могут стать самовозгорание отхода или выделение легковоспламеняющихся газов в опасных количествах.

Окисляющие отходы могут быть не горючими, но за счет интенсивного выделения кислорода способны вызвать воспламенение других материалов. Коррозионные отходы путем химического воздействия могут при непосредственном контакте вызвать повреждение и разрушение других предметов, а также живых организмов. Экотоксичные отходы в случае попадания в литосферу могут представлять угрозу для окружающей среды в результате биоаккумуляции и оказывать токсическое воздействие на биоту. Токсичные отходы при контакте с человеком или животным оказывают сильное отрицательное воздействие вплоть до смертельного исхода.

По степени опасности отходы делятся на четыре класса: чрезвычайно опасные; высокоопасные; умеренно опасные; малоопасные.

Методы определения и оценки опасных свойств отходов устанавливаются в соответствии с государственными стандартами (огнеопасность, коррозионность, окислительная способность, взрывоопасность), а также действующими классификаторами и рекомендациями по определению класса токсичности отходов. Экотоксичность отходов определяется тестами на выщелачивание и летучесть.

Поскольку отходы могут обладать несколькими из опасных свойств, то обычно вводится общая характеристика опасности отхода (ОХО), которая включает последовательное описание наличия опасного свойства и степени его опасности. При этом используется формула вида $ОХО = Р, И, В, О-п, Ос-п, К-п, Э, Т-п$, где $Р$ – радиоактивность (без степени опасности); $И$ – инфекционность (без степени опасности); $В$ – взрывоопасность (без степени опасности); $О-п$ – огнеопасность и степень опасности $п = 1-3$; $Ос-п$ – окислительная способность и степень опасности $п = 1-3$; $К-п$ – коррозионность и степень коррозионности $п = 1-3$; $Э$ – экотоксичность (без степени опасности); $Т-п$ – токсичность и степень токсичности $п = 1-4$.

Например, значения показателя $ОХО = К-2, Э, Т-3$ показывает, что отход обладает следующими опасными свойствами: коррозионностью со 2-й степенью опасности, экотоксичностью, токсичностью с 3-й степенью опасности.

Классификация отходов позволяет формировать базы данных для информационных систем различных уровней (локальных, муниципальных, региональных, федеральных). Таким образом создаются возможности для решения задач по оперативному управлению отходами при их размещении, транспортировке, переработке. Наличие материальных, финансовых и других ресурсов позволяет довести рекомендации по управлению отходами до практических результатов охраны и защиты литосферы, восстановления ранее нарушенных природных экосистем и, в конечном итоге, привести к улучшению здоровья населения.

16.2. Основные направления охраны и защиты литосферы

Охрана литосферы регламентирована Законом РФ «Об охране окружающей среды» и принятыми на его основе подзаконными актами (нормами, правилами и др.). Она организуется как система мер (административно-хозяйственных, технологических, экономических, юридических, политических и общественных), направленных на поддержание взаимодействия человека с окружающей средой, при котором обеспечивается сохранение и восстановление природных ресурсов, предупреждается прямое или косвенное влияние результатов антропогенной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.

Охрана литосферы от воздействия отходов производства и потребления обеспечивается законодательными и нормативными ак-

тами, другими документами, которые устанавливают отношения между государством и отходообразующими предприятиями.

Эти отношения включают следующее:

- установлены ограничения на использование природных ресурсов и на размещение отходов; определена система дифференцированных платежей отходообразующих предприятий за размещение отходов и за загрязнение ими окружающей среды; установлены льготы предприятиям, внедряющим малоотходные, ресурсосберегающие технологии, осуществляющим рекультивацию нарушенных земель;
- установлены нормативы качества окружающей природной среды; в них определены нормы предельно допустимых воздействий на литосферу и методы определения этих воздействий;
- определены экологические требования при размещении отходов, при проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции объектов обращения с отходами;
- установлены обязанности природопользователей и органов государственного управления по обезвреживанию, переработке, утилизации, складированию и захоронению отходов, соблюдению действующих санитарно-гигиенических и противоэпидемических норм;
- установлена ответственность природопользователей за экологические правонарушения;
- определены условия и порядок проведения государственной экологической экспертизы проектов сооружений по обращению с отходами;
- организована система экологического контроля и мониторинга объектов обращения с отходами.

Исходя из вышеперечисленных отношений, можно выделить основные направления охраны окружающей среды от загрязнения отходами:

- минимизация потребления природных ресурсов и образования отходов при производстве продукции путем внедрения малоотходных и ресурсосберегающих технологий;
- совершенствование системы нормирования качества окружающей среды в части введения объективных норм предельно допустимых воздействий и создания эффективных методов оценки воздействий на литосферу;
- разработка научно обоснованных правил, норм и технологий обращения с отходами при их переработке (утилизации), а также обезвреживании, транспортировке и хранении (захоронении);

- совершенствование системы государственной экологической экспертизы объектов обращения с отходами;
- развитие системы кооперации между предприятиями (производитель отходов — потребитель отходов);
- разработка новых технологий производства (в том числе ранее не востребованных) полуфабрикатов или товарной продукции из отходов;
- внедрение эффективной системы экологического контроля и мониторинга объектов образования отходов и объектов обращения с отходами;
- оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) отходов природопользователя и подготовка заявления об экологических последствиях этого воздействия; разработка и реализация на этой основе плана действий по охране окружающей среды (ПДОС).

Практической реализацией мер по предотвращению вредного воздействия отходов на окружающую природную среду является защита литосферы. Основные направления работ по защите литосферы от загрязнения твердыми промышленными и бытовыми отходами:

- внедрение малоотходных и ресурсосберегающих технологий производства и потребления продукции;
- внедрение на предприятиях эффективных технологий сбора, подготовки, обезвреживания и утилизации отходов с производством из них новых видов продукции или исходного сырья и материалов, имеющих потребительную стоимость;
- создание и эксплуатация, в соответствии с установленными нормами и правилами, объектов размещения отходов, в том числе централизованного, от нескольких отходообразующих предприятий;
- устройство полигонов ТБО и ПО, оборудованных цехами по сортировке и обезвреживанию отходов и участками для захоронения токсичных твердых отходов; установка на полигонах, принимающих горючие отходы, агрегатов для получения тепловой энергии;
- установка на полигонах ТБО с анаэробным сбраживанием органической части отходов устройств для сбора и транспортировки биогаза к потребителям топлива;
- рекультивация площадей выведенных из эксплуатации полигонов;

- создание территориальных производственных комплексов, обеспечивающих наибольшую полноту переработки образующихся отходов в материальную продукцию и энергию.

В системе обращения с отходами важными этапами работы являются транспортировка отходов, их размещение, обезвреживание, утилизация или захоронение. При рассмотрении этих работ следует обращать внимание не только на меры по защите литосферы, но и на предотвращение их вредного воздействия на атмосферу и гидросферу. Это диктуется тем, что отходы могут стать источниками образования твердо-, газо-, жидкофазных загрязнений, поступающих в воздушную среду, поверхностные водные источники или подземные водотоки. С учетом этих обстоятельств ниже приведены некоторые основные элементы систем обращения с отходами производства и потребления.

16.3. Технологии размещения отходов

Размещение отходов может осуществляться локально и централизованно. Локальное размещение предполагает их хранение в зоне действия отходообразующей установки. Обычно места такого размещения находятся в конце технологической схемы переработки, куда отходы поступают по инженерным коммуникациям производственных участков предприятия. При централизованном размещении отходов для их сбора и транспортировки создаются специальные службы. Обычно сначала осуществляются сбор и транспортировка отходов на централизованный участок по приемке, обслуживающий определенную территорию. После этого отходы поступают на объект размещения.

Зона локального размещения и централизованный участок приемки отходов являются местами временного размещения, представляющими собой специально выделенные и соответствующим образом оборудованные площадки. Локальное и централизованное размещение отходов является первым этапом деятельности обращения с отходами, образовавшимися в процессах производства и потребления.

16.3.1. Локальное размещение отходов

Размещение отходов может производиться в непосредственной близости от предприятия, где они образуются, с целью их складирования для последующей переработки в полезный продукт или для захоронения. Основным способом захоронения является складирование отходов в поверхностных хранилищах, оборудованных проти-

вофильтрационными устройствами. Ложе хранилища и ограждающие его дамбы, плотины закрываются экранами из естественных или искусственных материалов (тяжелая глина и суглинки, асфальтобитум, асфальтополимербетон, полимерные пленки, комбинированные покрытия). Для отвода образующегося фильтрата устанавливаются дренажные устройства.

В зависимости от особенностей места размещения отходов создаются хранилища равнинного, косогорного, овражного, пойменного, речного или комбинированного типов. В некоторых случаях прибегают к подземному хранению (захоронению) отходов.

Равнинные хранилища сооружаются в виде искусственного бассейна, ограждаемого по периметру дамбами. В таком хранилище твердые отходы, имеющие высокую влажность (например, шламы цветной металлургии), отделяются от жидкой фазы, которая периодически откачивается, очищается от примесей и возвращается в систему оборотного водоснабжения. Хранилища косогорного типа сооружаются на естественных склонах и с трех сторон ограждаются дамбами. Отделяющаяся от отходов жидкая фаза и поверхностные воды отводятся по специальным каналам к очистным сооружениям.

Хранилища *овражного* типа сооружают в естественных оврагах и балках, выход из которых перекрывают дамбами. Воды из отходов, а также значительные количества паводковых и осадочных вод через водосборные сооружения отводятся в накопители, откуда они поступают на очистные сооружения.

Хранилища *пойменного* типа располагают с наклоном в сторону поймы реки с дамбами, возводимыми с трех сторон. Со стороны поймы реки дамба устанавливается как высоконадежное (прочное, неразмываемое, влагонепроницаемое) сооружение. Вода в реку может попадать только переливом через верх такой дамбы.

Хранилища *речного* типа строят в долинах рек, которые с двух сторон перегораживают плотинами. При этом речные воды на участке между плотинами отводят через тоннели или коллекторы, что требует чрезвычайно больших затрат. Комбинированные хранилища применяют на сильнопересеченной местности.

Во всех видах вышеперечисленных хранилищ водосборные сооружения выполняют укладкой донных труб или обустройством специальных тоннелей. Новыми перспективными технологиями для депонирования обезвоженных осадков является их складирование в специальные котлованы или укладка в виде насыпных холмов.

В первом случае дно и стены искусственного котлована защищаются слоем гидроизоляции из глиноцементной смеси и водонеп-

ронищаемым слоем бентонита. После заполнения котлована отходами они закрываются слоем песка, бентонита и культурным слоем земли, засеваемым травой. Поскольку в захороненном слое возможно протекание процессов разложения, то укладка отходов производится с послойным известкованием или с устройством газовых скважин, оборудованных биологическими фильтрами.

На участках местности с высоким уровнем расположения грунтовых вод применяют захоронение отходов в виде насыпных холмов. Отходы укладываются послойно: 2 м слоя отходов, 1 м слоя песчаного перекрытия. По периметру холма устраивается дренажный канал для сбора фильтрующихся и поверхностных вод. Высота холма может достигать 12–15 м. По окончании укладки холма поверх последнего песчаного слоя располагают глиняный экран толщиной около 0,5 м и слой культурного грунта. После посева и посадки кустарниковых растений образуется пологий террасный холм (угол откосов 7–9°), представляющий собой ландшафтный парковый объект.

Подземное хранение отходов получает все большее распространение для захоронения опасных отходов, особенно тех, в которых повышено содержание жидких фаз. Для этого используют выведенные из эксплуатации рудники, шахты и другие подземные сооружения (пустоты, образовавшиеся в результате выщелачивания рудных тел, вымывания отложений солей и др.). Однако данный способ можно применять только в зонах, где: 1) породы являются плотными и устойчивыми, 2) низкая сейсмическая активность, 3) исключается взаимодействие фильтрующихся подземных вод с захороненными отходами. Соблюдать эти условия весьма сложно, тем более что при таком способе захоронения невозможно обеспечить контроль за самими отходами и за состоянием прилегающих к ним пластов и подземных вод.

16.3.2. Централизованное размещение отходов

Данная технология относится прежде всего к твердым бытовым отходам (коммунальным и производственным). Обращение с данными отходами начинается с их сбора в мешки и контейнеры, располагаемые в зонах отходообразующих объектов (жилые дома, торговые предприятия и др.). Транспортировка собранных нетоксичных отходов осуществляется специально оборудованными транспортными средствами, имеющими устройства погрузки-выгрузки и устройства уплотнения.

В общем случае транспортировка отходов проходит в два этапа. Сначала они доставляются на централизованные участки, где накоп-

ливаются. После этого их перегружают на транспортные средства для перевозки на дальние расстояния и доставки к местам переработки и хранения. В практике используется четыре варианта доставки ТБО и ПО на большие расстояния. По первому варианту контейнеры с отходами загружаются в автотранспортные средства, доставляются на места переработки или на перевалочные станции, где отходы уплотняются и на большегрузных автомобилях перевозятся к местам переработки и хранения. По второму варианту контейнеры с отходами загружаются на железнодорожный транспорт (вагоны, полувагоны, платформы) и доставляются к месту переработки и хранения. По третьему варианту транспортировка отходов производится водными средствами. Четвертый вариант относится к пневмотранспорту и применяется для удаления от мест образования рыхлых, сыпучих отходов с низкой плотностью (отходов бумаги, пластмасс и др.) или мелкодисперсных (опила, стружки древесной, пыли). Нередко применяют сочетания вариантов транспортировки ТБО и ПО.

Перевозка взрыво- и пожароопасных, токсических и радиоактивных отходов осуществляется в особых контейнерах и специальными транспортными средствами.

Полигоны твердых бытовых отходов. Основная масса ТБО образуется в крупных городах России и достигает 500 млн т в год. Из них до 350 млн т поступают на полигоны и неорганизованные свалки (места несанкционированного хранения). Полигоны ТБО подготавливаются как специально оборудованные территории, имеющие самостоятельную инфраструктуру. Сюда входят подъездные дороги, собственно территория полигона с разбивкой ее на зоны (карты) хранения, захоронения различных видов отходов, устройства дренажа, водо- и электроснабжения, весовое хозяйство, пункты санитарного контроля, мастерские, установки для переработки (сортировки, обезвреживания, брикетирования и т. д.), средства связи и др. Складирование отходов производится с соблюдением условий, обеспечивающих защиту окружающей среды от загрязнения — физического, энергетического и биологического воздействия отходов. Донная часть полигона и его периметр оборудуются слоем гидроизоляции, предотвращающего фильтрацию вредных компонентов отходов за пределы полигона. Предусматривается отвод поверхностных и сточных вод.

Для захоронения отходов применяются два способа: *поверхностная* и *траншейная* засыпка. Первый способ используется при наличии на полигоне глубоких лощин, отработанных карьеров и иных естественных или искусственных углублений. Отходы с помощью

специальных механизмов (бульдозеров, скреперов, катков и др.) ежедневно равномерно распределяются и уплотняются. На эту поверхность наносится 0,15 м слоя суточного земляного покрытия (защита от воздействия вредных газов, выделяющихся в процессе разложения отходов).

По окончании заполнения данной зоны (карты) полигона на ее поверхность наносится слой земляного покрытия толщиной до 0,6 м для последующей рекультивации. Траншейная засыпка производится в подготовленные траншеи с аналогичной поверхностной засыпкой земляного покрытия.

На полигонах ТБО производят также захоронение части промышленных отходов. К ним относятся не утилизируемые пожаро- и взрывоопасные, токсические отходы III и IV классов опасности, размещение которых разрешено санитарно-эпидемиологической станцией и инспекцией пожарной охраны муниципального образования. Плановое размещение этих отходов проводится согласно ежегодно утверждаемому управлением городского хозяйства перечню обслуживаемых предприятий с указанием видов, характеристик и объемов передаваемых отходов. После окончания захоронения отходов на данной площади полигона ее поверхность рекультивируется, т. е. создается культурный слой почвы с растительным покрытием.

На отработанных полигонах ТБО глубина захоронения отходов достаточно велика и достигает десятков метров. В этой толще происходят естественные процессы разложения отходов. На глубине более чем 1,5 м идет анаэробное сбраживание с образованием биогаза. В верхних горизонтах протекает аэробный процесс полного окисления компонентов биогаза (метана, водорода). Образующийся в зоне анаэробного сбраживания биогаз содержит в среднем 40–65% CH_4 , 35–40% CO_2 , примеси других газов и имеет теплоту сгорания 18–25 МДж/м³. Поэтому на крупных отработанных полигонах ТБО оказалось выгодным применение технологии сбора с нижних горизонтов биогаза и его использование в качестве дешевого и эффективного топлива. Процессы анаэробного сбраживания идут в течение десятков лет. Таким образом, полигон является источником вторичного химического энергетического ресурса. Газосборная система полигона включает вертикальные скважины, шахтные колодцы или горизонтальные трубопроводы в толще отходов для отвода биогаза потребителю. С целью интенсификации аэробных процессов используют естественную или принудительную вентиляцию слоя через скважины.

Полигоны *твердых промышленных отходов*. Устройство и эксплуатация полигонов промышленных отходов отличается от полигонов ТБО. Это связано с тем, что данные объекты являются природоохранными сооружениями, предназначенными для переработки, обезвреживания и захоронения на территории полигона самых разных твердых отходов, поступающих от промышленных предприятий, учреждений и организаций одной или нескольких промышленных зон. Поэтому в составе полигона предусматриваются строительство и эксплуатация на одной или нескольких площадках трех основных объектов.

Во-первых, это цех для обезвреживания токсичных и некондиционных отходов путем их сжигания и физико-химической обработки с полным обезвреживанием и понижением класса опасности (токсичности, пожаро- или взрывоопасности), а также получения нейтральных форм отходов с сокращением объемов, подлежащих последующему захоронению.

Во-вторых, это собственно зона захоронения, состоящая из отдельных специально оборудованных территорий (карт), куда размещаются различные виды отходов.

В-третьих, это парк специализированного автотранспорта для перевозки различных отходов.

Данные полигоны являются инженерными сооружениями. Места их расположения, размеры санитарно-защитных зон, обустройство зон размещения отходов и условия эксплуатации определяются санитарными правилами и нормами (СанПиН) и строительными нормами и правилами (СНиП). Полигоны располагаются на открытых, незатопленных, хорошо проветриваемых и свободных от застроек площадях, удаленных не менее чем на 200 м от сельскохозяйственных угодий и магистральных дорог и не менее чем 50 м от лесных массивов. Размер санитарно-защитной зоны должен быть как минимум 3 км. Участок полигона выбирается в зоне залегания слабо фильтрующихся грунтов (глины, суглинки и пр.). Заглубление котлована полигона от 7 до 15 м от поверхности при условии максимального уровня подъема грунтовых вод не менее чем на 2 м от нижнего горизонта захоронения отходов.

На полигоне не допускается складировать радиоактивные отходы и отходы, пригодные для утилизации (опил, древесную тару, металлический лом и др.). Все токсичные отходы I–IV классов опасности, согласно санитарным нормам и правилам, делятся на 13 групп. Для них определены методы переработки и условия размещения на полигонах. Например, горючие отходы подлежат обязательному сжи-

ганию в специальных печах, оборудованных системами организованного отвода и очистки отходящих продуктов горения.

По-иному организуют размещение радиоактивных материалов. Высокотоксичные отходы этого типа первоначально заключают в металлические капсулы, затем в кубы из специального отвердевшего стекла, после чего кубы помещают в специально подготовленные подземные сооружения с контролируемым радиационным, газовым, температурным и влажностным режимами. При необходимости кубы могут быть извлечены. При захоронении отходов их помещают в отработанные геологические выработки, естественные пустоты или в глубокие впадины морского дна без возможности обратного извлечения.

16.4. Технологии обезвреживания и утилизации отходов

Хранение предполагает содержание некоторых видов отходов в целях их последующего обезвреживания и утилизации как на самом отходообразующем предприятии, так и на специальных предприятиях. В первом случае в основную технологическую схему производства целевого продукта (например, выплавки чугуна в доменной печи) включаются технологические схемы обезвреживания и переработки образующихся отходов (отходящий колошниковый газ доменной печи после газоочистки используют для отопления тепловых агрегатов; доменный шлак поступает на установку грануляции, откуда отгружается на предприятия строительной индустрии). Во втором случае образующиеся отходы передаются для использования другими потребителями. Например, отходы черных и цветных металлов передаются на предприятия металлургии, где производятся сортировка, обезвреживание, операции подготовки к плавке (резка, брикетирование и др.), а также последующая переработка вторичного сырья и полуфабрикатов в товарную продукцию (производство сплавов и изделий из них).

В настоящее время известно более 20 методов обезвреживания и утилизации твердых отходов. По своим целям они делятся на две группы: ликвидационные (решение санитарно-гигиенических задач и обезвреживание) и утилизационные (обезвреживание отхода для последующего использования в качестве вторичного ресурса). Ликвидационные методы включают биолого-механические (складирование на полигонах), термические (сжигание), биологические (компостирование). Утилизационные методы осуществляются с приме-

нением соответствующих технологий переработки отходов в конечный полезный продукт.

Биолого-механическая обработка включает операции дробления, измельчения, укладки отходов на карты полигона, покрытие слоем культурного грунта и последующее биологическое разрушение отходов в процессах анаэробной ферментации с получением биогаза.

Термические методы могут быть реализованы тремя способами:

- слоевым или камерным сжиганием неподготовленных отходов в топках котлов;
- слоевым или камерным сжиганием предварительно подготовленных отходов (освобожденных от балласта, металлических включений, дробленых или измельченных) в топках энергетических котлов или в обжиговых печах для производства цемента;
- пиролизом отходов.

Первый и второй способы применяют для отходов, сжигание которых не дает экологически опасных продуктов окислительно-восстановительных реакций. В частности, это относится к твердым бытовым отходам коммунального хозяйства, которые сжигаются первым способом на установке, показанной на рис. 16.1.

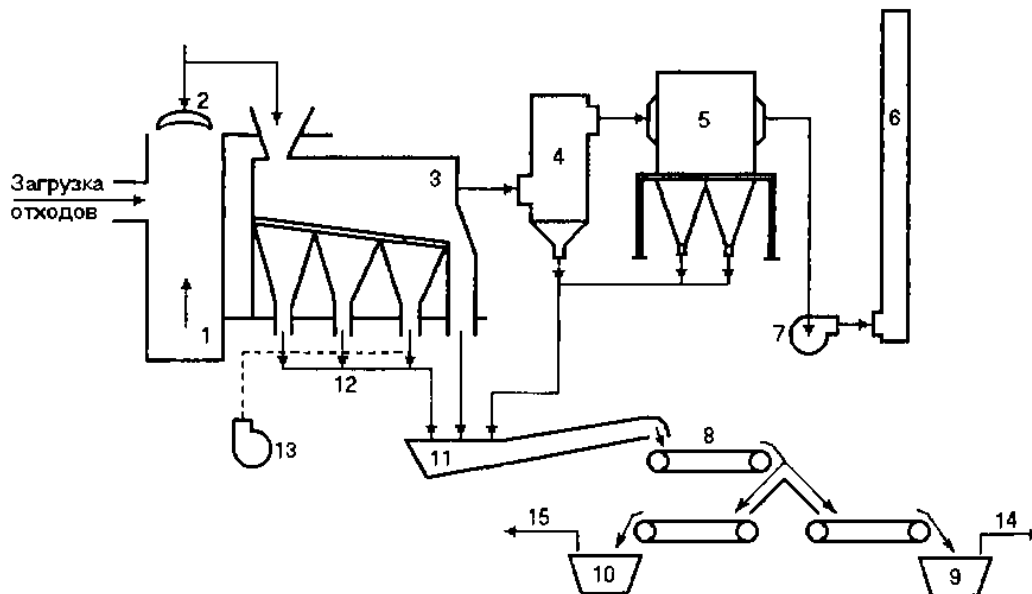


Рис. 16.1. Схема установки для сжигания твердых отходов: 1 – мусоросборник; 2 – погрузочный ковш; 3 – печь для сжигания отходов; 4 – охладитель продуктов горения; 5 – газоочистная установка; 6 – дымовая труба; 7 – эксгаузер; 8 – электромагнитный сепаратор; 9 – накопитель шлака; 10 – накопитель железосодержащих продуктов; 11 – охладитель шлака; 12 – система транспортировки шлака; 13 – компрессор подачи воздуха; 14 – выгрузка обедненного шлака; 15 – выгрузка железосодержащих продуктов

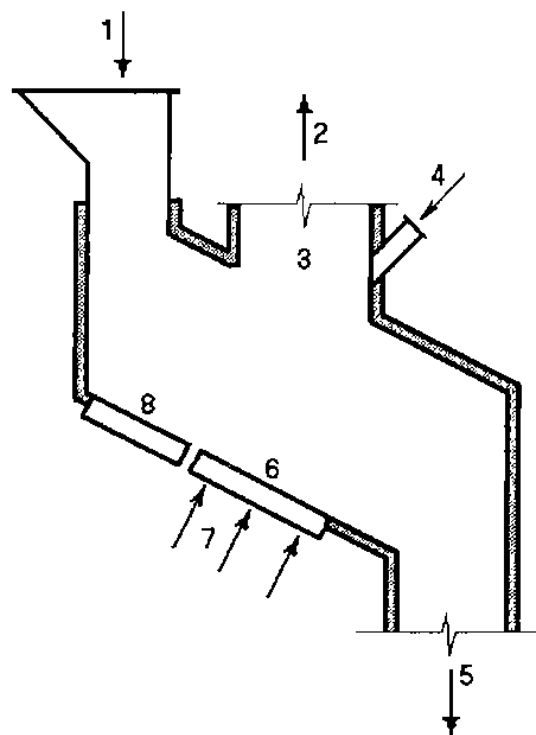


Рис.16.2. Схема печи для сжигания отходов: 1 — загрузка отходов; 2 — отвод продуктов горения; 3 — камера горения; 4 — подача вторичного воздуха; 5 — отвод шлака; 6 — газовая горелка; 7 — первичный воздух; 8 — дозатор отходов

Отходы доставляются автотранспортом и выгружаются в мусоросборник. Далее они подаются погружным ковшом в дозатор печи для сжигания отходов. Печь оборудована газовыми горелками, обеспечивающими сжигание мусора (рис. 16.2). Продукты горения образуются в двух фазах: газообразные и твердые (шлак, пыль).

Газообразные продукты проходят через теплообменник, где охлаждаются, передавая физическое тепло воде, используемой для хозяйственно-бытовых нужд. Охлажденные газы очищаются от пылевых частиц и с помощью тягового устройства (экстаустера) отводятся в дымовую трубу для рассеивания в атмосфере.

Твердые остатки поступают в охладитель, из которого передаются на установку электромагнитной сепарации. Железосодержащие остатки поступают в накопитель для последующей транспортировки на металлургические заводы. Остальные твердые продукты из накопителя шлаков выводятся для дальнейшей переработки.

При пиролизе органическая масса отходов нагревается внешним источником в инертной среде с образованием продуктов термического разложения (CO , CO_2 , H_2 , CH_4 , C_nH_m и др.). В общем случае при пиролизе протекают связанные между собой процессы: сушка, сухая перегонка (собственно пиролиз отходов), газификация, взаимодействие исходных отходов с образующимися газообразными продуктами. Причем при газификации получают частично окисленные газы (CO , альдегиды, фенолы, кислоты и др.) благодаря восстановительным реакциям, в которые вступают продукты полного окисления (CO_2 , H_2O , HCl и др.) с углеродом и водородом, содержащимися в отходах, а также частичному или полному окислению углерода в отходах. Газификация может протекать как с подводом

тепла, так и с выделением тепловой энергии. Пиролиз применяют к отходам, сжигание которых приводит к образованию экологически опасных веществ.

Биологическая обработка отходов может осуществляться либо на специальных промышленных установках, либо методами полевого компостирования. Примером промышленной переработки является схема аэробного окисления смеси подготовленного отхода с активным илом на установке, показанной на рис. 16.3. Отходы из бун-

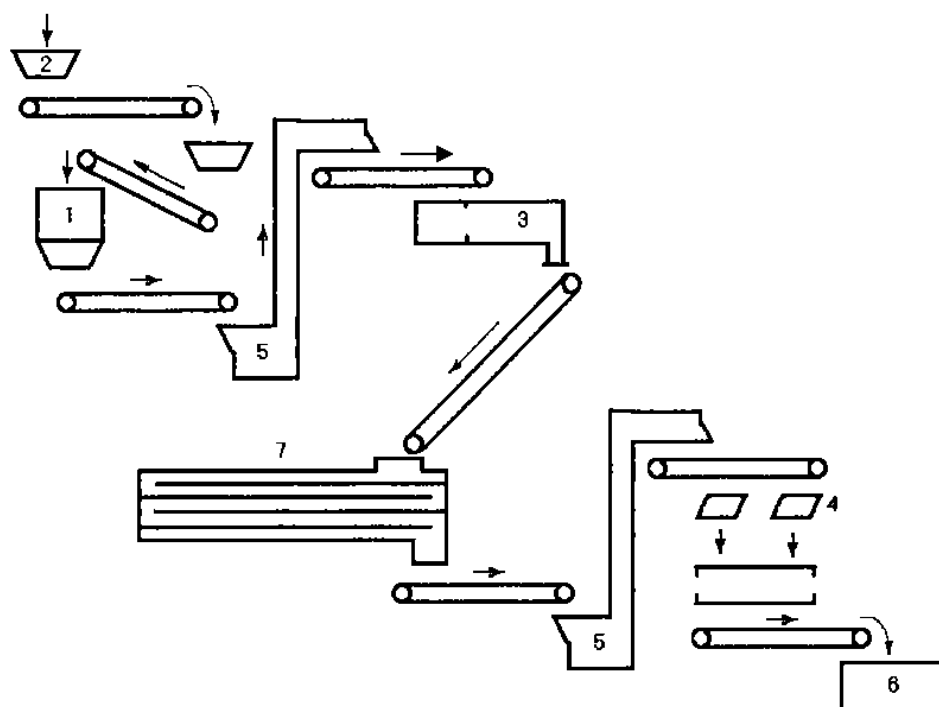


Рис. 16.3. Схема установки для биологической переработки твердых отходов: 1 — измельчитель отходов; 2 — бункер-дозатор отходов; 3 — емкость с раствором мелассы; 4 — сушилка; 5 — транспортер; 6 — установка брикетирования (пресс); 7 — аэротенк

кера-дозатора поступают на установку измельчения, доводятся до определенного фракционного состава и транспортируются к смесителю, в котором при добавке воды получают коллоидную смесь — мелассу. Смесь передается в ферментатор, в качестве которого используется аэротенк — установка аэробного окисления в среде активного ила. Полученный продукт сушится, брикетируется на прессах и отправляется к потребителю (в качестве сырья) или на установку для обезвреживания.

Полевое компостирование — как наиболее простой и надежный способ — чаще всего применяют к твердым бытовым отходам крупных муниципальных образований. Если механизированная (завод-

ская) переработка ТБО занимает несколько часов и проводится в специальных установках-ферментаторах (как правило, способом аэробного компостирования), то полевое компостирование занимает 1–6 месяцев и проводится на отдельных площадках в штабелях. Схемы компостирования реализуются либо с предварительным дроблением и измельчением, либо без такового. Штабеля имеют высоту до 2,5 м при естественной аэрации и более 2,5 м – при искусственной аэрации. Они выстраиваются на длину 10–50 м, с углом откоса 45° и шириной по верху не менее 2 м. Наружная поверхность штабеля покрывается защитным слоем (земля, готовый компост или торф).

Окислительные процессы в штабелях приводят к повышению температуры и снижению влагосодержания. Поэтому для интенсификации процесса применяют увлажнение слоя и его принудительную аэрацию (рыхление или продувку через специальные каналы). Компостирование проводится на специальных картах полигонов твердых отходов. Особенно эффективно оно идет при добавке к ним влажных осадков, получаемых на очистке сточных вод. Компосты, получаемые заводской или полевой переработкой, являются ценными добавками в культурный слой земли. Они содержат целую гамму биогенных элементов.

Переработка промышленных отходов производится по двум направлениям. Во-первых, многие отходы уже сами по себе являются исходным сырьем, и их использование требует простейших операций подготовки (сортировку, дробление, измельчение, брикетирование, затаривание и др.). Типичным примером прямого использования отходов является их применение в сельском хозяйстве. Большинство пахотных земель России относится к кислым почвам (Дальний Восток – 94%, Центральный нечерноземный район – 83%, Волго-Вятский район – 80% и т. д.). В качестве эффективных и дешевых известковых мелиорантов успешно используются кальцийсодержащие промышленные отходы:

- шлаки сталеплавильного и ферросплавного производств;
- золы печей и топок сжигания сланцев, торфа, каменного угля;
- отходы цементных заводов, мраморная крошка, крошка производства известнякового щебня;
- отходы свеклосахарного производства;
- отходы других отраслей.

Для солонцовых почв, имеющих высокую вязкость и слипаемость (высокое содержание обменного натрия), используют такие промышленные отходы, как фосфогипс (80–90% CaSO_4), металлургические шламы (60–80% CaSO_4), отработанные сернокислотные

травильные растворы, отходы промышленности, содержащие FeSO_4 . При взаимодействии с почвой происходит необратимое вытеснение натрия кальцием, содержащимся в отходах.

Многие виды промышленных и коммунальных отходов используются в качестве эффективных органических удобрений. К ним относятся твердые осадки систем очистки сточных вод, компосты, получаемые при биохимической переработке отходов, а также отходы деревообработки (кора, опил, щепа), гидролизных и целлюлозно-бумажных производств. Наконец, следует отметить использование почвообразующих пород из отвалов горных разработок для восстановления сельскохозяйственных угодий, нарушенных оврагообразованием, оползнями и др.

Вторым направлением использования отходов является применение промышленных (часто — многостадийных) специальных технологий переработки с целью либо получения исходного сырья и материалов для производства, либо для прямого получения твердой продукции. Одним из типичных примеров такого подхода является производство алюминия на стадии электролиза. Электролизер состоит из футерованной углеродистыми блоками ванны (катодное устройство) с установленными в днище (подине) катодным стержнем из литого чугуна. Снаружи ванна обустраивается слоем кирпичной огнеупорной футеровки и каркасом из листового металла или чугунных плит. Анодное устройство состоит из угольного анода и подъемного механизма с опорными конструкциями.

Электролиз алюминия происходит в расплаве при высоких температурах с выделением большого количества вредных газообразных компонентов (CO , CO_2 , HF , CF_4 , SiF_4 , SO_2), смолистых веществ (полициклических ароматических углеводородов), угольной пены с высоким содержанием алюминия. При эксплуатации электролизеров их угольная и огнеупорная футеровки аккумулируют различные опасные химические соединения и в среднем содержат по массе, %: углерода — 30, глинозема — 26, криолита — 13, фторида натрия — 8, бикарбоната натрия — 8, фторида кальция — 3, оксида кремния — 3, бикарбоната натрия — 6, прочих веществ — 11 (в том числе цианидов — 0,2).

Изношенная футеровка электролизеров составляет по массе около 55%, а огнеупорная — около 45%. Для завода производительностью 100 тыс. т/год товарного алюминия при сроке службы катодного устройства 4 года образуется около 6 тыс. т изношенной футеровки, содержащей более 1000 т фторидов и цианидов, что представляет чрезвычайную экологическую опасность. Основные способы утилизации футеровки —

- на использование ее с добавками известняка вместо плавикового шпата при производстве серого чугуна в вагранках;
- применение измельченной угольной футеровки в качестве части топлива в обжиговых печах при производстве клинкер-цемента;
- гипсование отработанной футеровки: сначала разложение цианидов острым паром ($\text{CN} + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + \text{HCOO}$ при $t > 300^\circ\text{C}$), затем утилизация фторидов обработкой серной кислотой и последующей нейтрализацией гидрооксидом кальция и карбонатом кальция с получением нерастворимого фторида кальция;
- выщелачивание, т. е. перевод в растворимые соединения, в том числе обработка известью с осаждением CaF_2 и обработка гипохлоритом для окисления цианида и исключения образования комплексных цианосодержащих соединений;
- добавление до 1,5% по массе мелкоизмельченной части отработанной углеродной футеровки как заменителя кокса в производстве обожженных анодов и анодной массы;
- извлечение фтористых соединений из отработанной футеровки следующими способами: регенерацией криолитом (Na_3AlF_6), возвращаемым в состав электролита ванн электролиза алюминия; обработкой раствором NaOH , возвращаемым на стадию выщелачивания отходов; пирогидролизом измельченных отходов при температуре около 1200°C водяным паром в реакторе кипящего слоя.

При утилизации футеровки цианиды полностью разрушаются, а образующаяся зола не опасна и даже содержит полезные биогенные элементы. Выделяющийся газообразный фтористый водород (HF) охлаждается, конденсируется и адсорбируется в раствор до 25 мас.%. Этим предотвращаются безвозвратные потери фтора и обеспечивается его возврат в технологию производства алюминия.

Следует отметить, что на сегодняшний день не существует технологии переработки всех образующихся отходов в полезный продукт; известные технологии не всегда применяются из-за неоправданных экономических затрат. Поэтому весьма значительная (зачастую большая) часть промышленных отходов накапливается и становится потенциальным вторичным ресурсом для будущих поколений. Задачей сегодняшнего дня является обеспечение безопасного хранения неперерабатываемых отходов без необратимых негативных изменений состояния окружающей природной среды и здоровья человека.

Контрольные вопросы

1. Какие виды деятельности включает система обращения с отходами производства и потребления?
2. Каковы основные принципы, используемые для составления иерархического каталога отходов?
3. В чем заключаются основные направления охраны и защиты литосферы?
4. Назовите особенности полигонов твердых бытовых отходов.
5. В чем отличие полигонов промышленных отходов от полигонов твердых бытовых отходов?
6. С какой целью и как осуществляется локальное размещение отходов?
7. Каковы особенности и отличия технологий централизованного размещения отходов?
8. В чем заключаются основные технологии обезвреживания и утилизации твердых отходов производства и потребления?

Глава 17. ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Как было показано в гл. 5, техногенное физическое загрязнение окружающей среды связано с изменением ее температурных, энергетических и радиационных параметров за счет передачи энергии от источников воздействия. Техногенные физические поля, как правило, являются своего рода «отходами» промышленного производства, побочным продуктом техногенной деятельности. Техногенное физическое воздействие изменяет все компоненты окружающей среды — от атмосферы до почвы и горных пород. Оно может оказаться причиной катастрофических геологических процессов и деструкции инженерных сооружений, способствовать появлению психофизиологических аномалий, характерных для жителей промышленных регионов.

Поскольку протекающие в организме человека процессы сопровождаются различными физическими воздействиями, вокруг его тела регистрируются постоянное электрическое и магнитное поля, акустическое поле, электромагнитное излучение практически всех длин волн и корпускулярной природы. Совокупность этих полей последователи В. И. Вернадского называют *биополем*.

В свою очередь, организм человека высоко чувствителен к самым различным типам внешних полей. Наиболее опасными для здоровья человека являются такие виды физического воздействия,

как шум, вибрация, а также электромагнитные и радиоактивные излучения. Сегодня уже не вызывает сомнения тот факт, что значительная доля заболеваний связана с земными излучениями геопатогенных зон. В таких местах изменяются геомагнитные поля, уровень радиации, электропроводность почвы и другие параметры. Все это воздействует на здоровье человека. Поэтому Всемирная организация здравоохранения считает проблему защиты человека от энергетических воздействий одной из первоочередных.

17.1. Защита от шума, инфразвука и вибрации

Проблема защиты человека от воздействия шума сегодня стала международной и оказалась в центре внимания многих общественных организаций и государственных инстанций. С 1954 г. функционирует Международная организация по борьбе с шумом. Всемирная организация здравоохранения проработала и определила комплексную долгосрочную программу мер по снижению шума в городских поселениях. Эти и другие организации разработали рекомендации и стандарты по методам измерений, оценки и нормирования допустимых уровней шума автотранспортных средств в зависимости от их категорий.

Санитарные нормы устанавливают предельно допустимые уровни (ПДУ) звукового давления для различных зон в различное время суток. При этом для тонального шума постоянной интенсивности нормируемыми параметрами являются *уровни звукового давления L (дБ) в октавных полосах или уровни звука L_A (дБА)*. Для шума переменной интенсивности нормируются *максимальный* и так называемый *эквивалентный уровни звука*.

В процессе измерения уровня шума, инфра- и ультразвука используют специальные приборы — шумомеры, состоящие из измерительного микрофона, преобразующего звуковые колебания в электрические, усилителя электрических колебаний с корректирующими фильтрами, квадратичного детектора и индикатора. В последнем, как правило, имеется две стандартные шкалы измерений: «линейная» и шкала А. Эта шкала имитирует частотную зависимость человеческого уха. Уровень шума, измеренный по шкале А шумомера, обозначается дБА. Непостоянные шумы характеризуют только в дБА.

Максимальный уровень шума L_{\max} соответствует максимальному показанию шумомера за время измерений во всем частотном диапазоне в течение наиболее шумных 30 мин. Максимальным считается уровень выброса шума, если его длительность составляет не менее 1% времени от общей продолжительности измерений.

Эквивалентный уровень шума $L_{\text{экв}}$ определяется из условия равенства энергии условного постоянного широкополосного шума и реального шума переменной интенсивности. Величину $L_{\text{экв}}$ рассчитывают по результатам измерений через каждые 5 с. Измеренные уровни разбивают на классы с диапазоном 5 дБА и средним значением L_i (дБА). Эквивалентный уровень шума рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left(0,01 \sum_i t_i 10^{0,1L_i} \right), \quad (17.1)$$

где t_i — относительное время действия, в %, шума интенсивности L_i .

В табл. 17.1 приведены допустимые уровни звукового давления согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96.

Таблица 17.1

Допустимые уровни звука, дБА

Зона действия звука	Время суток			
	7.00 – 23.00		23.00 – 7.00	
	$L_{\text{жн}}$	$L_{\text{ноч}}$	$L_{\text{жн}}$	$L_{\text{ноч}}$
Учебные помещения	40	55	—	—
Жилые комнаты	40	55	30	45
Номера гостиниц, общежитий; территории больниц и санаториев	45	60	35	50
Территории, прилегающие к жилым домам	55	70	45	60
Площадки отдыха жилых домов, школ, институтов и т.п.	45	60	—	—
Залы столовых, кафе	55	70	—	—
Залы ожидания вокзалов и аэропортов	60	75	—	—

Уровень шумового дискомфорта определяется как разность $L_{\text{экв}}$ и $L_{\text{экв,доп}}$. Постоянный дискомфорт более 30–40 дБА может вызвать необратимые изменения в организме. Разница между измеренным и допустимым уровнями шума определяет величину требуемого снижения шума.

Поскольку причиной возникновения шумов являются различные механические, аэродинамические, гидродинамические и электромагнитные явления и процессы, защита окружающей среды от такого загрязнителя, как шум, может быть достигнута только в результате применения целого комплекса различных мероприятий.

Наиболее рациональный способ борьбы с шумом — *уменьшение шума в источнике его возникновения*. Снижение шумов промышленного происхождения достигается улучшением конструкций машин и механизмов, заменой металлических деталей на пластмассовые, уменьшением дисбаланса роторов, заменой ударных технологических процессов на безударные, улучшением аэро- и гидродинамики тел, работающих в потоках газов и жидкостей, выбором оптимальных режимов работы насосов и т. п.

Снижение шумов городского транспорта достигается установкой глушителей, улучшением стыковки рельсов, установкой амортизирующих прокладок, заменой колодочных тормозов на дисковые, применением автомобильных двигателей с пониженным уровнем шума, переходом на электротранспорт.

Существенный вклад в шумовое загрязнение среды вносит авиационный транспорт. С целью уменьшения его неблагоприятного влияния на живые организмы в США и странах Европейского экономического сообщества приняты жесткие нормы уровня шума самолетных и вертолетных двигателей, ограничены полеты в ночное время. Для снижения вредного воздействия звуковых ударов сверхзвуковых самолетов введены ограничения на их полеты по времени, высоте и скорости, устанавливаются специальные приемы пилотирования.

Другим направлением является снижение шумовой нагрузки за счет рационального планирования размещения промышленных предприятий, транспортных магистралей и жилых районов. С этой целью создаются шумовые карты промышленных предприятий и населенных пунктов.

Важным способом борьбы с шумом является *уменьшение звуковой мощности по пути распространения шума от источника (звукоизоляция)*. С этой целью используются звукоизолирующие ограждения, боксы и кожухи, звукоизолирующие кабины и пульты управления, акустические (шумозащитные) экраны.

При решении практических вопросов борьбы с шумом следует различать *звукопоглощающие и звукоизолирующие конструкции*, хотя эти понятия часто и отождествляют. Акустический эффект звукоизолирующих конструкций в основном обусловлен отражением звука от их поверхностей, изготовленных из плотных твердых материалов (кирпича, бетона, стали). К звукоизолирующим ограждениям относятся стены, перекрытия, перегородки, окна, остекленные проемы и двери. Звукоизолирующими кожухами обычно полностью закрывают устройство, издающее шум (агрегат, установку и т. п.). Кожу-

хи изготавливают из листового металла или пластмассы. Звукопоглощающие кабины применяют для размещения пультов управления и рабочих мест в шумных цехах.

Для звукопоглощающих конструкций, в отличие от звукоизолирующих, используют пористые и рыхлые волокнистые материалы. Процесс поглощения звука происходит в результате превращения звуковой энергии в тепловую. Поглощающую способность материала или конструкции выражают с помощью коэффициента поглощения, определяемого как отношение интенсивностей поглощенной и падающей звуковой волны:

$$\alpha = I_{\text{полг}} / I_{\text{пад}} \quad (17.2)$$

Свойством поглощения звука в той или иной степени обладают все материалы. Однако к звукопоглощающим материалам принято относить только те, у которых значение коэффициента поглощения $\alpha \geq 0,3$. Звукопоглощающие конструкции служат для поглощения звука как в помещении самого источника шума, так и в изолируемых от шума помещениях. В частности, для снижения уровня отраженного звука в производственных помещениях применяют облицовку звукопоглощающими материалами и специальные звукопоглотители. Эффективная защита от шума часто требует совместного использования методов звукоизоляции и звукопоглощения.

Акустические экраны представляют собой плоскую конструкцию, покрытую звукопоглощающим материалом, расположенную на пути распространения звука. В качестве шумозащитных экранов могут выступать здания, стоящие вдоль магистрали и создающие акустическую тень внутри микрорайонов. Исключительной способностью задерживать и поглощать значительную часть звуковой энергии, особенно звуки высокой частоты, обладают растения. Густая живая изгородь способна уменьшать шум, производимый машинами, в 10 раз. Древесные породы, особенно лиственные, в этом отношении более эффективны, чем кирпичная или бетонная стена. Так, два ряда деревьев средней высоты, высаженных на расстоянии 50 м от здания, уменьшают шум примерно на 20 дБ.

Наилучшей звукопоглощающей способностью обладают насаждения, в составе которых находятся как деревья, так и кустарники в виде живой изгороди. Другая особенность древесных культур состоит в их способности изолировать шум. Доказано, что наивысшей звукоизолирующей способностью обладают зеленые перегородки из клена (до 15,5 дБ), затем следует тополь (до 11 дБ), липа (до 9 дБ) и ель (до 5 дБ).

Для снижения шумов аэродинамического происхождения, создаваемых при работе вентиляционных, компрессорных, газотурбинных установок, используют устройства, называемые глушителями шума, которые устанавливаются в каналах, трубопроводах и воздуховодах. В зависимости от принципа действия глушители бывают трех типов: абсорбционные, реактивные и комбинированные.

В абсорбционных глушителях заглушение аэродинамического шума происходит в порах звукопоглощающих материалов, заполняющих глушитель. Реактивные глушители отражают звуковую энергию обратно к источнику. В комбинированных глушителях снижение шума достигается за счет сочетания поглощения и отражения звука. Выбор типа глушителя зависит от спектра шума источника, требуемого уровня снижения шума, конструкции заглушаемой установки, допустимого аэродинамического сопротивления.

Методы защиты от инфразвука аналогичны способам защиты от шума. Нормируемыми параметрами для постоянного инфразвука являются уровни звукового давления L , а для непостоянного инфразвука — эквивалентные уровни звукового давления $L_{\text{экв}}$. В соответствии с санитарными нормами на территории жилой застройки их значения в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16, 31,5 Гц не должны превышать 90 дБ.

Снижение уровня инфразвука может быть достигнуто в источнике его возникновения при изменении режима работы технологического оборудования или его конструкции; звукоизоляции источника; поглощении звуковой энергии с помощью глушителей шума.

Вместе с тем средства защиты от инфразвука на пути его распространения существенно отличаются от применяемых средств защиты при борьбе с акустическим шумом. Это обусловлено значительно большей длиной волн инфразвука по сравнению с размером препятствий. Наиболее эффективным способом снижения уровня инфразвуковых составляющих шума всасывания и выхлопа стационарных компрессорных и дизельных установок, двигателей внутреннего сгорания и турбин является использование глушителей шума. Применение же методов звукоизоляции и звукопоглощения в инфразвуковом диапазоне представляет достаточно сложную инженерную задачу, так как требует создания весьма мощных строительных конструкций.

Методы защиты от вибрации. Основными параметрами вибраций являются уровни виброскорости, виброускорения и вибросмещения. Уровень виброскорости определяется по формуле, дБ:

$$L_v = 20 \lg(V/V_0), \quad (17.3)$$

где V — среднеквадратичная колебательная скорость, м/с; V_0 — стандартное пороговое значение колебательной скорости, равное $5 \cdot 10^{-8}$ м/с.

Аналогичным образом определяются уровни виброускорения и вибросмещения, пороговые значения которых соответственно равны $3 \cdot 10^{-4}$ м/с² и $8 \cdot 10^{-12}$ м.

Санитарными нормами для жилых помещений и рабочих мест устанавливаются допустимые значения уровней вибраций в октавных полосах со среднегеометрическими значениями частот: 2; 4; 8; 16; 31,5 и 63 Гц.

С целью защиты от вибраций необходимо в первую очередь принимать меры по их снижению в источнике возникновения. Это достигается тщательным выбором режимов работы оборудования, применением технологических схем, предельно снижающих динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями и т. п. Большой эффект дает устранение неуравновешенных динамических сил: тщательная балансировка роторов, валов двигателей, устранение излишних люфтов и зазоров.

Для снижения уровня производственных вибраций весьма важно исключение возможности резонансного режима работы оборудования. Этого можно достигнуть изменением жесткости и массы вибрирующей системы, что приводит к изменению ее собственных частот. Когда не удастся понизить вибрации в источнике возникновения до допустимого уровня, применяют методы снижения вибраций на путях распространения: виброгашение, виброизоляцию и вибродемпфирование

Виброгашение колебаний реализуется увеличением эффективной жесткости и массы вибрирующих машин и механизмов. С этой целью корпуса машин и станков объединяются в единую замкнутую систему с прочными массивными фундаментами с помощью анкерных болтов или цементной подливки либо устанавливают на массивные опорные плиты и виброгасящие основания. Снижение вибраций, создаваемых рельсовым транспортом, достигается методом крепления рельсов к массивным железобетонным шпалам.

Виброизоляция заключается в уменьшении передачи колебаний от вибрирующего устройства к защищаемому объекту за счет помещения между ними упругих устройств — виброизоляторов. В качестве виброизоляторов используются пружинные опоры, листовые рессоры, резиновые или пластмассовые прокладки, воздушные подушки (пневматические виброизоляторы) или их комбинации. Для ограничения распространения колебаний вдоль инженерных комму-

никаций (воздухопроводов, трубопроводов) применяют их разделение на отдельные участки с помощью гибких специальных вставок.

В основе метода *вибродемпфирования* лежит увеличение активных потерь в колебательных системах. Его реализуют в машинах с интенсивными динамическими нагрузками за счет применения материалов с большим внутренним трением: низкоуглеродистых чугунов, сплавов цветных металлов. В последнее время для снижения колебаний, распространяющихся по трубопроводам и газопроводам от компрессорных станций, по воздуховодам систем вентиляции, применяют специальные вибродемпфирующие покрытия: пенопласт, губчатую резину, пластикат «Агат», мастику «Адем-НШ» и др.

Для надежной защиты от шума и вибраций необходимо использовать в комплексе различные мероприятия и методы защиты. Современное состояние техники и технологий предоставляют для этого широкие возможности.

17.2. Защита от электромагнитных полей

При рассмотрении экологических проблем все виды электрических и магнитных полей по своему происхождению можно разделить на следующие категории:

- электромагнитные поля, порождаемые космическими источниками (Солнце, звезды, и пр.);
- постоянное электростатическое и магнитное поле Земли;
- поля, возникающие при некоторых процессах, происходящих в атмосфере и ионосфере Земли (грозы, полярные сияния и т. п.);
- электрические поля, порожденные биологическими объектами;
- электромагнитное излучение антропогенного происхождения.

Основным источником собственного электромагнитного излучения (ЭМИ) у человека является сердце, генерирующее колебание с длиной волны, равной росту человека (при росте 150–200 см частота излучения составляет 22,2–16,6 МГц). Вся совокупность ЭМИ природного происхождения в первую очередь зависит от солнечной активности, т.е. определяется явлениями, происходящими на видимой поверхности Солнца.

Порожденные человеческой деятельностью электромагнитные поля только за последние десять лет возросли более чем в тысячу раз по сравнению с естественным фоном Земли, причем резко расширился диапазон этих полей. Можно считать, что электромагнитное поле радиочастот стало новым фактором окружающей среды (по

данным слушаний в Государственной Думе РФ, посвященных проблеме ЭМИ). В результате организм человека работает не в тех природных условиях, к которым он приспособлялся миллионы лет, а в новых, более жестких.

Основной метод защиты биологических объектов от электромагнитных полей состоит в снижении уровня воздействий до пороговых значений, установленных с учетом норм *предельно допустимых уровней (ПДУ) облучения*.

Защита от электромагнитных полей и излучений, в частности соблюдение ПДУ облучения, в Российской Федерации регламентируются рядом нормативных документов, к числу которых относятся:

ГОСТ 12.1.002–84 «Электромагнитные поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряжения и требования к проведению контроля на рабочих местах»;

ГОСТ 12.1.006–84 «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»;

«Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» СанПиН 2971–84;

«Временные санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиотехническими объектами» ВСН 2963–84;

«Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, ПЭВМ и организации работ» СанПиН 2.2.2.542–96.

Величины ПДУ определяют по величине опасного уровня плотности наведенных в теле человека электрических токов — 10 мА/м^2 . Исходя из этого, в качестве ПДУ для электромагнитного поля воздушных линий электропередачи переменного тока промышленной частоты приняты следующие уровни напряженности электрического поля E , кВ/м :

- внутри жилых зданий — 0,5;
- на территории зоны жилой застройки — 1;
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки — 5;
- в ненаселенной местности часто посещаемой людьми — 15;
- в труднодоступной местности — 20.

Во всех случаях при напряженности электрического поля выше 1 кВ/м должны приниматься меры по исключению воздействия на человека ощутимых электрических разрядов и токов стекания. Напряженность магнитного поля H , опасная для здоровья, определена в 4 кА/м .

Предельно допустимые уровни воздействия ЭМИ радиочастотного диапазона на человека, установленные «Санитарными правилами и нормами» СанПиН 2.2.4/2.1.8.055–96, приведены в табл. 17.2.

Таблица 17.2

ПДУ воздействия ЭМИ радиочастотного диапазона на человека

Диапазон частот	Размерность	ПДУ
30 – 300 кГц	В/м	20
0,3 – 3 МГц	В/м	10
3 – 30 МГц	В/м	4
30 – 300 МГц	В/м	2
300 МГц – 300 ГГц	мкВт/см ²	3

Предельно допустимая напряженность магнитного поля в диапазоне частот 0,06 – 3 МГц должна составлять 50 А/м. Санитарными нормами допускается увеличение уровней напряженности электрических и магнитных полей вблизи мониторов относительно ПДУ в 2–5 раз. Снижение уровня воздействия электромагнитного поля достигается следующими путями:

- созданием санитарно-защитных зон вокруг источников ЭМИ;
- экранированием источников излучения;
- экранированием биологических объектов.

Одним из наиболее распространенных методов защиты от ЭМИ является «метод защиты расстоянием», основанный на том факте, что плотность потока энергии излучения обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника излучения. С этой целью вокруг источников создаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ).

СЗЗ высоковольтных линий электропередач определяются расстоянием от проекции на землю крайних фазовых проводов и в зависимости от напряжения в линии составляют от 10 м (для 20 кВ) до 300 м (для 1150 кВ). В пределах СЗЗ ограничивается продолжительность работ, а также производится заземление машин и оборудования. Для снижения влияния ЭМП, возникающих вдоль ЛЭП, необходимо увеличивать высоту подвеса проводов, уменьшать расстояние между ними. При правильном подборе геометрических параметров можно в 1,6 – 1,8 раза снизить напряженность поля вблизи ЛЭП.

Санитарно-защитной зоной радиотехнического объекта является площадь, примыкающая к его технической территории. Внешняя граница этой зоны определяется на высоте до 2 м от поверхности земли по предельно допустимым уровням ЭМП.

Размер СЗЗ для передающих радио- и телевизионных станций зависит от рабочей частоты и выходной мощности. В частности, для радиопередатчиков диапазона ВЧ с мощностью от 5 до 1000 кВт нормативами устанавливается СЗЗ размерами от 10 до 2500 м, состоящая из зоны строгого режима с напряженностью на границе 20 В/м, и зоны ограниченного пользования с напряженностью до 4 В/м на внешней границе. В зоне строгого режима норматив времени пребывания работников составляет не более 10 мин в день.

Другим распространенным средством защиты от вредного воздействия ЭМП является электромагнитное экранирование источника излучения. Различают поглощающие и отражающие экраны.

Действие поглощающих экранов сводится к поглощению ЭМИ. Они изготавливаются из пенопластов, резиновых коврик, листов поролон или волокнистой древесины, обработанной специальным составом, а также из ферромагнитных материалов.

Отражающие экраны изготавливают из материалов с низким электрическим сопротивлением (медь, латунь, сплавы алюминия, сталь). Дело в том, что в диапазонах радиочастот главную роль в процессе экранирования играет поверхностный эффект, поскольку токи, протекающие в глубинных слоях материала экрана, существенно меньше токов, наводимых в поверхностных слоях. Поверхностный эффект характеризуется глубиной проникновения δ , определяемой по формуле:

$$\delta = \sqrt{2/(\omega\sigma\mu)}, \quad (17.4)$$

где ω — циклическая частота, с^{-1} ; σ — проводимость материала; μ — его магнитная проницаемость.

Эффективность экранирования будет возрастать по мере роста произведения $\sigma \times \mu$. Отражающие экраны изготавливают из металлических листов, сетки, фольги. В последние годы на российском рынке появились защитные материалы в виде ферритовых плиток, радиоткани, пленок и красок. Специалисты российской фирмы «Тико» разработали уникальную краску «Тиколак-ЭМИ», покрытия из которой способны надежно защищать от неблагоприятного воздействия ЭМИ в широком диапазоне частот — от нескольких герц до сотен гигагерц. Излучение на низких частотах в основном отражается, а на высоких и СВЧ поглощается. Меняя состав наполнителя, удастся управлять соотношением эффектов «поглощение — отражение». Один слой «Тиколак-ЭМИ» толщиной всего 70 мкм снижает интенсивность ЭМИ в 3–3,5 раза.

Успехи в производстве новых материалов позволяют решить задачу создания индивидуальных средств защиты в виде тендов, защитных штор и защитной одежды для работающих с видеотерминалами, радиолокационной и передающей телевизионной аппаратурой, операторов СВЧ-техники.

В рамках государственной научно-технической программы «Безопасность населения и народно-хозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф» была разработана технология промышленного производства металлизированной ткани «Восход», являющейся эффективным средством защиты от воздействия ЭМИ. Металлизированная ткань «Восход» представляет собой пространственно-структурированную диэлектрическую основу с нанесенным металлическим слоем, толщина которого с одной стороны основы (2,9 мкм) больше, чем с другой (2,4 мкм). Металлический слой включает никель, а также один или несколько металлов группы: железо, медь, кобальт, магний, серебро, алюминий, цинк, хром, свинец. Металлизация нитей выполняется электролитическим осаждением, электровакуумным или плазменным напылением. Защитная ткань «Восход» обладает следующими характеристиками:

- отражательная способность в диапазоне радиочастот — 99,9999%;
- ослабление поля: магнитного — до 50 дБ; электрического — до 106 дБ; электромагнитного в СВЧ диапазоне — до 80 дБ.

Экраны-фильтры для видеодисплеев, изготовленные из ткани-сетки «Восход», по коэффициенту ослабления излучения превосходят лучшие зарубежные аналоги в 12–30 раз.

17.3. Защита от ионизирующего излучения

Ионизирующими называют излучения, которые, проходя через среду, вызывают ее ионизацию. Различают два вида таких излучений: корпускулярное и фотонное. Корпускулярное излучение состоит из частиц с массой покоя, отличной от нуля: ядер гелия (α -излучение), электронов или позитронов (β -излучение), протонов, нейтронов, многозарядных ионов и продуктов ядерных реакций деления. Фотонное излучение представляет собой электромагнитное (гамма- и рентгеновское) излучение с очень малой длиной волны. Это излучение возникает при ядерных превращениях, взаимодействии элементарных частиц, изменении энергетического состояния атомных ядер.

Как уже отмечалось в гл. 5, ионизирующее излучение воздействует на биологические объекты, вызывая в них сложную цепь процессов. Основное значение в развитии радиационных поражений имеют нарушения физической регенерации клеток и тканей, а также изменения функций регуляторных систем. Важно отметить, что никакой другой вид энергии (тепловая, электрическая и др.), поглощенной биологическим объектом в том же количестве, не приводит к таким изменениям, какие вызывает ионизирующее излучение. Так, смертельная доза ионизирующего излучения для млекопитающих соответствует поглощенной энергии излучения 5 Дж/кг — тепловая энергия, заключенная в стакане горячего чая!

Количественной характеристикой взаимодействия ионизирующего излучения с веществом является *поглощенная доза излучения*, определяемая как отношение средней энергии, переданной излучением веществу в некотором элементарном объеме, к массе облученного вещества в этом же объеме. В системе СИ единицей поглощенной дозы является грей (Гр), соответствующий поглощению средней энергии излучения 1 Дж в массе вещества, равной 1 кг.

Поскольку различные виды ионизирующего излучения имеют разную степень вредного воздействия на живые организмы, то для оценки воздействия излучения произвольного состава введено понятие *эквивалентной дозы*. Эта характеристика представляет собой произведение поглощенной дозы на безразмерный коэффициент, называемый коэффициентом качества излучения. Его величина зависит от вида излучения и характера ткани или органа человеческого тела, подвергаемого облучению. Эквивалентную дозу в системе СИ измеряют в зивертах (Зв).

Источниками ионизирующего излучения являются космические лучи, природные радиоактивные вещества, содержащиеся в горных породах, почве, воде, а также техногенные радионуклиды, попадающие в окружающую среду и накапливающиеся в ней. При этом наиболее существенным (с экологических позиций) фактором воздействия на все виды животного и растительного мира является ионизирующее электромагнитное гамма- и рентгеновское излучение, обладающее высокой проникающей способностью и распространяющееся на большие расстояния.

Естественный радиоактивный фон вблизи земной поверхности составляет от 3 до 25 мкР/ч. Для человека безопасной считается мощность дозы, в 250 раз превышающая естественное радиоактивное излучение. Основные дозы облучения населения обусловлены естественным фоном (в среднем около 1 мЗв/год). медицинскими

процедурами (в среднем также около 1 мЗв/год) и радоном. По различным оценкам, в ряде регионов России порядка 2 млн человек получают за счет радона дозы облучения до 10 мЗв/год. Нижний уровень развития легкой формы лучевой болезни возникает при эквивалентной дозе облучения приблизительно в 1 Зв.

В табл. 17.3 приведены данные по фоновому годовому облучению тела человека различными источниками.

Таблица 17.3

Облучение тела человека ионизирующим излучением, полученным от различных источников

Источник излучения	Доза, %
Естественные источники	78
Искусственные источники	22
В том числе:	
медицинские процедуры	20,7
выбросы от испытаний ядерного оружия	0,4
телевидение, авиация, светящиеся циферблаты	0,4
промышленное производство	0,4
выбросы АЭС	0,1

Таким образом, дозы естественного излучения являются значительно более высокими, чем те, которые обусловлены техногенными источниками. Исключение составляют медико-радиологические обследования и процедуры

Допустимые уровни воздействия ионизирующего излучения техногенного происхождения (без учета доз, получаемых от естественного фонового облучения и медицинских процедур) в России регламентируются нормами радиационной безопасности НРБ-76/87. В соответствии с этими нормативами лица, не работающие непосредственно с источниками ионизирующих излучений, делятся на две категории:

- категория Б – ограниченная часть населения, которая по условиям проживания или размещения рабочих мест может подвергаться воздействию источников излучения;
- категория В – население страны, республики, края или области.

Для лиц категории Б нормами установлен предел дозы (ПД) облучения за календарный год. Под этой величиной понимают наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не может вызвать

в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. Основные дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения для различных групп критических органов приведены в табл. 17.4.

Таблица 17.4

Пределы дозы облучения за календарный год для лиц категории Б

Группа критических органов	Органы и ткани человеческого организма	ПД, Зв/год
I	Все тело, гонады (половые органы), красный костный мозг	0,005
II	Мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие и другие органы, за исключением тех, которые относятся к I и III группам	0,015
III	Кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы	0,03

Надзор за дозой облучения и поступлением радионуклидов в организм осуществляется путем проведения контроля радиационной обстановки в месте проживания.

Основным направлением защиты населения категорий Б и В от ионизирующих излучений является максимальное ограничение поступления в окружающую среду (атмосферный воздух, воду, почву) отходов производства, содержащих радионуклиды. С этой целью жестко регламентируется сбор, удаление и нейтрализация твердых и жидких радиоактивных отходов, а также применяются эффективные устройства пылегазоочистки.

Другим направлением является «защита расстоянием» — зонирование территории вне предприятия — источника радиоактивных выбросов. Вокруг таких предприятий создаются санитарно-защитная зона и зона наблюдения. В пределах границ санитарно-защитной зоны уровень облучения может превышать ПД. В этой зоне устанавливается режим ограничений на время пребывания и проводится радиационный контроль. Зона наблюдения — это территория, на которой прослеживается влияние выбросов предприятия и облучение проживающего населения может достигать ПД. В этой зоне проводится регулярный радиационный контроль.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под словами «биополе», «геопатогенная зона»?
2. Какими параметрами характеризуются предельно допустимые уровни звукового давления?
3. Каковы основные методы борьбы с шумом?
4. Каковы особенности защиты от инфразвука и вибраций?
5. Чем отличается виброгашение от виброизоляции?
6. Каким образом устанавливается санитарно-защитная зона вокруг высоковольтных ЛЭП и радиопередающих центров?
7. На чем основано защитное действие поглощающих и отражающих экранов?
8. Назовите разновидности ионизирующих излучений. Какое из них является наиболее существенным экологическим фактором и почему?
9. Что такое поглощенная и эквивалентная дозы излучения?
10. Назовите способы защиты от ионизирующих излучений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Деятельность человека, обеспечивающая развитие современной цивилизации, по своим масштабам и результатам огромна. Каждый может привести в доказательство этого положения десятки примеров. Однако эта деятельность, затрагивающая окружающую среду, приобретает угрожающий характер вследствие нарушений законов, действующих в экосистемах. Остановить этот процесс, обеспечив устойчивое развитие окружающего нас мира, для человека возможно лишь управлением качества окружающей среды, в том числе рациональным природопользованием.

Проблемы такого управления связаны с решением сложных задач. Эта сложность объясняется, как минимум, двумя причинами. Во-первых, процессы управления протекают в многомерном пространстве, в котором представлено множество экосистем. При этом каждая из них выделяется своим биоразнообразием, своими специфическими пищевыми цепями, особыми связями биотических и абиотических факторов. Естественно, что данные особенности не позволяют в настоящее время создать действенные приемы коррекции состояния окружающей среды, так как многие связи не изучены, а некоторые из них даже неизвестны. Во-вторых, большинство возмущений в самих экосистемах или воздействий на экосистемы извне проявляются не сразу после их привнесения, а через определенное время, иногда весьма значительное. Пример этого — процесс накопления в атмосфере Земли диоксида углерода, количество которого за последние 100 лет увеличилось на 25 % (отн.). Негативные последствия этого явления начали беспокоить научную общественность, когда возникли признаки развития парникового эффекта. Подобных примеров можно привести достаточно много. Столь длительная реакция на некоторые воздействия и возмущения затрудняет в некоторых случаях выявление и прогнозирование последствий человеческой деятельности на окружающую среду.

Вывод, который следует из сложившейся к настоящему времени экологической обстановки, связанной с развитием кризисных явлений во многих регионах нашей планеты (и в том числе в России), заключается в том, что ликвидация экологических проблем в этих регионах относится к процессам достаточно длительным во времени. Однако решения экологических проблем, какими бы сложными они ни были, должны быть найдены. При этом интеллектуальную и материальную базу таких решений составляют (и будут со-

ставлять в дальнейшем) достижения науки и техники мирового цивилизованного сообщества.

Так как основную нагрузку на окружающую среду оказывают технологии, призванные обеспечить населению Земли комфортные условия для жизни, то снижать эти нагрузки, улучшая экологическую обстановку с ограничением истощения природных ресурсов, обязаны инженеры самых различных специальностей. От технологов (представителей горных отраслей, металлургов, энергетиков, машиностроителей, химиков и др.) зависит очень многое, так как их идеи определяют основные направления технического прогресса, в том числе «залечивание ран», нанесенных окружающей среде в результате деятельности настоящего и предыдущих поколений.

До последнего времени считалось, что ученые своей деятельностью раскрывают и познают законы природы, а инженеры создают то, чего нет в природе. Этот союз следует сохранить, нацелив его деятельность на разработку таких технологий, которые способны обеспечить вовлечение в круговороты биосферы веществ, появившихся в XX в., а также создаваемых для будущего. Тем самым будут формироваться условия устойчивого существования биосферы. В этом заключается глобальная проблема.

Не менее значимой становится проблема развития экологического мировоззрения — воспитание системы взглядов на отношение людей к окружающей их природной среде, которая определяет убеждения, идеалы, принципы деятельности и потребления, что, в свою очередь, в значительной степени влияет на нормы поведения, жизненные устремления, интересы, труд и быт людей. Глобальной эта проблема является потому, что касается всего населения планеты. Независимо от вида профессиональной деятельности, уровня образования каждый житель Земли должен выработать правила поведения по отношению к окружающей среде и следовать им в жизни: в быту, на работе, во время отдыха. Процесс формирования экологического мировоззрения носит непрерывный характер; меняются лишь методы и средства передачи информации о закономерностях развития явлений и процессов в экосистемах, развиваются методы и средства оценки результатов и последствий деятельности людей в современном мире.

В решении не только глобальных, но и локальных экологических проблем особую роль приобретают знания в различных областях науки и техники, на основе которых могут быть созданы экологически чистые производства, сконструированы и построены эффективные средства контроля состояния и защиты окружающей среды,

разработаны методы прогнозирования и профилактики экологически опасных ситуаций и пр. Для конкретного решения экологических проблем необходимы значительные материальные и финансовые средства, которых, как показывает опыт многих стран, постоянно не хватает. Отсюда особенность всех инженерных решений — они должны приниматься в условиях ограниченности указанных ресурсов. В связи с этим особое значение приобретают вопросы ранжирования и установления приоритетности как самих проблем, так и тех мероприятий, которые направлены на их решение.

В принятой Правительством Российской Федерации «Экологической доктрине Российской Федерации» (2002 г.) сформулирована стратегическая программа мер в области экологии. Этот документ определяет основные направления обеспечения устойчивого развития страны и ее экологической безопасности, а также пути и средства реализации государственной политики. Среди последних важное значение отводится научному обеспечению в сфере защиты окружающей среды, а также экологическому образованию и просвещению.

Этот документ определяет также содержание многоплановых работ по защите окружающей среды, рациональному природопользованию и охране здоровья населения России. Он учитывает как интересы Российской Федерации, так и интересы международного сообщества. Конкретизация государственной политики в области экологии будет осуществляться через программы развития субъектов Российской Федерации и различных отраслей экономики. Примерами такого подхода в металлургии и энергетике могут служить утвержденные Правительством Российской Федерации «Комплекс мер по развитию металлургической промышленности Российской Федерации на период до 2010 года» и «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года».

Способность обеспечить устойчивое развитие, при котором проблемы сегодняшнего дня решаются без ущерба интересов будущих поколений, определяется технической, экономической, экологической и социальной грамотностью выпускников высших технических учебных заведений. Их непрерывно пополняемые знания и накапливаемый опыт в решении экологических проблем станут надежной гарантией улучшения качества жизни людей без нарушения потенциальных возможностей экосистем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

К главе 1

1. *Вернадский В.И.* Начало и вечность жизни. — М.: Сов. Россия, 1989. — 704 с.
2. *Шварц И.А.* Экологические закономерности эволюции. — М.: Наука, 1980. — 277 с.
3. *Экология: Учебник для вузов/ Большаков В.Н., Лобанов В.И., Островская А.В. и др.; под ред. Г.В. Тягунова, Ю.Г. Ярошенко.* — М.: Интермет-инжиниринг, 2000. — 330 с.
4. *Шилов И.А.* Экология: Учебник для вузов — М.: Высшая школа, 1997. — 512 с.
5. *Общая экология: Учебник для вузов/ Сост. А.С. Степановских.* — М.: ЮНИТИ, 2000. — 510 с.
6. *Потапов А.Д.* Экология: Учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 2000. — 446 с.
7. *Розанов С.И.* Экология: Учебник для вузов. — СПб.: Лань, 2001. — 288 с.
8. *Комов С.В.* Введение в экологию: Десять общедоступных лекций: Учеб. пособие. — Екатеринбург: УрГУ, 2001. — 224 с.
9. *Коробкин В.И., Передельский Л.В.* Экология: Учебник. — Ростов-на-Дону: ФЕНИКС, 2001. — 576 с.
10. *Эннос А.Р., Бейли С.Э.Р.* Биология окружающей среды: Пер. с англ. — М.: Колос, 1997. — 184 с.

К главе 2

1. *Экология: Учебник для вузов / Большаков В.Н., Лобанов В.И., Островская А.В. и др.; под ред. Г.В. Тягунова, Ю.Г. Ярошенко.* — М.: Интермет-инжиниринг, 2000. — 330 с.
2. *Вернадский В.И.* Начало и вечность жизни. — М.: Сов.Россия, 1989. — 704 с.
3. *Шварц И.А.* Экологические закономерности эволюции. — М.: Наука, 1980. — 277 с.
4. *Шилов И.А.* Экология. — М.: Высшая школа, 1997. — 512 с.
5. *Потапов А.Д.* Экология. — М.: Высшая школа, 2000. — 446 с.
6. *Общая экология. Учебник для вузов/ Сост. А.С. Степановских.* — М.: ЮНИТИ, 2000. — 510 с.
7. *Коробкин В.И., Передельский Л.В.* Экология: Учебник. — Ростов-на-Дону: ФЕНИКС, 2001. — 576 с.
8. *Акимова Т.А., Хаскин В.В.* Экология: Учебник для вузов. — М.: ЮНИТИ, 1998. — 445 с.
9. *Эннос А.Р., Бейли С.Э.Р.* Биология окружающей среды: Пер. с англ. — М.: Колос, 1997. — 184 с.
10. *Комов С.В.* Введение в экологию. Десять общедоступных лекций: Учеб. пособие. — Екатеринбург: УрГУ, 2001. — 224 с.
11. *Горелов А.А.* Экология: Учеб. пособие. — М.: Центр, 2000. — 240 с.
12. *Экология в России на рубеже XXI века (наземные экосистемы).* — М.: Научный мир. 1999. — 488 с.
13. *Экология: Учеб. пособие/Под ред. В.В. Денисова.* — Ростов-на-Дону: МарТ, 2002. — 640 с.

К главе 3

1. Экология: Учебник / В.Н. Большаков, В.И. Лобанов, А.В. Островская и др.; под ред. Г.В. Тягунова, Ю.Г. Ярошенко. — М.: Интермет-инжиниринг, 2000. — 330 с.
2. Гуляев С.А., Жуковский В.М., Комов С.В. Основы естествознания. — Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 1997. — 645 с.
3. Шилов И.А. Экология. Учебник. — М.: Высшая школа, 1997. — 512 с.
4. Потапов А.Д. Экология: Учебник. — М.: Высшая школа, 2000. — 446 с.
5. Общая экология: Учебник / Сост. А.С. Степановских. — М.: ЮНИТИ, 2000. — 510 с.
6. Бродский А.К. Краткий курс общей экологии: Учеб. пособие. — СПб.: ДЕАН, 1999. — 224 с.
7. Эннос А.Р., Бейли С.Э.Р. Биология окружающей среды: Пер. с англ. — М.: Колос, 1997. — 184 с.
8. Розанов С.И. Экология: Учебник для вузов. — СПб.: Лань, 2001. — 288 с.

К главе 4

1. Петров К.М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы: Учебник для вузов. — СПб.: Химия, 1997. — 352 с.
2. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания. Кн. 4: Здоровье и среда, в которой мы живем. — М.: Мир, 1995. — 191 с.
3. Алексеев В.П. Очерки экологии человека. — М.: Наука, 1993. — 191 с.
4. Гуляев С.А., Жуковский В.М., Комов С.В. Основы естествознания. — Екатеринбург: УрГУ, 1997. — 646 с.
5. Экология человека: Учебник / Под ред. Н.А. Агаджаняна. — М.: АСВ, 1997. — 312 с.
6. Петров К.М. Экология человека и культуры: Учеб. пособие. — СПб.: Химиздат, 1999. — 384 с.
7. Агаджанян Н.А., Ушаков И.Б., Торицин В.И. Экология человека: Словарь-справочник. — М.: КРУК, 1997. — 208 с.
8. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособие. — М.: ФИАР-ПРЕСС, 2000. — 320 с.
9. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания. Кн. 1: Народонаселение и пищевые ресурсы. — М.: Мир, 1995. — 191 с.
10. Яндыганов Я.Я. Экология города (проблемы, решения). — Екатеринбург: УрГЭУ, 2002. — 324 с.
11. Медведев А.И., Алдашева А.А. Экологическое сознание: Учеб. пособие. — М.: Логос, 2001. — 376 с.
12. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: Учеб. и справ. пособие. — М.: Финансы и статистика, 1999. — 672 с.
13. Хоружая Т.А. Оценка экологической опасности. — М.: Книга сервис, 2002. — 208 с.
14. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие. — М.: Высшая школа, 1998. — 287 с.

К главе 5

1. Экология: Учебник для вузов / В.Н. Большаков, В.И. Лобанов, А.В. Островская и др.; под ред. Г.В. Тягунова, Ю.Г. Ярошенко. — М.: Интермет-инжиниринг, 2000. — 330 с.

2. Охрана окружающей среды: Учебник для вузов / Сост. А. С. Степановских. — М.: ЮНИТИ—ДАНА, 2000. — 410 с.
3. Вронский В. А. Прикладная экология: Учеб. пособие. — Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. — 520 с.
4. Лозановская И. Н., Орлов Д. С., Садовникова Л. К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие. — М.: Высшая школа, 1998. — 287 с.
5. Протасов В. Ф., Молчанов А. В. Экология, здоровье и природопользование в России / Под ред. В. Ф. Протасова. — М.: Финансы и статистика, 1995. — 376 с.
6. Экология, охрана природы и экологическая безопасность: Учеб. пособие / Под общей ред. В. И. Дан-Дан. — М.: МНЭПУ, 1997. — 408 с.
7. Жигалин А. Д. Техногенные физические поля // Природа. 1993. №2. С. 15—23.
8. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. — М.: Мир, 1997. — 232 с.
9. Сподобаев Ю. М., Кубанов В. П. Основы электромагнитной экологии. — М.: Радио и связь, 2000. — 240 с.
10. Смирнов С. Н. Радиационная экология: Учеб. пособие. — М.: МНЭПУ, 2000. — 334 с.
11. Инженерная экология и экологический менеджмент/ М. В. Буторина, П. В. Воробьев, А. П. Дмитриева и др. — М.: Логос, 2002. — 528 с.
12. Тупов В. Б. Охрана окружающей среды от шума в энергетике. — М.: МЭИ, 1999. — 192 с.
13. Хван Т. А., Хван П. А. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. — Ростов-на-Дону: ФЕНИКС, 2001. — 576 с.
14. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ Под ред. С. В. Белова. — М.: Высшая школа, 1999. — 312 с.
15. Никаноров А. М., Хоружая Т. А. Глобальная экология: Учеб. пособие. — М.: ПРИОР, 2000. — 285 с.
16. Инженерная экология: Учебник / Под ред. В. Т. Медведева. — М.: Гардарики, 2002. — 512 с.

К главе 6

1. Экология: Учебник для вузов/ В. Н. Большаков, В. И. Лобанов, А. В. Островская и др.; под ред. Г. В. Тягунова, Ю. Г. Ярошенко. — М.: Интернет-инжиниринг, 2000. — 330 с.
2. Реймерс Н. Ф. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. — М.: Россия молодая, 1994. — 367 с.
3. Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир: В 2 т. — М.: Мир, 1993. — 760 с.
4. Скурлатов Ю. И., Дука Г. Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. — М.: Высшая школа, 1994. — 400 с.
5. Петров К. М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы: Учеб. пособие. — СПб.: Химия, 1997. — 352 с.
6. Стадницкий Г. В., Родионов А. И. Экология: Учеб. пособие. — СПб.: Химия, 1997. — 240 с.
7. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды: Введение в экологическую химию. — М.: Мир, 1997. — 232 с.
8. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания. Кн. 2: Загрязнение воды и воздуха. — М.: Мир, 1995. — 190 с.

9. Ревель И., Ревель Ч. Среда нашего обитания. Кн. 3: Энергетические проблемы человечества. — М.: Мир, 1995. — 291 с.
10. Зайцев В.А. Промышленная экология: Учеб. пособие. — М.: МХТИ, Дели, 1999. — 140 с.
11. Челноков А.А. Основы промышленной экологии: Учебник. — Минск: Высшая школа, 2001. — 343 с.
12. Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Черноусов П.И. Промышленность и окружающая среда: Учебник для вузов. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. — 465 с.
13. Инженерная экология: Учебник / Под ред. В.Т. Медведева. — М.: Гардарики, 2002. — 687 с.
14. Инженерная экология и экологический менеджмент / Буторина М.В., Воробьев П.В., Дмитриева А.П. и др. — М.: Логос, 2002. — 528 с.
15. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Глобальная экология: Учеб. пособие. — М.: ПРИОР, 2001. — 285 с.

К главе 7

1. Экология: Учебник / В.Н. Большаков, В.И. Лобанов, А.В. Островская и др.; под ред. Ю.Г. Ярошенко и Г.В. Тягунова. — М.: Интермет-инжиниринг, 2000. — 330 с.
2. Вронский В.А. Прикладная экология. — Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. — 520 с.
3. Яншин А.Л., Мелуа А.И. Уроки экологических просчетов. — М.: Мысль, 1991. — 429 с.
4. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Глобальная экология: Учеб. пособие. — М.: ПРИОР, 2000. — 285 с.
5. Хлебоброс Р.Т., Фет А.И. Природа и общество: Модели катастроф. — Новосибирск: Сибирский хронограф, 1999. — 344 с.
6. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособие. — М.: ФИАР-ПРЕСС, 2000. — 320 с.
7. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии: Учебник. — М.: Высшая школа, 1999. — 447 с.
8. Адушкин В.В., Александров Д.Л., Бурчик В.Н. и др. Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду: Справ. пособие. — М.: АНКИЛ, 2000. — 640 с.
9. Ситаров В.А., Пустовойтов В.В. Социальная экология: Учеб. пособие. — М.: Академия, 2000. — 280 с.
10. Малофеев А.А. Социальная экология: Учеб. пособие. — М.: Маркетинг, 2002. — 260 с.
11. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика. Т.2: Экологические катастрофы. — СПб., 2001. — 712 с.

К главе 8

1. Конституция Российской Федерации: Комментарии Конституционного Суда Российской Федерации, официальный текст принятия и вступления в силу поправок к Конституции Российской Федерации. 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Юрайт, 1999. — 160 с.
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды». 10 января 2002 г. № 7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. №2. Опубл. 14 января 2002 г. Ст. 133. С. 739—777 (офиц. изд.).

3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. №1225-р «Экологическая доктрина Российской Федерации»/Собрание законодательства Российской Федерации №36. Опубл. 9 сентября 2002 г. Ст. 3510. С. 8879–8892 (офиц. изд.).
4. *Петров В.В.* Экологическое право России: Учебник — М.: Бек, 1995. — 557 с.
5. *Ерофеев Б.В.* Экологическое право России: Учебник. 6-е изд., испр. и доп. — М.: Юриспруденция, 2000. — 448 с.
6. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов / Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Росва и др.; под ред. Л.А. Муравья. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 447 с.
7. Экологически чистое производство. подходы, оценка, рекомендации: Учеб.-метод. пособие / В.И. Лобанов, Г.В. Тягунов, Ю.Г. Ярошенко и др.; под ред. С.А. Пегова и И.С. Солобова. — Екатеринбург: УФ ЦПП, 2000. — 392 с.
8. Программа действий: Повестка дня на XXI век и другие документы конференции в Рио-де Жанейро. Женева: Центр «За наше общее будущее», 1993. — 70 с.
9. *Бринчук М.М.* Экологическое право: Учебник. — М.: Юрист, 1999. — 352 с.
10. *Ерофеев Б.В.* Экологическое право России. — М.: АСВ, 1996. — 624 с.
11. *Гусев Р.К.* Экологическое право: Учеб. пособие. — М.: КОНТРАКТ; ИНФРА-М, 2000. — 208 с.
12. *Веденин Н.Н.* Экологическое право: Вопросы и ответы. — М.: Юриспруденция, 2001. — 160 с.
13. Экологическое законодательство Российской Федерации: Сборник законов. — М.: СП6, 1998. — 409 с.
14. Экология: Юридический энциклопедический словарь. — М.: Норма, 2000. — 448 с.
15. Экологическое и земельное право: Сборник нормативных актов. — М., 2000. — 958 с.
16. *Круглов В.В.* Правовая охрана окружающей среды при эксплуатации промышленных предприятий. — Екатеринбург: Изд-во УрГЮА, 1998. — 200 с.
17. Экологическое право Российской Федерации: Сборник нормативных актов по использованию и охране природных ресурсов. 2-е изд., перераб. / Сост.: И.А. Еремичев, В.И. Решетников. — М.: Щит-М, 2003. — 218 с.
18. Экология. Учеб. пособие / Под ред. В.В. Денисова. — Ростов-на-Дону: Изд. центр «МарТ», 2002. — 640 с.

К главе 9

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» 10 января 2002 г. №7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. № 2. Опубл. 14 января 2002 г. Ст. 133. С. 739–777 (офиц. изд.).
2. *Воронцов А.И.* Рациональное природопользование: Учеб. пособие. — М.: ЭКСМОС, 2000. — 304 с.
3. *Арустамов Э.А.* Природопользование. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Дашков и К°, 2000. — 284 с.
4. *Реймерс Н.Ф.* Охрана природы, человека и среды: Словарь-справочник. — М.: Просвещение, 1992. — 320 с.
5. *Русьянова Н.Д.* Углекислотный парниковый эффект. — М.: Наука, 2002. — 316 с.
6. *Лотош В.Е.* Экология природопользования. — Екатеринбург: УрГЭУ, 2000. — 540 с.
7. *Шимова О.В.* Основы экологии и экономика природопользования. — Минск, 2001. — 286 с.

8. Инженерная экология и экологический менеджмент. Учебник для вузов / М.В. Буторина, П.В. Воробьев, А.П. Дмитриева и др. — М.: Логос, 2002. — 528 с.
9. Варламов А.А., Хабаров А.В. Экология, землепользование и охрана природных ресурсов: Учебник — М.: КОЛОС, 1999. — 159 с.
10. Шахов И.С. Водные ресурсы и их рациональное использование: Учеб. пособие. — Екатеринбург: УГТУ, 2000. — 289 с.
11. Карабасов Ю.С., Чижикова В.М., Плющевский М.Б. Экология и управление: Термины и определения. — М.: МИСИС, 2001. — 256 с.
12. Экологическое право РФ: Сборник нормативных актов по использованию и охране природных ресурсов. 2-е изд., перераб. / Сост. И.А. Еремичев, В.И. Решетников. — М.: Щит-М, 2003 — 218 с.
13. Экология. Учеб. пособие / Под ред. В.В. Денисова. — Ростов-на-Дону: МарТ, 2002. — 640 с.

К главе 10

1. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология: Учебник. — Ростов -на-Дону: Феникс, 2001. — 576 с.
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» 10 января 2002 г. №7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. №2. Оpubл. 14 января 2002 г. Ст. 133. С. 739–777 (офиц. изд.)
3. Никаноров А.М., Хоружая Т.А. Экология: Учебник. — М.: ПРИОР, 1999. — 304 с.
4. Коберниченко В.Г., Подуст А.Н. Состояние и перспективы развития системы экологического мониторинга Свердловской области / Безопасность биосферы: Сб. науч. тр. — Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 1998. С. 20–29.
5. Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология: Учеб. пособие: В 2 т. Т. 1: Теоретические основы. — М.: Высшая школа, 1996. — 637 с.
6. Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология: Учеб. пособие: В 2 т. Т. 2: Справочник. — М.: Высшая школа, 1996. — 655 с.
7. Серов Г.П. Экологический аудит. — М.: Экзамен, 2000. — 768 с.
8. Измалков В.И. Экологическая безопасность, методология прогнозирования антропогенных загрязнений и основы построения химического мониторинга. — СПб.: Химия, 1994. — 131 с.
9. Майстренко В.Н., Халитов Р.З., Будников Г.И. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов. — М.: Химия, 1996. — 319 с.
10. Никаноров А.М., Циркунов В.В. Системы мониторинга качества поверхностных вод. — СПб.: Гидрометеиздат, 1994. — 207 с.
11. Как организовать общественный экологический мониторинг. Руководство для общественных организаций / Под ред. М.В. Хотулевой. — М.: Социально-экономический Союз, 1998. — 256 с.
12. Хоружая Т.А. Оценка экологической опасности. Обеспечение безопасности. Методы оценки рисков. Мониторинг. — М.: Книга сервис, 2002. — 208 с.
13. Экологическое право Российской Федерации: Сборник нормативных актов по использованию и охране природных ресурсов. 2-е изд., перераб. / Сост. И.А. Еремичев, В.И. Решетников. — М.: Щит-М, 2003.
14. Экология. Учеб. пособие / Под ред. В.В. Денисова. — Ростов-на-Дону: МарТ, 2002. — 640 с.

К главе 11

1. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, № 2. Опул. 14 января 2002 г. Ст. 133. С. 739–777 (офиц. изд.).
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. №1225-р «Экологическая доктрина Российской Федерации»//Собрание законодательства Российской Федерации. №36. Опул. 9 сентября 2002 г. Ст. 3510. С. 8879–8892 (офиц. изд.).
3. Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономика: принципы, проблемы и политика: В 2 т. / Пер. с англ. 11-е изд. – М.: Республика, 1992. Т. 1. – 399 с.; Т. 2. – 400 с.
4. Глухов В.В., Лисичкина Т.В., Некрасова Т.П. Экономические основы экологии: Учебник. – СПб.: Специальная литература, 1997. – 304 с.
5. Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Экономика природопользования: Учеб. пособие. – М.: ТЕИС, 1997. – 272 с.
6. Голуб А.А., Струкова Е.Б. Экономика природных ресурсов: Учебник. – М.: Аспект Пресс, 1998. – 319 с.
7. Основы экономики природопользования. Учеб. пособие / С.В. Макаp. – М.: ИМПЭ им. А.С. Грибоедова, 1998. – 192 с.
8. Охрана окружающей природной среды: Учеб. пособие /И.Н. Липунов, Л.В. Василенко, И.Г. Первов, и др. / Под ред. И.Н.Липунова. – Екатеринбург: УГЛТА, 2001. – 538 с.
9. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов/ Под ред. Э.В. Гирусова и В.Н. Лопатина. 2-с изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ–ДАНА, Единство, 2002. – 519 с.
10. Экологически чистое производство: Подходы, оценка, рекомендации: Учеб.-метод. пособие / Под ред. С.А. Пегова, И.С. Солобоева. – Екатеринбург: ИРА-УТК, 2000. – 392 с.
11. Гирусов Э.В., Бобылев С.Н., Новоселов А.А., Чепурных Н.В. Экология и экономика природопользования. – М.: Закон и право, 1998. – 455 с.
12. Рябчиков А.К. Экономика природопользования: Учеб. пособие. – М.: Элит-2000, 2002. – 192 с.
13. Титенберг Т. Экономика природопользования и охрана окружающей среды. – М.: ОЛМА-Пресс, 2001. – 591 с.
14. Чапек В.Н. Экономика природопользования Учеб. пособие. – М.: ПРИРОД, 2001. – 208 с.
15. Шимова О.В. Основы экологии и экономика природопользования. – Минск, 2001. – 286 с.
16. Экономика предприятия: Учебник для вузов / Под ред. Н.А. Сафронова. – М.: Юрист, 2002. – 608 с.

К главе 12

1. Гуляев С.А., Жуковский В.М., Комов С.В. Основы естествознания. – Екатеринбург: УрГУ, 1997. – 645 с.
2. Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 1992. – 62 с.
3. Проблемы экологии России / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна и В.М. Котлякова. – М.: ВНИИГИ, 1993. – 348 с.
4. Моисеев Н.Н. Собрание сочинений: В 3 т. / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна. – М.: МНЭПУ, 1996.
5. Заварзин Г.А., Котляков В.М. Стратегия изучения Земли в свете глобальных изменений. – М.: Вестник РАН, 1998. Т. 68. № 1.

К главе 13

1. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие: Учеб. пособие. — М.: Прогресс-традиция, 2000. — 416 с.
2. Агафонов Н.Т., Ислаев Р.А. Основные положения концепции перехода Российской Федерации на модель устойчивого развития. — СПб., 2000. — 76 с.
3. Наше общее будущее: Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР) — М.: Прогресс, 1989. — 372 с.
4. Программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера». — Найроби, 1974. — 83 с.
5. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и социально-технические аспекты. Экологическая безопасность, устойчивое развитие и природоохранные проблемы. — М.: МГФ «Знание», 1999. — 704 с.
6. Доклад Конференции ООН по окружающей среде и развитию. — Рио-де-Жанейро. 3–14 июня 1992 г. Distr. General/F/Conf/151/26,v/1,111,11.
7. Кондратьев К.Я., Донченко В.К. Экодинамика и геополитика. Т. 1. Глобальные проблемы. — СПб., 1999. — 1032 с.
8. Концепция экологической безопасности РФ/ Зеленый мир. 2001. № 1–2.

К главе 14

1. Штокман Е.А. Очистка воздуха. Учеб. пособие. — М.: АСВ, 1999. — 320 с.
2. Нормативно-технические документы, аппаратура, стандартные образцы для аналитического контроля за состоянием окружающей среды : Справочник/Долгирев М.Е., Лялин А.П., Слепухина И.А. и др. — М.: Химия, 1992. — 188 с.
3. Внуков А.К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов: Справочник. — М.: Энергоатомиздат, 1992. — 176 с.
4. Еремин А.И., Квашинин И.М., Юнкеров Ю.И. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. — М.: АСВ, 2000. — 176 с.
5. Израель Ю.А. Контроль окружающей среды. — М.: Гидрометеиздат, 1990. — 396 с.
6. Козлов Ю.С., Меньшова В.П., Святкин И.А. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: Учеб. пособие. — М.: Агар. Рандеву-АМ, 2000. — 176 с.
7. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 2001. — 273 с.
8. Экологические проблемы и риски воздействий ракетно-космической техники на окружающую природную среду: Справ. пособие / В.В. Адушкин, Э.Л. Александров, В.Н. Бурчик и др. — М.: Анкил, 2000. — 640 с.
9. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие. — М.: Высшая школа, 1998. — 287 с.
10. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии: Учебник. — М.: Высшая школа, 1999. — 447 с.
10. Исаев А.А. Экологическая климатология: Учеб. пособие. — М.: Научный мир, 2001. — 458 с.
11. Шведкий В.С., Ладыгичев М.Г. Очистка газов: Справ. пособие. — М.: Теплоэнергетик, 2002. — 640 с.
12. Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Черноусов И.И. Промышленность и окружающая среда. Учебник. — М.: Академкнига, 2002. — 469 с.
13. Инженерная экология: Учебник для вузов / Под ред. В.Т. Медведева. — М.: Гардарики, 2002. — 687 с.

14. Экология: Учеб. пособие / Под ред. В.В. Денисова. — Ростов-на-Дону: МарТ, 2002. — 640 с.

К главе 15

1. Соколов Л.И. Ресурсосберегающие технологии в системе водного хозяйства промышленных предприятий: Учеб. пособие. — М.: АСВ, 1997. — 256 с.

2. Шахов И.С. Водные ресурсы и их рациональное использование: Учеб. пособие. — Екатеринбург: УГТУ, 2000. — 289 с.

3. Зецкер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. — М.: Научный мир, 2001. — 328 с.

4. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. — М.: ГЕОС, 1998. — 418 с.

5. Пааль Л.Л., Кару Я.Я., Мельдер Х.А., Репин Б.Н. Справочник по очистке природных и сточных вод. — М.: Высшая школа, 1994. — 336 с.

6. Буторина М.В., Воробьев П.В., Дмитриева А.П. Инженерная экология и экологический менеджмент. — М.: Логос, 2002. — 528 с.

7. Ревель П., Ревель Ч. Среда нашего обитания. Кн. 4: Здоровье и среда, в которой мы живем. — М.: Мир, 1995. — 191 с.

8. Воронцов А.П. Рациональное природопользование: Учеб. пособие. — М.: ЭКСМОС, 2000. — 304 с.

9. Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И., Черноусов И.И. Промышленность и окружающая среда: Учебник. — М.: Академкнига, 2002. — 469 с.

10. Никаноров А.М., Шлычков В.В. Режимные и специальные виды наблюдений в мониторинге загрязнения поверхностных вод суши // Информационно-аналитический журнал «Метеоспектр». 2000. № 2. С. 162–175.

11. Промышленная экология: Каталог. Ч. 1, 2. — М.: Информэлектро, 1992. — 86 с.

12. Решение экологических проблем промышленных предприятий (технологии, оборудование очистки, доочистки выбросов, контрольно-измерительные приборы): Каталог. — М.: Институт промышленного развития «Информэлектро», 1996. — 78 с.

13. Россия. Водно-ресурсный потенциал. РосНИИВХ. — Екатеринбург: Аэрокосмоэкология, 1998. — 338 с.

14. Шахов И.С. Ресурсы поверхностных вод и их рациональное использование. — Екатеринбург: АКВА-ПРЕСС, 2000. — 289 с.

15. Инженерная экология: Учебник / Под ред. В.Т. Медведева. — М.: Гардарики, 2002. — 687 с.

16. Экология: Учеб. пособие / Под ред. В.В. Денисова. — Ростов-на-Дону: МарТ, 2002. — 640 с.

К главе 16

1. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления. Справ. изд. — М.: Интермет-инжиниринг. 2000 — 496 с.

2. Экологическое и земельное право: Сб. нормативных актов. — М., 2000. — 958 с.

3. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. — М.: ГЕОС, 1998. — 418 с.

4. Охрана окружающей среды. Учебник/ А.С.Степановских. — М.: ЮНИТИ, 2000. — 559 с.

5. Обработка и утилизация осадочных сточных вод/ С.В. Яковлев, П.С. Волков, Ю.В. Воронов, В.Л. Волков — М.: Химия, 1999. — 448 с.
6. *Варламов А.А., Хабаров А.В.* Экология, землепользование и охрана природных ресурсов: Учебник. — М.: КОЛОС, 1999. — 159 с.
7. *Воронцов А.П.* Рациональное природопользование: Учеб. пособие. — М.: ЭКСМОС, 2000. — 304 с.
8. *Арустамов Э.А.* Природопользование: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Дашков и К°, 2000 — 284 с.
9. *Родионов А.И.* Технологические процессы экологической безопасности: Учебник. — Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. — 800 с.
10. *Лотош В.Е.* Экология природопользования. — Екатеринбург: УрГЭУ, 2000. — 540 с.
11. *Баженев П.И.* Комплексное использование минерального сырья и экология: Учеб. пособие. — М.: АСВ, 1994. — 264 с.
12. Утилизация вторичных материальных ресурсов в металлургии /К.И. Черепанов, Г.И. Черныш, В.М. Динельт, Ю.И. Сухарев. Учеб. пособие. — М.: АСВ, 1994. — 264 с.
13. *Гринин А.С., Новиков В.Н.* Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка: Учеб. пособие. — М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. — 336 с.
14. *Юсфин Ю.С. Леонтьев Л.И., Черноусов П.И.* Промышленность и окружающая среда: Учебник. — М.: Академкнига, 2002. — 469 с.
15. Инженерная экология: Учебник для вузов/Под ред. В.Т. Медведева. — М.: Гардарики, 2002. — 687 с.
16. Экология: Учеб. пособие/Под. ред. В.В. Денисова. — Ростов-на-Дону: МарТ, 2002. — 640 с.

К главе 17

1. *Вронский В.А.* Прикладная экология: Учеб. пособие. — Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. — 512 с
2. *Жигалин А.Д.* Техногенные физические поля// Природа. 1993. №2. С. 15—23.
3. *Гарин В.М., Кленова Н.Д., Колесников В.И.* Экология для технических вузов. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. — 384 с.
4. *Павлов А.Д.* Воздействие электромагнитных излучений на жизнедеятельность: Учеб. пособие. — М.: Гелиос АРВ, 2002. — 224 с.
5. *Барсуков В.С.* Безопасность. технологии, средства, услуги. — М.. КУДИЦ-ОБРАЗ, 2001. — 496 с.
6. *Махмутов Н.А., Капитонов В.И.* Металлизированные ткани для защиты от электромагнитных излучений //Экология и промышленность России. 2001. № 6. С. 18—22.
7. Охрана окружающей среды: Учебник/С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др.; под.ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. — М.: Высшая школа, 1991. — 319 с.
8. *Агапов А.М., Арутюнов Р.В., Линге И.И., Осипьянц И.А.* Радиационные риски и безопасность населения// Экология и промышленность России. 2001. № 6. С. 13—17.

9. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие/ Д.А. Кривошеин, Л.А. Муравей, Н.Н. Роева и др.; под ред. Л.А. Муравья. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. — 447 с.
10. *Сподобаев Ю.М., Кубанов В.П.* Основы электромагнитной экологии. — М.: Радио и связь, 2000. — 240 с.
11. *Смирнов С.Н.* Радиационная экология: Учеб. пособие. — М.: МНЭПУ, 2000. — 334 с.
12. *Буторина М.В., Воробьев П.В., Дмитриева А.П.* Инженерная экология и экологический менеджмент. — М.: Логос, 2002. — 528 с.
13. *Тупов В.Б.* Охрана окружающей среды от шума в энергетике. — М.: МЭИ, 1999. — 192 с.
14. Инженерная экология: Учебник / Под ред. В.Т. Мсдведева. — М.: Гардарики, 2002. — 687 с.

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ

Абиосфера — часть атмосферы, не подвергавшаяся влиянию организмов или биогенных веществ как в настоящее время, так и ранее.

Абиотический фактор — условия, создаваемые неживой природой, отделенные или независимые от живой природы.

Абразия — разрушение береговой линии водных объектов в результате воздействия волн и прибоя.

Автотрофы — организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических веществ с использованием энергии Солнца (фотосинтез) или энергии, освобождающейся при химических реакциях (хемосинтез).

Агроэкосистема (агробиоценоз) — искусственно созданная человеком и регулярно поддерживаемая им неустойчивая экологическая система, функционирующая с целью производства сельскохозяйственной продукции.

Адаптация — эволюционно возникший механизм приспособления организмов к условиям внешней среды, выраженный в изменении их внешних и внутренних особенностей.

Азотобактерии — группа аэробных бактерий, способных фиксировать азот из воздуха.

Азотфиксация — процесс химического связывания азота из атмосферы в нитраты или аммиак.

Аккреция — образование Солнечной системы из облака разреженного газа и пыли.

Аккумуляция загрязнителей организмами — накопление в организмах веществ в результате усвоения ими продуктов питания.

Акселерация — интенсивный рост и созревание организма под влиянием комплекса факторов окружающей среды.

Аллелопатия — взаимное влияние организмов друг на друга за счет выделения в окружающую среду продуктов жизнедеятельности.

Амплитуда экологическая — пределы приспособления вида или сообщества организмов к условиям внешней среды.

Амфиценоз — биологическое сообщество, состоящее из организмов, характерных для соседних сообществ (лесотундра, лесостепь и др.).

Анаэробные организмы — организмы, живущие в условиях бескислородной среды.

Анемофилы — растения, опыляемые в результате переноса спор ветром.

Анемофиты — растения, предпочитающие места обитания, подверженные воздействию сильных ветров.

Анимизм — вера человека в существование духов, в одушевленность предметов, в независимость души от телесной оболочки у живых организмов.

Антропоген — название четвертичного периода, в начале которого появился человек.

Антропогенное воздействие — прямое или косвенное влияние человека на окружающую среду, вызывающее ее изменение

Антропоцентризм — воззрение, согласно которому человек является центром Вселенной и целью всех совершающихся в мире событий.

Ареал — область распространения систематической группы живых организмов (вида, рода и т. д.) или сообществ.

Аридный — определение природных зон, ландшафтов, формирующихся в условиях сухого жаркого климата с существенными колебаниями температур в течение суток.

Ассимиляция — процесс превращения организмом вещества и энергии из внешней среды в собственное тело.

Атмосфера — газообразная оболочка планеты, состоящая из смеси различных газов, паров, пылевых (аэрозольных) частиц.

Аэрация — естественное или искусственное поступление воздуха (газа) в какую-нибудь среду.

Аэроб — организм, способный жить и развиваться в среде, содержащей свободный кислород.

Аэрозоль — взвешенные в газообразной среде частицы жидких (туман) или твердых (дым, смог) веществ.

Аутоэкология — раздел экологии, изучающий взаимодействие отдельной особи, популяции или вида с окружающей средой.

Бедленд — сильно расчлененная оврагами местность, непригодная для земледелия.

Бенталь — дно океана как среда обитания донных организмов (бентоса).

Бентос — совокупность организмов, обитающих на дне водоема.

Безотходная технология — процесс производства продуктов, обеспечивающий минимальное образование отходов при высоком уровне развития науки и техники.

Биогены — вещества, в том числе химические элементы, необходимые для существования живых организмов, а также вещества, синтезируемые организмами в ходе их жизнедеятельности.

Биогеоценоз — эволюционно сложившаяся, пространственно ограниченная, однородная природная система взаимосвязанных живых организмов и окружающей их абиотической среды, характеризующаяся определенным энергетическим состоянием, обменом веществ и информацией.

Биоген — питательное вещество. Для растений это углерод, водород, азот, фосфор, кислород карбонатов, воды, нитратов, фосфатов; для животных — аминокислоты, минеральные соли, витамины.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) — количество растворенного в воде кислорода, которое необходимо живым организмам для разложения в аэробных условиях присутствующего в воде органического вещества.

Биоиндикатор — группа особей (или сообщество) растений, животных, по поведению, состоянию и наличию которых судят об изменениях в окружающей среде.

Биом — крупное системно-географическое (экосистемное) подразделение в пределах природно-климатической зоны.

Биомасса — выраженное в единицах массы (веса) или энергии количество живого вещества организмов, приходящееся на единицу площади или объема среды обитания.

Биосфера — нижняя часть атмосферы, вся гидросфера и верхняя часть литосферы Земли, населенные живыми организмами, «область существования живого вещества» (В.И. Вернадский); самая крупная экосистема Земли.

Биота — совокупность видов организмов (флоры и фауны), обитающих на какой-либо крупной территории (например, биота тундры).

Биотический — произведенный и обусловленный деятельностью живых организмов

Биотический круговорот — круговорот веществ и энергии, обусловленный жизнедеятельностью трех основных групп организмов: продуцентов (зеленые растения, осуществляющие фотосинтез, и бактерии, осуществляющие хемосинтез), консументов (растительноядные и хищные животные), редуцентов (бактерии, грибы, простейшие организмы, разлагающие органические вещества до минеральных).

Биотоп — относительно однородное по абиотическим факторам среды пространство, занятое биоценозом.

Биохора — территориальная часть биосферы, включающая группу пространственно объединенных биотопов

Биоценоз — сообщество из продуцентов, консументов и редуцентов, входящих в состав одного биогеоценоза и населяющих относительно однородное пространство (биотоп).

Вид — множество живых организмов, сходных по строению и способных скрещиваться друг с другом, давая потомство.

Возобновимые ресурсы — ресурсы, восстанавливаемые в результате естественных процессов в биосфере (например, растения).

Восстановление природных ресурсов — комплекс мероприятий, направленных на воспроизводство природных ресурсов и среды, окружающей человека.

Генетический код — информация о свойствах организма, которая передается по наследству и записана последовательностью нуклеотидов в молекулах нуклеиновых кислот.

Генотипы — вся совокупность генов особи, определяющая ее наследственные признаки.

Генофонд — совокупность генов одной группы особей (популяции, группы популяций, вида), в пределах которой они характеризуются определенной частотой повторяемости.

Гены — носители наследственности, передающиеся от родителей к потомству в составе яйцеклетки и спермы, определяющие врожденные признаки и (в некоторой степени) поведенческие особенности.

Геосистема — природная система, состоящая из взаимообусловленных компонентов, принадлежащих литосфере, гидросфере, атмосфере и биосфере, функционирующая и развивающаяся во времени как единое целое.

Гербицид — вещество, избирательно подавляющее рост сорных растений.

Геотехническая система — инженерно-технические сооружения, созданные в природно-территориальных комплексах.

Гетеротрофы — организмы, использующие для питания органические вещества, произведенные другими живыми организмами, и не способные синтезировать органические вещества из неорганических веществ.

Геоэкология — наука о взаимодействии географических (природно-территориальных комплексов, геосистем), биологических (биоценозов, биогеоценозов, экосистем) и социально-производственных систем (природно-хозяйственных комплексов).

Гигрофиты — наземные растения, предпочитающие обильно увлажненные участки мест обитания

Гидрофиты — водные растения, прикрепляющиеся к грунту и погруженные в воду только своей нижней частью.

Гормоны — природные соединения, регулирующие развитие, физиологические процессы и поведение организмов.

Гомеостаз(ис) — состояние внутреннего динамического равновесия природной системы, поддерживаемое регулярным возобновлением основных ее структур, вещество-энергетического состава и постоянной функциональной саморегуляцией во всех ее звеньях.

Гумус — органическое вещество почвы, образующееся при разложении растительных, животных остатков и продуктов жизнедеятельности организмов.

Деградация среды — постепенное ухудшение свойств среды (почвы, воздуха, гидросферы), вызываемое изменениями внешних условий за счет естественных и (или) антропогенных воздействий.

Детрит — органическое вещество, образующиеся в результате гибели живых организмов

Детритофаг — организм (термит, гриб, бактерия), получающий биогенные элементы и энергию за счет питания детритом.

Денудация — совокупность процессов переноса продуктов выветривания горных пород водой, ветром, действием сил тяжести на склонах и т. п.

Дигрессия — ухудшение состояния экосистем под воздействием факторов среды или деятельности человека.

Естественный отбор — процесс преимущественного выживания и оставления потомства теми особями данного вида организмов, которые в результате наследственной изменчивости и борьбы видов лучше приспособляются к условиям окружающей среды.

Живое вещество — совокупность всех живых организмов в биосфере.

Живучесть экосистемы — способность экосистемы выдерживать существенные изменения в состоянии окружающей среды, в том числе воздействия антропогенных нагрузок.

Жизненный цикл — совокупность стадий развития организма от взрослой особи одного поколения до взрослой особи другого поколения.

Загрязнение — привнесение в окружающую среду вещества и (или) энергии, нарушающих сложившееся динамическое равновесие.

Загрязнение антропогенное — загрязнение, возникающее в результате деятельности человека и оказывающее прямое или косвенное влияние на экосистемы.

Загрязнение биологическое — случайное или возникающее вследствие деятельности человека проникновение в экосистемы животных или растений, чуждых естественным сообществам.

Загрязнение биотическое — распространение нежелательных с точки зрения человека биогенных веществ на территориях, где они ранее не наблюдались.

Загрязнение механическое — внесение в окружающую среду избыточных количеств энергии или вещества, оказывающих механическое воздействие без физико-химических превращений (например, вибрации технических устройств, засорение территории парка мусором).

Загрязнение акустическое (шумовое) — физическое загрязнение, возникающее в результате увеличения частоты и интенсивности шума сверх естественного (природного) уровня.

Загрязнение радиоактивное — воздействие на окружающую среду, превышающее естественный уровень активности веществ в экосистемах.

Загрязнение химическое — нарушение естественных химических характеристик среды вследствие изменения концентрации природных компонентов или привнесения в нее химических элементов, которые не присущи данной среде в естественных условиях.

Засоление — повышение концентрации солей, обладающих повышенной растворимостью в почве или в водном бассейне.

Зона экологического риска — территория суши или части водного объекта, на которой антропогенный фактор может создавать опасные экологические ситуации с превышением ПДК в 2 и более раз.

Зона экологического бедствия — территория с существенными и устойчивыми загрязнениями (содержание загрязняющих веществ превышает 10 ПДК), разрушительной потерей продуктивности видов и необратимой трансформацией экосистем, практически полностью исключающей их из хозяйственного использования.

Зона экологического кризиса — территория с сильным загрязнением окружающей среды, превышающим ПДК в 5 и более раз, для которой характерно резкое снижение продуктивности экосистем. Возможно лишь выборочное хозяйственное использование земель и водных объектов. Нарушения ландшафтов носит трудно обратимый характер.

Инвентаризация природных ресурсов — учет количества, качества, динамики и степени эксплуатации ресурсов природы.

Интродукция — внедрение в биосферу и агроценозы какого-либо нового вида живых организмов.

Карст — явление растворения природными водами горных пород (известняков, доломитов, гипсов, калийных солей и др.), а также комплекс форм рельефа, образующихся в результате процессов растворения солей в областях их распространения.

Кадастр — систематизированный свод данных, содержащих количественную и качественную описи объектов и явлений с их социально-экономической оценкой.

Катастрофа экологическая — природная аномалия, возникающая в результате прямого или косвенного антропогенного воздействия на природные процессы и приводящая к серьезным экономическим последствиям, а также к гибели людей.

Качество окружающей среды — степень соответствия факторов окружающей среды естественным условиям существования живых организмов и людей, включая и удовлетворение их потребностей.

Кислотные осадки — любые атмосферные осадки (дождь, снег, туман), кислотность которых выше «нормальной» кислотности для естественных условий среды.

Климакс — финальная относительно устойчивая фаза естественного развития биогеоценоза или растительного сообщества, наиболее соответствующая экологическим характеристикам данной местности в определенный период геологического времени.

Конкуренция — использование природных ресурсов (пища, свет, вода, пространство) каким-либо живым организмом для его жизнедеятельности с уменьшением доступности к данным ресурсам для других организмов.

Консументы — живые организмы, питающиеся готовым органическим веществом.

Круговорот веществ — закономерный процесс многократного участия живых организмов и веществ в процессах, протекающих в биосфере.

Ландшафт — объективно существующий природно-территориальный комплекс, который качественно отличается от соседствующих с ним.

Ландшафт естественный — объективно существующий природно-территориальный комплекс, сформированный в естественных условиях.

Ландшафт природно-антропогенный — ландшафт, в котором в результате ликвидации коренных растительных сообществ человеком активизированы природные процессы, которые частично проявляются в исходном естественном ландшафте (овраги в степи, солончаки в пустыне и др.).

Ландшафт культурный — ландшафт, целенаправленно созданный в результате антропогенной деятельности, обладающий полезными для человека структурой и функциональными характеристиками (например, лесопарк).

Лимитирующий фактор — воздействие живой или неживой природы на среду, ограничивающее рост и размножение живых организмов и их популяций.

Литосфера — верхняя оболочка земного шара, включающая земную кору и верхнюю часть мантии планеты, населенная живыми организмами.

Мезосфера — слой атмосферы, расположенный под стратосферой на средней высоте 40–80 км от поверхности Земли.

Метаболизм — совокупность физико-химических превращений, протекающих в организме при воздействии внешней среды.

Мониторинг — слежение за изменениями состояния объектов окружающей среды и явлениями в экосистемах, оценка тенденций в изменениях и прогнозирование ситуаций в биосфере и ее элементах.

Мутация — случайное изменение генетической структуры организма, приводящее к количественным и качественным изменениям в последующих поколениях.

Надежность природной системы — способность природной системы к функционированию в настоящем и будущем без изменения ее структуры и функций.

Невозобновляемые ресурсы — ресурсы, запасы которых не могут быть возобновлены в ходе естественных процессов после их истощения (нефть, уголь, руды черных и цветных металлов и др.).

Неисчерпаемые ресурсы — источники вещества и (или) энергии, которые в прогнозируемом будущем не могут быть израсходованы. В качестве таких ресурсов условно принимают, например, энергию Солнца, ветра, приливных течений и др.

Нектон — обитатели водоемов, способные к активному передвижению на значительные расстояния с помощью мускульных усилий.

Ниша (экологическая) — совокупность естественных связей живого организма с факторами среды его обитания, обеспечивающими в течение длительного периода благоприятные условия для жизнедеятельности.

Ноосфера (сфера разума) — гипотетическая стадия развития биосферы в будущем, когда разумная деятельность людей станет главным определяющим фактором ее устойчивого развития.

Озоновый экран — слой атмосферы с наибольшей концентрацией озона, расположенный на высоте в среднем 20–25 км над поверхностью Земли, поглощающий жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца (гибельное для живых организмов).

Окружающая среда — совокупность компонентов природной среды, природных, природно-антропогенных и антропогенных объектов.

Опустынивание — потеря определенной территории сплошной растительности с дальнейшей деградацией, приводящей к невозможности ее восстановления без участия человека.

Онтогенез — индивидуальное развитие особей либо с момента оплодотворения яйцеклетки, либо от начала самостоятельной жизни органа вегетативного размножения, либо от деления материнской клетки до естественной смерти или нового деления.

Паразит — организм, питающийся ресурсами другого организма (хозяина), которому наносится вред, чаще всего не приводящий к летальному исходу.

Парниковый эффект — разогрев приземного слоя атмосферы за счет излучения земной поверхностью тепловой энергии в длинноволновом диапазоне. Главной причиной данного явления является обогащение атмосферы газами, поглощающими тепловое излучение. Наиболее важную роль здесь играет повышение содержания углекислого газа (CO_2) в атмосфере.

Патоген — болезнетворный организм, обычно микроб.

Пирамида экологическая — графическое изображение соотношения между продуцентами и консументами разных порядков, выраженное в единицах биомассы (пирамида биомасс), числа особей (пирамида чисел) или заключенной в массе живого вещества энергии (пирамида энергий).

Пищевая (трофическая) **цепь** — цепь питания, обуславливающая взаимоотношения между организмами в процессе переноса вещества и энергии при реализации биохимического круговорота веществ.

Планктон — совокупность свободно плавающих в толще воды организмов, не способных к самостоятельному передвижению на значительные расстояния.

Популяция — способная к самовоспроизведению совокупность особей одного вида, находящихся во взаимодействии между собой и особями других видов, совместно населяющих общую территорию.

Пороговый уровень — максимальное содержание примеси, которое переносится организмом без ущерба для него.

Пределы устойчивости — экстремальные значения факторов, при выходе за пределы которых организмы или популяции не способны к выживанию.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — содержание данного вещества в окружающей среде, безопасное для здоровья человека и его последующих поколений.

Природопользование — отрасль знаний, изучающая теорию и практику рационального использования природных ресурсов.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) — максимальный объем вещества, поступающего в окружающую среду за единицу времени, не ведущий к превышению его предельно допустимой концентрации (ПДК) с учетом фонового содержания данного вещества в атмосфере.

Предельно допустимый сброс (ПДС) — максимальный объем сброса сточных вод в водный объект за единицу времени, не приводящий к превышению концентрации примеси в воде над ПДК этой примеси с учетом ее фонового содержания в водном объекте.

Природная среда — совокупность биотических и абиотических факторов — естественных и измененных деятельностью человека, отличающаяся от окружающей среды свойством саморегуляции и самоподдержания без участия человека.

Природно-территориальный комплекс — исторически сложившаяся пространственно обособленная единая система, сформировавшаяся путем развития элементов биосферы.

Природно-хозяйственный комплекс — элементарная единица, относящаяся преимущественно к одному типу рельефа, однородная как при использовании в техногенной деятельности, так и при хозяйственном функционировании (городской сквер, квартал городской жилой застройки).

Продуктивность — биомасса, производимая популяцией или сообществом живых организмов на единице площади ареала обитания за единицу времени.

Продуценты — автотрофы и хемотроты, производящие органические вещества из неорганических.

Редуценты — организмы, превращающие органические остатки в неорганические вещества.

Саморегуляция — способность экосистемы к восстановлению баланса внутренних свойств после воздействия природного или антропогенного факторов.

Селитебная территория (зона) — жилая зона, район населенного пункта (города), предназначенный исключительно для размещения жилищ.

Сель — поток грязи и камней, возникающий внезапно на горных склонах в руслах горных рек в результате мощного паводка, вызванного ливневыми осадками.

Симбиоз — взаимоотношения организмов разных систематических групп, связанные с взаимовыгодным существованием особей двух и более видов (например, грибов и микроорганизмов в теле лишайника).

Сингузия — структурная часть сообщества организмов, образованная одной или несколькими формами близких организмов, схожих по внешнему виду, ритмам развития, экологии (например, в тайге выделяются сингузии деревьев, кустарников, мхов и лишайников).

Синэкология — раздел экологии, исследующий взаимоотношения сообществ организмов (биоценозов) со средой их обитания.

Солифлюкция — вязкопластическое течение переувлажненных тонкодисперсных грунтов и почвы на склонах при их промерзании, протаивании и действии силы тяжести.

Социосфера — часть географической оболочки Земли, включающая, наряду со сферой природных ландшафтов, человеческое сообщество.

Стандарты качества среды — устанавливаемые международными, государственными и региональными органами управления требования к качеству окружающей среды (например, нормативы ПДК загрязнителей в атмосферном воздухе, гидросфере и литосфере, нормы радиационной безопасности и др.)

Среда внешняя — пространство, в пределах которого через изменение вещества и энергии проявляются силы и явления природы, а также результаты любой деятельности людей.

Сукцессия — последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории в результате действия природных факторов или человеческой активности.

Суффозия — проседание грунтов с формированием на поверхности земли замкнутых впадин из-за выноса растворенных веществ и мелкодисперсных частиц грунта из толщи пород подземными водотоками.

Термокарст — образование просадочных, предельных форм рельефа местности и подземных пустот в результате вытаивания подземного льда или оттаивания мерзлого грунта.

Техносфера — часть биосферы, коренным образом преобразованная человеком в инженерно-технические сооружения (города, предприятия, карьеры, шахты, дороги, плотины, водохранилища и т. п.).

Токсичность — способность вещества вызывать отравление организма.

Толерантность — способность организмов выдерживать отклонения экологических факторов от оптимальных значений.

Трофический уровень — этап движения преобразованной солнечной энергии в пищевых цепях через экосистему.

Урбанизация — процесс роста и развития городов или приобретение сельской местностью социальных характеристик, характерных для города.

Условия обитания — совокупность естественных условий и антропогенных факторов, обуславливающих существование и развитие живых организмов.

Устойчивое развитие — развитие общества, которое удовлетворяет потребности настоящего времени и не ставит под угрозу возможность для будущих поколений удовлетворять свои потребности.

Фактор экологический — любой фактор среды, на который живой организм реагирует приспособительными реакциями.

Флора — исторически сложившаяся совокупность всех видов растений, обитающих на данной территории.

Фауна — исторически сложившаяся совокупность всех видов животных, обитающих на данной территории.

Фитофаг — растительноядный организм.

Фотосинтез — окислительно-восстановительные реакции синтеза органических веществ с помощью световой энергии.

Фотохимический смог — загрязнение воздуха газовыми и аэрозольными примесями при химических реакциях оксидов азота с углеводородами, идущих под действием излучения Солнца (типичное проявление в местах интенсивного движения автотранспорта в жаркие солнечные дни).

Хемосинтез — процесс синтеза органических веществ из углекислого газа за счет окисления аммиака, сероводорода и других веществ, осуществляемый микроорганизмами.

Хемотроф — организм, синтезирующий органическое вещество из неорганических в процессе хемосинтеза.

Хищничество — поедание одного организма (жертвы) другими организмами (хищниками).

Эволюция — необратимое и, в известной мере, направленное историческое развитие живой природы, сопровождающееся изменением генетического состава популяций, формированием адаптаций, появлением и вымиранием видов, преобразованием биогеоценозов и биосферы в целом.

Экологическая система (экосистема) — совокупность живых организмов и среды их обитания, исторически объединенные в единое функциональное целое причинно-следственными связями и механизмами материального, энергетического и информационного обмена между отдельными средообразующими компонентами.

Экзогенный процесс — геологический процесс, происходящий с выделением вещества и энергии у поверхности Земли под действием излучения Солнца, силы тяжести и деятельности организмов (например, процессы выветривания, эрозии, схода ледников).

Эндогенный процесс — геологический процесс, происходящий за счет энергии, выделяющейся при физико-химических превращениях в недрах Земли (магматические, тектонические, метаморфические превращения, сейсмическая активность).

Экология — наука о взаимоотношениях организмов и образуемых ими сообществ с абиотическими и биотическими факторами

Экология человека — наука, рассматривающая биосферу как экологическую нишу человечества, изучающая природные, социальные и экономические условия в качестве факторов среды обитания человека, которые обеспечивают его нормальное развитие и воспроизводство.

Экосистема — комплекс, в котором между биотическими и абиотическим компонентами происходит обмен веществом, энергией, информацией.

Энтропия — мера необратимого рассеяния энергии, мера энергетического равновесия, упорядоченности системы.

Эрозия — процесс разрушения земной поверхности под воздействием водных или ветровых потоков.

Ярусность — вертикальное расслоение растительного сообщества (или экосистемы) на горизонты, слои, полои и другие структурно-функциональные толщи.

Учебное издание

В.Н. Большаков, В.В. Качак, В.Г. Коберниченко, В.И. Лобанов,
А.В. Островская, В.Л. Советкин, Л.В. Струкова, Г.В. Тягунов,
Г.Д. Харлампович, И.Ю. Ходоровская, И.С. Шахов, Ю.Г. Ярошенко

ЭКОЛОГИЯ

Учебник

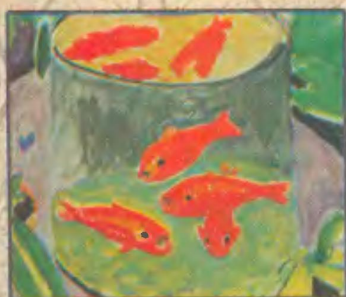
Редактор *С.М. Прокофьев*
Корректор *О.И. Картамышева*
Компьютерная верстка *О.Г. Лавровой*
Оформление *Т.Ю. Хрычевой*

Подписано в печать 11.10.2004. № 12и. Формат 60х90/16
Печать офсетная. Гарнитура Школьная
Печ. л. 31,5. Тираж 3000 экз. Заказ № 1048

Издательско-книготорговый дом «Логос»
105318, Москва, Измайловское ш., 4

Отпечатано с готовых диапозитивов
во ФГУП ИПК «Ульяновский Дом печати»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

По вопросам приобретения литературы обращаться по адресу:
105318, Москва, Измайловское ш., 4
Тел./факс: (095) 369-5819, 369-5668, 369-7727
Электронная почта: universitas@mail.ru
Дополнительная информация на сайте <http://logosbook.ru>



Раскрыты предмет и основное содержание экологии. Описаны структура биосферы, закономерности существования и развития экосистем, взаимоотношения организма и среды, экология и здоровье человека, глобальные проблемы окружающей среды. Приведены подходы к моделированию экологических ситуаций, сценарии выхода из экологических кризисов. Освещены основы экологического права, управления качеством окружающей среды. Изложены концепция устойчивого развития, сведения об антропогенном и естественном загрязнении окружающей среды, инженерных методах и средствах ее защиты.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям и специальностям техники и технологии. Представляет интерес для исследователей проблем экологии, специалистов организаций в области защиты окружающей среды.

ISBN 5-94010-364-2



9 785940 103646