

В.А. Ветров, С.В.Казаков



**ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И ЯДЕРНАЯ
ЭНЕРГЕТИКА
В РОССИИ**

Мы переходим сейчас в новую фазу культуры, в которой ответом на вопросы будут не утверждающие высказывания, а новые, более глубоко сформулированные вопросы.

В.В. Налимов «Канатоходец»

В.А. Ветров, С.В. Казаков

Природопользование и ядерная энергетика в России

Атомэнергоиздат
Москва
2010

УДК 621.039
ББК 31.4
В 34

Ветров В.А., Казаков С.В. Природопользование и ядерная энергетика в России. – М.: Атомэнергоиздат, 2010. – 416 с.: ил.
ISBN 5-98535-012-6

Монография содержит материалы, характеризующие мировое и национальное (для России) состояние природопользования в 2008–2009 годах. Рассмотрен весь комплекс проблем окружающей (природной) среды и природных ресурсов: глобальный экологический кризис; защита окружающей среды и экологическое нормирование антропогенной нагрузки; состояние природных ресурсов в России и экономические механизмы регулирования их потребления; загрязнение окружающей среды в России и подходы к его ограничению; экономические механизмы взимания платы за экологический ущерб; роль ядерной энергетики в устойчивом развитии общества и перспективные подходы к регулированию природопользования.

Книга предназначена для экономистов, экологов и всех тех, кто интересуется современным состоянием природопользования в мире и в России, а также передовыми идеями в области развития ядерной энергетики и устойчивого развития общества. Она может быть полезна широкому кругу читателей, интересующихся вопросами мировоззрения в области отношений человека и природы.

УДК 621.039
ББК 31.4

Nature Use and Nuclear Power Industry in Russia
V.A. Vetrov, S.V. Kazakov

The monograph presents data describing the world and national (Russia) state of nature use in 2008-2009 and addressing the whole set of environmental and natural resource issues. One of the main objectives is to apply innovative ideas and approaches in the nature use to the development of nuclear power industry in Russia. The contents of the book covers a wide variety of nature use issues: global environmental crisis; environmental protection and environmental load rationing; the state of natural resources in Russia and economic regulations of resource consumption; environmental pollution in Russia and ways to reduce it; economic mechanisms of charging environmental liabilities. In conclusion, the role of nuclear power industry in sustainable development and promising approaches to nature use regulation are considered.

The book is intended for those who are interested in the current state and innovative ideas concerning nature use in the world and Russia from the viewpoint of nuclear power industry and sustainable development. It might be of use for economists, ecologists and a wide range of readers concerned about worldwide relations in the «man and nature» domain.

ISBN 5-98535-012-6

© Ветров В.А., Казаков С.В., 2010
© Атомэнергоиздат, 2010

Список сокращений

АИЭ	– альтернативные источники энергии
АТР	– Азиатская территория России
А-ТР	– Азиатско-Тихоокеанский регион
АТЭЦ	– атомная тепло-электроцентраль (см. ТЭЦ)
АЭС	– атомная электростанция
БЗ	– биосферный заповедник
БН	– базовый норматив (платы за загрязнение ОС)
БПК	– биологическое потребление кислорода (показатель содержания в воде легкоокисляемых органических веществ, ЛОВ)
ВВП	– валовый внутренний продукт (стоимость товаров и услуг, произведенных за год в пределах национальных границ страны)
ВЗ	– высокое загрязнение (критерий уровня загрязнения)
ВИЭ	– возобновимые источники энергии
ВМО	– Всемирная метеорологическая организация
ВНП	– валовый национальный продукт (ВВП плюс зарубежные инвестиции страны минус иностранные инвестиции в экономику)
ВХВ	– вредные химические вещества
ГАЭС	– гидроаккумулирующая электростанция
ГН	– гигиенические нормативы
ГРЭС	– Государственная региональная электростанция
ГСА	– Глобальная служба атмосферы
ГУЛФ	– Государственное управление лесным фондом РФ
ГЯЭП	– Глобальное ядерно-энергетическое партнерство
ДС	– дифференцированная ставка (платы за загрязнение ОС)
ДЭН	– допустимая экологическая нагрузка
ЕГРЗ	– Единый государственный реестр земель
ЕТР	– Европейская территория России
ЕЭС	– Европейское экономическое сообщество
ЖКХ	– жилищно-коммунальное хозяйство
ЗВ	– загрязняющее (-ие) вещество (-а)
ИЗА	– индекс загрязнения атмосферы
ИЗВ	– индекс загрязненности вод
ИЗЭ	– исключительная экономическая зона (для рыболовства в пограничных морях)
КИЗА	– комплексный индекс загрязнения атмосферы
КЭС	– конденсационная электрическая станция
ЛОВ	– легкоокисляемые органические вещества
ЛОС	– легкоокисляемые органические соединения
МГЭИК	– Межправительственная группа экспертов по изменению климата
МПР	– Министерство природных ресурсов РФ
МЭА	– Международное энергетическое агентство
НМД	– нормативно-методический документ
НП	– нефтепродукты

НРБ	- нормы радиационной безопасности
НУ	- нефтяные углеводороды
ОБУВ	- ориентировочно безопасный уровень вмешательства
ОДУ	- ориентировочно-допустимый уровень
ОКВЭД	- Общероссийский классификатор видов экономической деятельности
ОО	- опасные отходы
ОПС	- окружающая природная среда
ОС	- окружающая среда
ОЭСР	- Организация экономического сотрудничества и развития
ОЯТ	- отработавшее ядерное топливо
ПАУ	- полициклические ароматические углеводороды
ПГ	- парниковые газы
ПГУ	- парогазовая установка
пгт	- поселок городского типа
ПДК	- предельно-допустимая концентрация
ПДВ	- предельно допустимый выброс
ППГХО	- Приаргунское производственное горно-химическое объединение
ПУВ	- производный уровень вмешательства
ПХБ	- полихлорированные бифенилы
РАО	- радиоактивные отходы
РВ	- радиоактивные вещества
РКИК	- Рамочная конвенция ООН об изменении климата
РОО	- радиационно-опасный объект
СанПиН	- санитарно-эпидемиологические правила и нормативы
СВ	- сточные воды
СЗЗ	- санитарно-защитная зона
СКФМ	- станция комплексного фонового мониторинга
СЛВ	- сверхлимитные выбросы
СНиП	- санитарные нормы и правила
СПАВ	- синтетические поверхностно-активные вещества
СПС	- социоприродная система
ТВ	- токсичные вещества
ТМ	- токсичные (техногенные) металлы (устаревший, некорректный термин - "тяжелые металлы")
ТНЭ	- тонна в нефтяном эквиваленте (затраты энергии, энергоресурсов)
ТОВ	- трудноокисляемые органические вещества
ТПП	- токсиканты промышленного происхождения
ТУТ	- тонна условного топлива (затраты энергии, энергоресурсов)
ТЭК	- топливно-энергетический комплекс
ТЭР	- топливно-энергетические ресурсы
ТЭС	- тепловая электростанция (на органическом топливе)
ТЭЦ	- теплоэлектроцентраль (разновидность ТЭС, которая производит не только электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения)
УВ	- уровень вмешательства
УКИЗВ	- удельный комбинированный (комплексный) индекс загрязненности воды

-
- Ф – фоновый уровень содержания химического вещества в почве
ФАО – Всемирная организация по сельскому хозяйству и продовольствию ООН
ФЗ – федеральный закон
ХОП – хлорорганические пестициды
ХОС – хлорорганические соединения
ХПК – химическое потребление кислорода (показатель содержания в воде трудноокисляемых органических веществ, ТОВ)
ЭВЗ – экстремально высокое загрязнение (критерий уровня загрязнения)
ЭДУ – экологически допустимые уровни
ЮНЕП – Программа ООН по охране окружающей среды
ЯТ – ядерное топливо
ЯТЦ – ядерный топливный цикл
ЯЭ – ядерная энергетика
EPA – US Environment Protection Agency, Агентство по охране окружающей среды США
INES – Международная шкала ядерных событий
WWF – Всемирный фонд дикой природы

ВВЕДЕНИЕ

Прошедший век показал, что большинство научно обоснованных оптимистических прогнозов развития общества, государства и человеческой цивилизации не оправдались или оправдались только частично. Интенсивное развитие научных исследований в середине XX века, ускоренный научно-технический прогресс обещали к его концу решить основные глобальные проблемы человечества – обеспечение теплом и энергией, продовольствием и жильем, медицинским и социальным обслуживанием, сохранить и улучшить состояние окружающей среды.

Но промышленное производство, сконцентрировав в себе огромные ресурсы различных видов энергии, вредных веществ и материалов, стало постоянным источником серьезной опасности для окружающей среды и биосферы в целом. Постоянное стремление человека к наиболее полному удовлетворению своих материальных и духовных потребностей привело к экспоненциальному росту производства и как следствие к резкому повышению уровня антропогенной нагрузки на природные ресурсы. Проведенные Всемирным банком расчеты на основе методики истинных сбережений показали значительное расхождение традиционных экономических и экологически скорректированных показателей. Прямой экологический ущерб, связанный с загрязнением окружающей среды, в передовых странах составляет 4–6% валового национального продукта, что означает уменьшение совокупного капитала общества во времени.

В конце XX века началась революционная перестройка мировоззрения в отношении человека с природой, которая продолжается в наши дни в условиях нарастающего кризиса этих отношений. Исторической вехой в осознании планетарного экологического кризиса стала концепция экологически устойчивого развития, сформулированная Международной комиссией по окружающей среде и развитию (доклад «Наше общее будущее», или «доклад Брундтланд», 1987 год).

В настоящее время в России и в мире сложилась непростая ситуация в таких трудно определяемых областях, как «охрана (защита) окружающей среды», «рациональное использование природных ресурсов», «устойчивое развитие» и т.п. Для гармонизации взаимодействия общества с природой требуется объективная оценка последствий влияния человека на окружающую среду в двух базовых взаимосвязанных параметрах – экологическом и экономическом.

Весь комплекс сложных и взаимозависимых проблем окружающей (природной) среды и природных ресурсов мы объединяем в рамках общего понятия «природопользование». Данным проблемам в России и в мире посвящено огромное число публикаций, содержащих практически необозримое количество информации в этой области. Однако лишь в малом числе работ вопросы природопользования рассматриваются с позиций передовых идей и современных представлений об источниках экологического кризиса и путях его преодоления.

Как видно из названия книги, в рамках природопользования не рассматривается человеческий ресурс – хотя на путях преодоления экологического кризиса он играет решающую роль сейчас и в будущем. Известно, что инвестиции в социальную сферу более эффективны, чем вложения в материальное производство. Тем не менее, по мнению ведущих российских демографов (см., например, В.П. Казначеев и др. «Проблемы сфинкса XXI века», Новосибирск, 2000), человеческий капитал в России по мере постиндустриального перехода быстро деградирует. Если в господствующей в современном обществе парадигме главной целью является производство, а человек и этнос – только «средство», то сегодня в России мы стоим на пороге исчезновения демографического ресурса нации. Но это – тема отдельного исследования.

Содержание книги можно представить как изложение фактов, характеризующих мировое и национальное (для России) состояние природопользования, которые служат для иллюстрации и обоснования передовых идей, концепций и подходов к решению проблемы равновесия общества и природы. Фактологическое наполнение книги включает в себя как материалы ведущих зарубежных исследований в области мировых природных ресурсов (например, монографию «Пределы роста» Донеллы Медоуз и др., 2007), так и данные отечественных официальных источников – таких, как ежегодные государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» (Минприроды РФ). Идеологическая часть работы построена как аналитический обзор имеющихся данных, идей и концепций в основных областях природопользования в России и за рубежом по материалам многочисленных отечественных и зарубежных публикаций, в том числе и оригинальных работ авторов этой книги, содержащих критическую оценку состояния проблем.

В настоящее время большинство высокоразвитых стран в качестве одного из основных условий устойчивого экономического роста и повышения качества жизни принимают стабильное и гарантированное обеспечение экономики энергоресурсами. Обеспечение энергией давно признано важнейшей задачей любого сценария развития. Одной из главных задач работы было приложение современных идей и подходов в области природопользования к решению проблем ядерной энергетики в России, играющей важную роль в устойчивом развитии экономики страны. Многолет-

ний мировой опыт эксплуатации объектов ядерной энергетике показывает, что в нормальном режиме их радиационное воздействие весьма мало по сравнению с естественным фоном и не оказывает значимого влияния на состояние окружающей среды. Также хорошо известно, что ядерная энергетика имеет ряд принципиальных преимуществ перед другими источниками энергии. Ядерная энергетика в отличие от энергетике на органическом топливе не вызывает нарушений биогеохимических циклов кислорода, углекислого газа, серы, азота.

Идея книги возникла из нескольких аналитических работ в различных аспектах природопользования применительно к ядерной энергетике России, подготовленных авторами в 2001–2008 годах в Институте безопасного развития атомной энергетике РАН и в Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. Наиболее значимые работы – «Риск радиоактивного загрязнения окружающей среды от радиационно-опасных объектов», «Атомная энергетика: новая парадигма взаимодействия общества и природы и перспективы устойчивого развития», «Регулирование природопользования в России в современный период (экология)», «Роль ядерной энергетике в обеспечении экологически безопасного энергопроизводства и устойчивого развития региона».

Каждая из этих работ неизбежно выходила за рамки своей темы, поэтому содержание книги охватывает широкий круг вопросов природопользования:

- кризис в отношениях общества и природы – глобальный экологический кризис;
- ограничение антропогенного воздействия на природные ресурсы («защита окружающей среды»);
- экологическое нормирование антропогенной нагрузки;
- состояние природных ресурсов в России в современный период;
- экономические механизмы регулирования потребления природных ресурсов;
- загрязнение окружающей среды в России в настоящее время;
- современные подходы к ограничению загрязнения окружающей среды;
- действующий экономический механизм взимания платы за загрязнение окружающей среды и другие виды экологического ущерба;
- зарубежный опыт экономической оценки ущерба от воздействия на природную среду;
- роль ядерной энергетике в устойчивом развитии общества;
- перспективные подходы к регулированию природопользования.

В соответствии с перечисленными темами книга разделена на 11 глав.

В гл. 1 «Кризис в отношениях общества и природы – глобальный экологический кризис» рассмотрены наиболее важные темы, характеризующие состояние глобальной экономики: пределы роста, глоба-

лизация, отходы, ресурсы. *Изменение климата* считается наиболее серьезной угрозой необратимых изменений в биосфере Земли со стороны человека. В проблеме устойчивого развития нами обозначены концептуальные (понятийные) неопределенности и вопросы, требующие фундаментального исследования.

В гл. 2 «Проблема ограничения антропогенного воздействия на природные ресурсы (защита окружающей среды)» ведущей темой служит определение основных понятий, терминов и проблем, относящихся к негативному воздействию хозяйственной деятельности на природную среду и ресурсы. Другая не менее важная тема – деление природных и антропогенных систем на категории по степени хозяйственного освоения. Рассматривается также вопрос количественной (экономической) оценки экологического ущерба от хозяйственной деятельности на основе новых методологических подходов. Краткий обзор состояния знаний и идей в сфере *защиты окружающей среды* дает основу для решения задач в области так называемого *экологического нормирования*, ограничения «*антропогенного воздействия*» и т.п.

Гл. 3 «Проблема экологического нормирования» – это ретроспективный обзор идей примерно 30-летней давности, которые, несмотря на отсутствие должного внимания исследователей, не утратили своей актуальности. Остается открытым и малоисследованным определение количественных критериев пограничных состояний биологических систем, разделяющих состояния «нормы» и «патологии». Здесь же дан краткий обзор современных идей о допустимом антропогенном воздействии на экосистемы всех рангов. Рассмотрена проблема соотношения природных и нарушенных экосистем – фундаментального условия сохранения структуры и видового разнообразия природных систем.

Гл. 4 «Состояние природных ресурсов России в современный период» написана в форме довольно детального обзора материалов официальных источников и многочисленных публикаций за последние 10–15 лет. Возобновляемые природные ресурсы, минеральное сырье и энергетические ресурсы оцениваются по их запасам, потреблению и степени деградации (истощения) в 2006–2008 годах. В случае недостатка или отсутствия современных данных использовались более ранние оценки при условии относительного постоянства рассматриваемых параметров ресурсов. В оценке энергетических ресурсов особое внимание уделяется теме энергоэффективности экономики – одному из важнейших показателей состояния энергетики.

В гл. 5 «Экономические механизмы регулирования потребления природных ресурсов» на основе фундаментального вывода о глубокой методологической связи и взаимозависимости экологии, экономики и социологии приводится краткий обзор действующих подходов к оценке стоимости природных ресурсов и к решению проблемы собственности ре-

сурсов, а также дан анализ состояния законодательной и нормативно-правовой базы экономического регулирования природопользования. Рассмотрены основные виды платежей за пользование природными ресурсами, предусмотренных действующими законами и постановлениями в условиях рыночной экономики. Анализ перехода к устойчивому развитию на макроэкономическом уровне делает необходимым включение экологического фактора в систему основных социально-экономических показателей развития путем учета ущерба от загрязнения среды и истощения природных ресурсов.

Гл. 6 «Загрязнение окружающей среды в России в современный период» написана в основном по материалам официальных обзоров Минприроды РФ (государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации») и Росгидромета (обзоры состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации) за 2005–2009 годы. Основные темы обзоров включали источники загрязнения, уровни химического и радиоактивного загрязнения и фоновые уровни содержания загрязняющих веществ в природных средах. Отдельно рассматривались токсичные химические отходы и отходы атомной промышленности и энергетики. Главная задача авторов при написании этой главы состояла во всесторонней оценке загрязнения природных сред в России на основе краткого обзора данных об уровнях содержания загрязняющих веществ в природных средах.

Гл. 7 «Современные подходы к ограничению загрязнения окружающей среды» содержит краткий обзор и анализ методов регулирования качества окружающей среды как с устаревших *«антропоцентрических»*, так и с современных *«экоцентрических»* позиций, сформировавшихся в последние десятилетия XX века. Антропоцентрическая позиция представлена традиционным санитарно-гигиеническим подходом к ограничению загрязнения среды обитания человека. На основе экоцентрической концепции представлено достаточно большое разнообразие подходов к ограничению (нормированию) загрязнения природных сред: эколого-токсикологический, экосистемный (в поверхностных водах), эколого-геохимический, глобально-балансовый, эколого-экономический. Основное содержание главы представляет собой изложение идей авторов о систематизации и формулировании этих подходов.

Гл. 8 «Действующий экономический механизм взимания платы за загрязнение окружающей среды и другие виды экологического ущерба» является небольшим дополнением к содержанию глав 5–7. Здесь рассмотрены традиционный для России административный подход к ограничению выбросов/сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и основанная на этом подходе законодательная и нормативно-правовая база. Приведен критический анализ действующего механизма установления платы за загрязнение окружающей среды, который предусмат-

ривает определение базовых нормативов платы, дифференцированных нормативов и конкретных размеров платежей за загрязнение. Анализ методов оценки ущерба биоресурсам показывает, что экономические механизмы ограничения загрязнения природных экосистем нуждаются в обосновании с позиций «экологического нормирования» антропогенного воздействия. Следует также признать, что, несмотря на обширную законодательную и нормативно-правовую базу, понятие собственно «экологического ущерба» не получило однозначного толкования.

В гл. 9 «Примеры зарубежного опыта экономической оценки ущерба от воздействия на природную среду» дан краткий обзор методов экономической оценки экологического ущерба, принятых в большинстве развитых стран. Основным примером выступают методы экономической оценки экологического ущерба, используемые в юридической практике США. Принятые в передовых странах принципы экологического регулирования служат одним из инструментов достижения главной цели – сохранения и восстановления природных комплексов до желательного состояния. В западных этических и юридических нормах привлекает принцип «серой зоны», который гораздо ближе «природе вещей» реального мира, нежели принципы жесткого регулирования и ранжирования, характерные для российского менталитета во всех сферах управления.

Гл. 10 «Роль ядерной энергетики в устойчивом развитии общества» относится к первой из двух заключительных глав монографии, подводящих итог аналитическим обзорам по темам предыдущих глав. В первой части главы приведен обзор состояния и проблем развития мировой ядерной энергетики, включающий рассмотрение эволюции развития и глобальных прогнозов, сравнительные оценки экологических ущербов и конкурентоспособности топливных циклов ядерной и других отраслей энергетики. Во второй части главы обсуждаются положение и роль ядерной энергетики в энергетической стратегии России. Анализ и прогноз ситуации с ядерной энергетикой в России невозможны без знания национальной стратегии устойчивого развития, на которую должна опираться электроэнергетика страны в настоящее время и которая определяет перспективы ее развития. В свою очередь, текущее состояние ядерной энергетики, среднесрочные перспективы и долгосрочная стратегия развития тесно связаны с состоянием и перспективами развития топливно-энергетического комплекса. По состоянию на 2008 год в России не разработано никаких программных документов по важнейшим направлениям устойчивого развития, и эта ситуация вызывает сомнения в реальности заявленных планов развития ядерной энергетики.

В заключительной главе – **гл. 11 «Перспективные подходы к регулированию природопользования»** – приведены наиболее яркие и содержательные идеи и концепции, на которых может быть основана стратегия природопользования. Опыт регулирования природопользования

в развитых странах дает несколько передовых идей, созвучных высказанным в наших аналитических обзорах (например, перестройка экономики в сторону сокращения производства энергии и отходов). В проблеме взаимоотношения человеческого общества и природы ключевые вопросы – место человека в природе (**«человек существует внутри, а не вне природы»**), взаимоотношения экономики и экологии (**«экономика против экологии»**). Главная идея философии устойчивого развития: от антропоцентризма к эоцентризму. По концепции Н.Ф. Реймерса, все три блока глобальной системы «биосфера – общество – человек» рассматриваются как подсистемы, интегрированные в единую социоэкологическую («биоэкономическую», социоприродную) систему мира. Главная мировоззренческая идея: необходимость коренного изменения парадигмы индустриального общества. Согласно положениям *экоэтики* (Отто Кинне), многие экологические проблемы представляют собой по сути этические проблемы, а этический принцип лежит в основе гармонизации природы и общества. В гл. 11 мы возвращаемся к теме устойчивости потребления возобновляемых и исчерпаемых природных ресурсов, чтобы сформулировать основные идеи и положения стратегии сохранения ресурсов, ограничения их изъятия и потребления. Завершает главу анализ проблемы устойчивого развития региона в терминах «экологического благополучия». Важную роль в формировании «опорной» модели региональной экономики должен играть атомный энергопромышленный комплекс.

Заключительными разделами в структуре всех глав служат **резюме**, в которых в тезисной форме излагается содержание главы.

В книге иногда повторяются основные идеи и тезисы, упомянутые ранее в других главах; это сделано умышленно – для иллюстрации их нового содержания в данной главе.

Заметное место в изложении занимали вопросы терминологии и определения ключевых понятий.

Авторы не придавали слишком большого значения точности и достоверности абсолютных значений показателей, характеризующих состояние природопользования в России и мире, учитывая несомненный факт отсутствия безупречных оценок разными авторами и источниками, а также изменение показателей во времени и другие подобные отклонения. Основное внимание уделялось относительным показателям, в особенности их трендам во времени.

Общий настрой книги заключался в стремлении авторов по возможности избежать утверждающих ответов на сложные вопросы природопользования, оставив на будущее более глубоко сформулированные вопросы.

Изложенные в монографии современные представления об основных проблемах природопользования могут служить для обоснования перспективных направлений национальной и региональной экологической политики при развитии ядерной энергетике.

1. КРИЗИС В ОТНОШЕНИЯХ ОБЩЕСТВА И ПРИРОДЫ – ГЛОБАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС

Человечество и природа находятся в состоянии конфликта.
*«Предостережение человечеству
от ученых мира», 1992 год*

Кризис – в головах.
Из газет, 2009 год

1.1. Глобальная экономика

1.1.1. Пределы роста

В 1972 году в США вышло первое издание книги «Пределы роста. Доклад Римскому клубу»¹ – коллективного труда группы молодых исследователей, возглавляемых сотрудником Массачусетского технологического института Деннисом Медоузом (D. Meadows) [1]. Предметом исследования была разработка модели мирового развития (World3), которая должна была показать, что произойдет в мире, если сохранятся существовавшие на тот момент времени тенденции роста населения, промышленного и сельскохозяйственного производства, нерационального использования исчерпаемых природных ресурсов, загрязнения окружающей природной среды. Спустя 20 лет авторы первой книги представили работу «За пределами роста», в которой на основе полученных статистических данных за прошедшие два десятилетия было выполнено сравнение первых прогнозов с текущими глобальными тенденциями [2]. Наконец, через 30 лет после выхода первой книги те же авторы опубликовали третье издание своего труда, содержащее основные положения первого исследования и дополненное важными данными и выводами, которые удалось собрать за три десятилетия [3]. Основные идеи и выводы своего трехэтапного анализа мировой социально-экономической системы авторы формулируют следующим образом.

1972 год: «Пределы роста» [1]. Все пять основных составляющих мировой социально-экономической системы – численность населения, производство продуктов питания, индустриализация, загрязнение окружающей среды и потребление исчерпаемых природных ресурсов – подвержены экспоненциальному росту. Всякая свободная социально-экономическая система, если она не имеет принудительных ограничений, развивается под действием контура положительной обратной связи, т.е. экспоненциально.

Большинство людей не понимает природы и характера экспоненциальных процессов, для них понятие «рост» ассоциируется с линейным

¹Римский клуб – международная неправительственная организация, основанная в 1968 году.

увеличением, последствия которого достаточно легко предвидеть и оценить. Характерная психологическая особенность экспоненциального роста (в отличие от линейного) – «неожиданность» наступления кризисных или катастрофических последствий, т.е. кажущаяся внезапность потери контроля над ситуацией.

Рост экономики, выражаемый суммой валового внутреннего продукта (ВВП) всех стран, обеспечивается ресурсами, которые можно разделить на две группы – физические и социальные. Ограниченность мировых запасов физических ресурсов (пахотные земли, минеральное сырье, пресная вода, природные экосистемы, атмосфера, океан и т.п.) задает пределы экономического роста на Земле. Но даже на стадии устойчивого роста экономики такие социальные ресурсы (факторы), как численность населения и его прирост, уровень образования и культуры, социальный мир и стабильность, существенно влияют на экономическое развитие.

Наиболее характерные естественные пределы роста:

– рост численности населения Земли (до 7–10 млрд. человек) ограничен ресурсом земель, пригодных для сельского хозяйства (~ 3,2 млрд. гектаров);

– практически полное исчерпание к 2050 году экономически рентабельных рудных запасов некоторых металлов (золота, платины, цинка, свинца и др.);

– рост производства энергии на ископаемом топливе (угле, нефти, природном газе, уране) ограничен исчерпаемостью этого ресурса в пределах 50 (нефть) – 500 (уголь) лет (см. п. 4.4).

В реальной жизни пределы роста многообразны. Однако в каждом из 12 рассмотренных сценариев модели World3 эти пределы рано или поздно останавливают экономический рост в XXI веке. В самом пессимистическом сценарии материальный уровень жизни продолжает расти до 2015 года. В докладе [1] предполагалось, что рост остановится примерно через 50 лет после его опубликования (1972) – вполне достаточный срок, чтобы сделать выбор и принять правильные меры даже в масштабах земного шара. В 1972 году авторам казалось, что население и мировая экономика с большим запасом вписываются в пределы емкости планеты и еще достаточно времени для безопасного роста и одновременного анализа долгосрочных перспектив. Но к 1992 года положение изменилось.

1992 год: «За пределами роста» [2]. Был выполнен анализ развития мира в период 1970–1990 годов, т.е. за 20 лет, прошедших после выхода доклада [1]; полученная информация была внесена в обновленную модель World3. Книга «За пределами роста» [2] укрепила первоначальные опасения, в 1992 году подтвердились выводы, сделанные 20 лет назад. При этом анализ обнаружил, что человечество уже вышло за пределы самоподдержания («устойчивого развития», см. п. 1.5) Земли. Важность этого вывода побудила вынести его в название книги. Например, было установ-

лено, что влажные тропические леса вырубаются в недопустимых масштабах; общемировое производство зерна больше не в состоянии поддерживать рост численности населения; укрепились опасения начат последствий глобального потепления. Было заявлено, что выход за пределы самоподдержания больше нельзя игнорировать; необходимо признать существование проблемы, чтобы решить главную задачу: вернуть мир в область самоподдержания. Несмотря на серьезность положения, авторы придерживались оптимистической точки зрения, в большинстве сценариев показывая, что последствия выхода за пределы поправимы.

2002 год: «Пределы роста. 30 лет спустя» [3]. Задача оценки масштабов выхода за пределы самоподдержания усложнится, если учесть нехватку статистических данных и элементарное отсутствие общепринятой терминологии в этой области. Например, на определение взаимосвязи между ВВП и нагрузкой на окружающую среду ушло больше 20 лет, а без этой зависимости не решается проблема пределов роста. Данные, накопленные в период 1990–2000 годов, подтвердили вывод о том, что мир уже вышел за пределы самоподдержания. Стало ясно, что максимум производства зерна на душу населения пройден в середине 1980-х годов. Борьба за пресную воду и ископаемые виды топлива становится все жестче, увеличиваются выбросы парниковых газов. Были разработаны новые количественные показатели выхода системы за пределы самоподдержания: например, М. Вакернагель (Wackernagel) и его коллеги сумели оценить нагрузку на окружающую среду со стороны человека («экологический след», или «*ecological footprint*») и сравнить ее с поддерживающей способностью (*потенциальной емкостью*) планеты [4]. Они определили экологическую нагрузку как долю поверхности Земли, необходимую для получения нужного количества ресурсов (зерна, продовольствия, рыбы, площади под застройку) и для деструкции выбросов (прежде всего углекислого газа). Результаты их исследований приведены на рис. 1.1. График показывает долю поверхности планеты, необходимую для обеспечения человечества ресурсами и разложения загрязнений. Расчеты ведутся для каждого года, начиная с 1960-го. Потребности человечества сравниваются с доступными ресурсами: на самом деле, планета у нас только одна. Начиная с 1980-х годов, потребности человека превышают возможности планеты, и выход за пределы самоподдержания в 1999 году составил около 20%. По этой методике в последний раз человечество находилось на уровне самоподдержания в 1980-х годах.

1.1.2. Глобализация

Термин «глобализация» появился в западной литературе во второй половине 1980-х годов. Под глобализацией понимают одну из ведущих тенденций социально-экономического развития современного мира, вызванную технологическим прогрессом, прежде всего развитием информа-

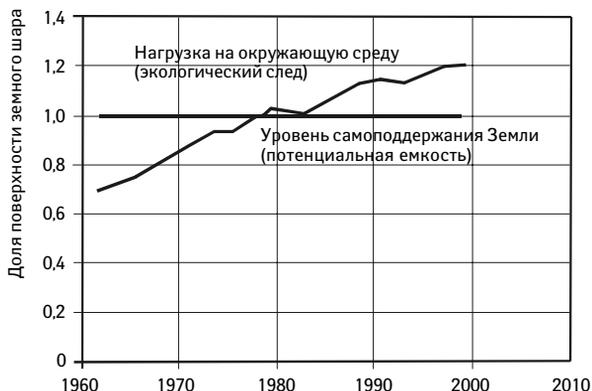


Рис. 1.1. Нагрузка на окружающую среду и уровень самоподдержания (потенциальная емкость) биосферы [4]

ционных технологий, что качественно расширило возможности установления глобальных связей. Эти возможности были незамедлительно реализованы в сфере экономики и финансов преимущественно в интересах экономически развитых стран, транснациональных корпораций и мощного банковского капитала. Отсюда вытекает, что глобализация представляет собой, с одной стороны, объективный процесс, а с другой – конкретную политику, проводимую в интересах определенных экономических и политических субъектов. Смешение этих аспектов приводит к путанице и неадекватной оценке глобализации [5].

Неадекватная негативная оценка глобализации в обществе сложилась в конце XX века, когда впервые о глобализации заговорили не в плане развития всемирных связей, а как об угрозе, нависшей над человечеством. Это тем более странно, что к середине XX века мир, переживший две мировые войны и оснащенный оружием, способным уничтожить все живое на Земле, осознал, что человечество быстрыми темпами приближается к кризису в своих взаимоотношениях с природой, что над ним нависла угроза экологической катастрофы. Из глобального характера этих проблем следует неизбежный вывод о возможности их преодоления только усилиями всего человечества, т.е. на глобальном уровне. В конце XX столетия бурный прогресс информационных технологий, воплотившихся во «всемирной паутине», дал мощный импульс процессу глобализации в экономике и других сферах и его превращению в одну из ведущих тенденций современного общественного развития.

Глобализация в своем нынешнем виде мало что может предложить большинству развивающихся стран, приводя к обнищанию многие слои населения, особенно сельских жителей, составляющих около половины населения планеты. Народами осознаются перечисленные ниже негативные экономические и экологические последствия глобализации [6].

Усиление экономической зависимости. К началу XXI столетия сформировалось единое мировое хозяйство. Масштабы экономической деятельности многократно возросли: за последнее столетие промышленное производство увеличилось более чем в 50 раз, и 4/5 этого роста приходится на период с 1950 года. Фактор окружающей среды оказывает влияние на темпы роста и пропорции расширенного воспроизводства, на характер и содержание глобальных хозяйственных связей.

Экономический рост за счет потребления природных ресурсов. В результате неограниченного экономического роста области основного обитания человечества оказались сильно загрязненными отходами производства (до 98–99% массы потребляемого природного сырья). Главную ответственность за деградацию природной среды несут развитые страны, где проживает 1/5 населения мира, достигшая наивысшей степени материального благополучия. Эти страны используют ресурсы и эксплуатируют труд людей почти всей планеты. Чтобы держать современный уровень благосостояния, они расходуют 70% всей вырабатываемой в мире энергии, 75% всех металлов, 60% производимого в мире продовольствия, 85% древесины.

Увеличение нагрузки на природу в связи с ростом численности населения. В результате социально-экономического прогресса в конце XX века продолжался экспоненциальный рост численности населения планеты, которая к 2010 году может достичь 7 млрд. человек. Примерно на 93% прирост произойдет за счет населения развивающихся стран, причем именно тех, которые уже приближаются к экологическому банкротству – большая часть государств Африки, Латинской Америки и стран индийского субконтинента. Уже сейчас от недоедания страдает примерно 1 млрд. человек, от нехватки воды – 88 развивающихся стран.

Нарастание экологической напряженности в развивающихся странах. Перед большинством стран третьего мира стоят серьезные экологические проблемы как международного, так и внутреннего характера, которые заставляют их нещадно эксплуатировать свои запасы природных ресурсов. Вследствие хронического состояния валютной задолженности мировым финансовым институтам природные ресурсы развивающихся стран используются не в целях развития, а для выполнения обязательств перед иностранными кредиторами. В результате неограниченная эксплуатация природных ресурсов для экспорта остается ведущей отраслью экономики развивающихся стран. Государства третьего мира вынуждены действовать в условиях увеличения разрыва в ресурсообеспечении между большинством развивающихся стран и промышленно развитыми государствами. Развитые страны потребляют сохранившиеся природные системы (биологическое пространство) других территорий через использование их ресурсов, экспорт загрязняющих производств и отходов, естественный перенос поллютантов.

Рост внешней задолженности развивающихся стран. Внешняя задолженность развивающихся стран составляет более 1,3 трлн. долларов. Долг бедных государств постоянно растет и достигает более половины ВВП. До начала 1980-х годов за счет займов и кредитов перемещение финансовых ресурсов для развивающихся государств имело положительный знак, но с 1984 года знак стал отрицательным. За счет выплаты долгов, снижения цен на сырье, утечки капиталов бедные страны ежегодно платят богатым 200–250 млрд. долларов. Ни одна из обнищавших стран не может в краткосрочной перспективе перестроить свою экономику так, чтобы компенсировать огромную задолженность и снижающиеся цены на свои товары. В результате политика в области охраны окружающей среды строится по остаточному принципу.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), которая объединяет высокоразвитые страны с ~ 20% населения планеты (более 1 млрд. человек, «золотой миллиард»), имеет следующие экономические показатели (по состоянию на 2002 год) [7]:

- 86% мирового валового промышленного продукта;
- 82% мировых экспортных рынков;
- 68% прямых иностранных инвестиций.

Налицо катастрофический перекося в темпах и перспективах социально-экономического прогресса богатых и бедных регионов планеты: богатые богатеют, бедные еще больше нищают. Это означает полное несоответствие ситуации одному из основных положений концепции устойчивого развития: устойчивое экономическое развитие должно опираться на эквивалентное социальное развитие, развитие человеческого потенциала [7]. Папа Иоанн Павел II в своем послании 1995 года заявил: «Поскольку глобализация руководствуется только законами рынка в интересах наиболее сильных мира сего, ее последствия могут быть только негативными».

Действительно, сама по себе экономическая глобализация не предлагает решения глобальных экономических проблем и угроз (нехватка воды, истощение земельных ресурсов, неконтролируемый рост народонаселения и т.п.). В современном ее виде глобализация в сфере экономики и финансов способствует углублению кризисных противоречий. В основе этого глобального системного кризиса, по нашему мнению, лежат фундаментальные противоречия принципов, на которых строятся экономические законы, природным экологическим законам. Логика погони за прибылью на глобальном уровне имеет своим следствием ускоренное разрушение естественных механизмов воспроизводства жизни на планете. Учитывая это, капитализм, чьей современной формой является глобализация, следует воспринимать как устаревшую экономическую систему. Об этом подробнее речь будет идти в гл. 11 (п. 11.3).

К подобным выводам приходят и авторы «Пределов роста»: «Проникновение рынка во все сферы жизни и колоссальное увеличение запросов

приводят к тому, что окружающая среда нещадно эксплуатируется повсюду... Успех промышленной революции, как до нее успех охоты и собирательства, а затем земледелия, в какой-то момент привел к истощению собственной основы. Вот только на сей раз эта основа – не только дичь, не только земля и даже не только полезные ископаемые – теперь речь идет о поддерживающей емкости всей окружающей среды, глобальной экосистемы. Антропогенная экологическая нагрузка превысила уровень устойчивости» [3, с. 289].

1.2. Отходы и загрязнение природной среды

В «Пределах роста» [3] на входе глобальной экономической системы рассматриваются «источники» – потоки материальных ресурсов (воздух, вода, сырье, ископаемое топливо и т.п.), которые в силу очевидного закона сохранения материи возвращаются назад, в окружающую среду, в виде отходов производства, направляемых в «стоки» – атмосферу, водоемы, мусорные свалки и хранилища отходов. Физические пределы роста – это пределы способности планетарных источников предоставлять нам потоки сырья и энергии, а стоков – поглощать загрязнения и отходы. Собственно, проблема определения этих экологических пределов («экологическое нормирование») на всех уровнях иерархии экосистем – от местного до глобального – и есть основная цель и предмет рассмотрения этой книги.

Промышленные отходы, выбросы и сбросы – наиболее очевидные из основных факторов воздействия на окружающую среду. Несмотря на их негативное влияние на природу и человека, количество отходов постоянно увеличивается, что объясняется непрерывной производственной деятельностью человечества. Другими словами, люди продолжают работать на производство отходов. Согласно статистическим данным, к концу XX века из 120 млрд. тонн ископаемых материалов и биомассы, мобилизуемых мировой экономикой за год, только 9 млрд. тонн (7,5%) преобразовывались в материальную продукцию в процессе производства, остальные 110 млрд. тонн уходили в отходы, как правило, представляющие угрозу для окружающей среды [8]. В одной только Российской Федерации ежегодно производится около 130 млн. тонн токсичных отходов, к 2000 году их было накоплено свыше 2 млрд. тонн [9]. Одно из радикальных решений проблемы твердых бытовых отходов (до 85% это органические отходы) – комплексная переработка, предусматривающая сбор и последующее использование газа, получаемого при сжигании или переработке мусора. К 2009 году установки с экологически эффективным оборудованием по переработке мусоросодержащих отходов действовали примерно в 30 городах Европы, 50 – Северной Америки, 60 – Азии, 10 – Южной Африки, 20 – Австралии и Новой Зеландии. Эта технология позволяет минимизировать ущерб, наносимый окружающей среде, и постепенно сокращать спрос на нефть, природный газ и другое промышленное сырье [10].

Один из наиболее авторитетных экоэкономистов Г. Дэли (H. Daly) еще в начале 1970-х годов отмечал, что необходимость развития в направлении стабильного (steady-state) общества определяется ограничениями, связанными не столько с исчерпаемостью природных ресурсов, сколько с пределами допустимого загрязнения окружающей среды [11]. Превышение этих пределов при неограниченном росте экономики приводит к необратимым нарушениям баланса экономики и экологии. Следствием этого будет так называемый неэкономический рост, при котором издержки – прямые и косвенные ущербы, связанные с деградацией окружающей среды, – растут быстрее прибыли, и продолжение роста физических объемов производства будет приводить к обнищанию общества. Этот парадоксальный вывод вполне убедительно подтвердился на примере «неэкономического» роста экономики СССР в 1970–1980-х годах, приведшего к ее кризису и развалу.

По мере исторического развития экономики возрастал масштаб проблем, связанных с загрязнением среды: например, на место проблемы загрязнения воздуха на местном уровне на первый план вышли эффекты закисления на региональном уровне, которые, в свою очередь, уступили первенство проблеме роста содержания парниковых газов в глобальной атмосфере. Развитие предполагает также индустриализацию и урбанизацию, которые, как правило, ведут к повышению загрязнения, по крайней мере, в городах и вокруг них. Таким образом, говоря о проблемах загрязнения окружающей среды, следует определить уровень (масштаб) конкретной проблемы – местный, региональный, континентальный, глобальный.

Так, классическим примером решения региональной проблемы загрязнения служит динамика экологического состояния вод Рейна начиная с 1950-х годов. В результате роста промышленности в бассейне реки и соответствующего роста потока загрязнений уровень кислорода в Рейне к 1970 году упал до минимума и река стала практически безжизненной. К 1980 году положение значительно улучшилось, в основном за счет крупных финансовых вложений в очистку сточных вод. Проблема тяжелых металлов (ртути, кадмия) была решена в 1980–1990-х годах путем введения жестких законов по ограничению выбросов загрязняющих веществ в природную среду в странах в бассейне Рейна. В результате к 2000 году концентрации токсичных металлов в реке снизились до безопасных уровней, хотя загрязнение донных осадков по понятным причинам остается высоким. Несмотря на нерешенные проблемы, стоит отпраздновать появление первого лосося в водах реки в 1996 году – ведь в долине верхнего Рейна, в Баден-Бадене, этот род рыбы исчез более 60 лет назад [12].

Пример решения проблемы отходов на глобальном уровне – явный успех в уменьшении выброса некоторых основных загрязнителей воздуха за прошедшие 30 лет. В конце XX века страны «большой семерки» стали прилагать серьезные усилия для повышения энергоэффективности и ог-

раничения выбросов некоторых загрязнителей в окружающую среду (рис. 1.2). Хотя ВВП с 1970 года удвоился, выбросы диоксида углерода (CO_2) и оксидов азота (NO_x) остались практически на прежнем уровне (в основном за счет большей энергоэффективности), а выбросы оксидов серы (SO_x) даже уменьшились на 40% – как за счет повышения энергоэффективности, так и вследствие применения новых технологий очистки [3].

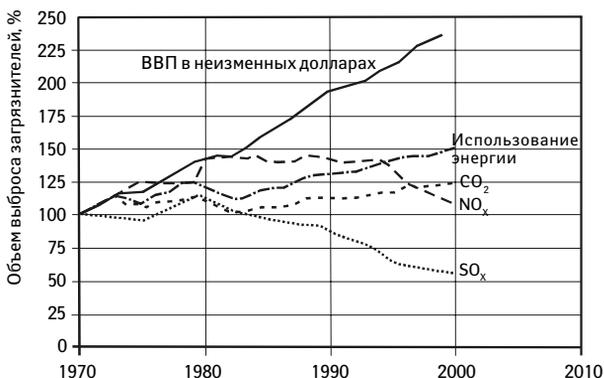


Рис. 1.2. Объемы выбросов некоторых загрязнителей воздуха (по данным World Bank; OECD; WRI [3]). Уровень 1970 года принят за 100%

Несмотря на усилия промышленно развитых стран, продолжается неконтролируемый рост антропогенных выбросов в атмосферу так называемых парниковых газов – диоксида углерода, метана и др.; содержание углекислого газа и метана в глобальной атмосфере уже намного превысило «доиндустриальный» уровень (за последние 10 000 лет, рис. 1.3) [13]. Выбросы парниковых газов – главная угроза глобальному экологическому равновесию в начале XXI столетия вследствие изменения планетарного климата (см. п. 1.4).

1.3. Ресурсы

1.3.1. Проблема

По Н.Ф. Реймерсу [14], природные ресурсы разделяются на неисчерпаемые и исчерпаемые, возобновляемые и невозобновляемые (табл. 1.1). Примечательно, что в классификации Н.Ф. Реймерса эти понятия не совпадают, в отличие от большинства авторов, у которых они часто идентичны. Например, атмосферный воздух (точнее, его компоненты, в частности, кислород) рассматривается нами как исчерпаемый, хотя в принципе и возобновляемый ресурс. Помимо полезных ископаемых, к невозобновляемым ресурсам мы относим также исчезающие биологические виды и уникаль-

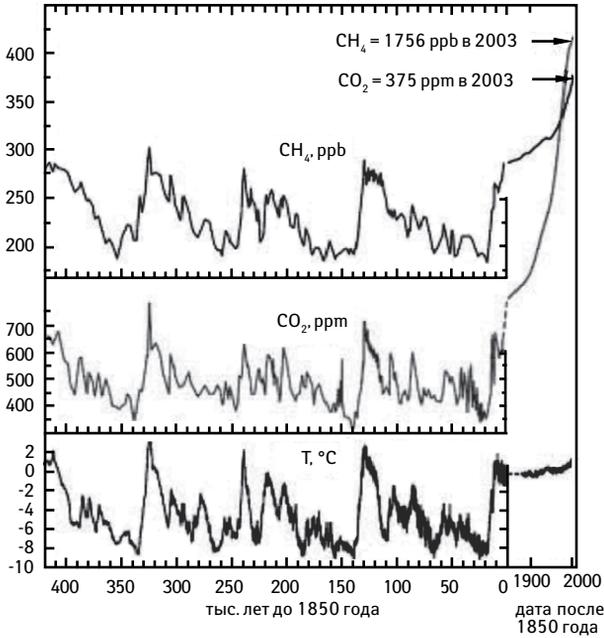


Рис. 1.3. Изменение концентрации в атмосфере углекислого газа и метана, а также изменение температуры поверхности Земли за последние 410 000 лет [13]

Таблица 1.1. Классификация природных ресурсов [14]

Неисчерпаемые	Исчерпаемые	
	Возобновляемые	Невозобновляемые
Солнечное излучение Тепло Земли Энергия ветра и поверхностных вод Воды морей и океанов	Почва Пресная вода Атмосферный воздух Растительность Животный мир	Полезные ископаемые Отдельные виды растений и животных Уникальные природные комплексы и ландшафты

ные природные комплексы, разрушение которых носит необратимый характер.

Как уже говорилось, ресурсы в системном моделировании материальных потоков в мировой экономике играют роль источников. Ключевая проблема устойчивости источников заключена в скорости, с которой убывают (истощаются) невозобновляемые ресурсы, и в скорости восстановления (или замены) возобновляемых ресурсов. По мнению авторов «Пределов роста» [3], в этой области царит полная неопределенность «даже на счет того, будут ли когда-либо... невозобновляемые ресурсы полностью из-

расходованы». «Недопонимание возникает из-за того, что внимание акцентируется не на том понятии, которое нужно. *Ресурс* – это понятие, описывающее суммарное количество определенного вещества в земной коре; *запас* – понятие, описывающее разведанное или предполагаемое количество вещества, которое можно извлечь или использовать по приемлемой цене... Ресурс неизбежно уменьшается, в то время как запасы некоторое время могут увеличиваться, если геологическая разведка находит новые месторождения, растут цены на сырье, улучшаются технологии. Сложилась порочная практика делать заявления насчет ресурсов, основываясь на данных по запасам» [3].

Все сценарии развития, созданные моделью World3 [3], показывают, что к 2100 года мир все еще будет располагать значительной долей ресурсов, существовавших в 1900 году. Озабоченность вызывает скорее растущая стоимость планетарных источников (ресурсов) и стоков (отходов). Анализ ситуации приводит к заключению, что сочетание усиления эксплуатации возобновляемых источников, истощения невозобновляемых источников и переполнения стоков медленно, но верно приведет к увеличению энергии и капитала, необходимых для поддержания материальных потоков, нужных для функционирования экономики. В категорию физических ресурсов, о которых идет речь, входят обязательные физические (материальные) компоненты, поддерживающие биологическую и промышленную деятельность (воздух, точнее кислород, вода, плодородные земли, полезные ископаемые, энергия и экологические системы планеты), которые поглощают отходы (стоки) и определяют состояние климата [3].

Одним из важнейших условий устойчивого развития общества становится ресурсосбережение – снижение потребления сырьевых ресурсов при сохранении или увеличении объемов производства энергии и материальной продукции. По единодушному мнению специалистов по глобальному моделированию, ограничение и стабилизация потребления ресурсов наряду с ограничением роста народонаселения Земли и борьбой с загрязнением окружающей среды являются ключевыми проблемами, от которых зависит будущее человечества. Расчеты показывают, что для обеспечения устойчивого развития требуется повысить эффективность ресурсопотребления, по крайней мере, в 4 раза [15].

1.3.2. Земля

Доступная для обработки земля – не самый очевидный пример существования предела исчерпаемого (невозобновляемого) ресурса. По данным, приведенным в «Пределах роста» [3], из потенциально пригодных для обработки земель на планете (оценки варьируются в пределах 2–4 млрд. гектаров) 1,5 млрд. гектаров уже используются для выращивания зерновых, и эта площадь более или менее постоянна в последние 30 лет. В пределах данной площади категория обрабатываемых земель постоянно попол-

няется новыми землями, в то время как другие земли выходят из сельскохозяйственного оборота вследствие деградации (эрозии, засоления, отведения под застройку, опустынивания). В среднем равновесие сохраняется, но по площади, а не по качеству, так как самые плодородные земли истощены. Скорость, с которой утрачивается гумус (плодородный слой), постоянно растет: до промышленной революции она составляла примерно 25 млн. тонн в год, в последние несколько столетий – 300 млн. тонн в год, а за 50 лет до 1990 года – 760 млн. тонн в год [16] (цит. по [3]). Потеря гумуса приводит не только к уменьшению плодородия, но и к росту содержания углекислого газа в атмосфере. Брошенные деградированные земли замещаются потенциально пригодными, и обычно в этой роли выступают лесные территории, что порождает цепь экологических проблем. Ясно, что этот процесс не может продолжаться до бесконечности. Кроме того, экспоненциальный рост численности населения приводит к пропорциональному (в условиях постоянства площади обрабатываемых земель) снижению средней площади обрабатываемой земли на душу населения – с 0,6 га в 1950 году до 0,25 га в 2000 году. Статистические данные и расчеты показывают, что, несмотря на интенсификацию использования сельскохозяйственных земель (новые сорта, мелиорация, пестициды и т.п.), пик валового сбора зерна в мире уже пройден и дальнейший рост прекратился. Это означает устойчивое снижение среднего производства сельскохозяйственной продукции на душу населения в мире [3].

1.3.3. Пресная вода

Пресная вода – пример предела использования возобновляемого ресурса. Согласно данным ООН (комплексная оценка запасов пресной воды, 1997 год), во многих странах, как развивающихся, так и развитых, вода часто используется неустойчивыми методами. Мир сталкивается со все более серьезными проблемами количества и качества воды. Водные ресурсы истощаются, что подрывает один из ключевых ресурсов, на которых построено общество.

Воду – важнейший компонент биосферы – невозможно ничем заменить, это ключевой ресурс. Вода выполняет для человека двойную функцию – источника (ресурса) и стока (приемника отходов) и распределена неравномерно (локально). Поэтому ее использование в пределах определенного водного бассейна ограничено региональными природными факторами – интенсивностью и сезонностью осадков, наводнений и т.п., а также степенью загрязнения поверхностных и подземных вод. Как большинство ресурсов, доступные запасы пресной воды распределены крайне неравномерно – от избытка влаги в прибрежных зонах суши до аридных зон в центре континентов.

В большинстве водных бассейнов пределы количества пресной воды, доступной для использования человеком, без сомнения, уже превышены,

в этих регионах потребление воды на душу населения уже уменьшается [3]. На рис. 1.4 представлены сводные мировые данные для иллюстрации положения дел. Графики показывают мировые запасы пресной воды, а также скорость, с которой растут потребление и загрязнение воды, приближаясь к максимуму – всему количеству воды, доступному для использования. Также показано влияние дамб на обеспечение человека запасами воды [17].



Рис. 1.4. Потребление пресной воды на планете [17]

Для каждого региона в отдельности можно построить свои графики, но общие характеристики будут такие же – предел, количество факторов, которые могут его поднять или опустить, и неизбежный рост потребления в направлении предела количества пресной воды, доступной для использования человечеством (а в некоторых регионах – и сверх того). Верхний физический предел использования воды человеком (возобновляемый источник мирового потребления пресной воды) – 40 700 км³ в год, суммарный годовой сток всех рек и водоемов мира, включая потоки возобновления запаса воды в подземных водоносных горизонтах. При текущем (на 2000 год) потреблении воды 44 30 км³ в год создается впечатление, что мы находимся еще очень далеко от предела использования. Однако на деле это совсем не так, поскольку использовать весь сток невозможно. Примерно 29 000 км³ годового стока поступают в океан при наводнениях, поэтому в качестве предела остается 11 000 км³ в год, в которые входят стоки поверхностных и подземных водоемов. Из них примерно 2 100 км³ в год относятся к стабильному, но труднодоступному стоку [17].

Таким образом, предсказуемый верхний предел количества пресной воды, доступной для использования человечеством на рубеже XXI столетия (в км³ в год): 11 000 – устойчивый сток, еще 3500 дают дамбы, минус 2100 – труднодоступные воды, в итоге 12 400 км³ в год. Если среднее потребление воды на душу населения не изменится, то (с учетом ожидаемого роста численности населения) к 2050 году человечество будет потреблять 10 200 км³ воды в год (82% мирового устойчивого стока пресной воды). При потреблении значительное количество воды (2290 км³ в год) не возвращается в водоемы за счет испарения и включения в биомассу сельскохозяйственной продукции, еще 4490 км³ в год используется как «сток» отходов производства (растворение и смыв загрязняющих веществ). Поэтому первый симптом нехватки воды в регионе – рост цен на зерно: 1 т зерна эквивалентна 1000 т воды, импорт зерна – самый эффективный способ импорта воды [18] (цит. по [3]).

При этом налицо тенденция снижения потребления воды на душу населения: к 2000 году мировое потребление воды составило лишь половину количества, предсказанного 30 лет назад с помощью экстраполяции экспоненциальных кривых [1, 3]. Это связано главным образом с повышением эффективности использования доступных водных ресурсов («запасов»). Основные направления рационализации потребления воды: повторное использование (замкнутые водообороты), экономия, внедрение водосберегающих технологий и др. Так, власти Нью-Йорка с удивлением обнаружили, что установка в городе счетчиков водопотребления и расценок, пропорциональных расходу воды, уменьшили потребление воды семьями на 30–40% [3].

Следует еще раз указать на зависимость доступных запасов пресных вод от регионального климата. Возможные нарушения климатической системы Земли, вызванные парниковым эффектом, угрожают устойчивости глобальных и региональных гидрологических циклов (круговороту воды), а стало быть, и запасам пресной воды, системам орошения, дамбам и т.п. Устойчивое потребление воды невозможно без стабильного климата, что неразрывно связано с устойчивостью потребления энергии [3]. В итоге дефицит воды, ее загрязнение и нерациональное использование – суть вопросы выживания во многих странах и регионах.

1.3.4. Центральная роль энергии

Экономика человечества с каждым годом расходует на 3,5% больше энергии (рис. 1.5). В период с 1950 по 2000 год мировое потребление энергии удваивалось трижды. В качестве основных источников энергии по-прежнему доминируют ископаемые виды топлива: максимум добычи каменного угля был достигнут примерно в 1920 году, в то время более 70% потребления топлива приходилось на уголь; добыча нефти достигла пика в 1980-е годы, составив примерно 40% используемого топлива. Природ-



Рис. 1.5. Мировое потребление энергоресурсов в британских тепловых единицах BTU[3] (1 BTU – Н ≈ 1060 Дж $\approx 0,29 \cdot 10^{-3}$ кВт·ч)

ный газ, загрязняющий окружающую среду меньше, чем уголь и нефть, в будущем станет более популярным источником энергии [3].

Большая часть производимой энергии расходуется в промышленно развитых странах. Потребление коммерческой энергии среднестатистическим европейцем в 5,5 раза больше, чем средним африканцем, Жители США и Канады расходуют в 9 раз больше коммерческой энергии на душу населения, чем жители Индии, при этом более четверти населения земного шара не используют электричества, две пятых зависят от традиционных источников энергии на основе биомассы [19].

В апреле 2001 года на девятой сессии Комиссии по устойчивому развитию (КУР-9) – первой сессии КУР, посвященной энергетическим вопросам, – было специально отмечено, что **«энергия играет центральную роль в достижении целей устойчивого развития»**. Значительное увеличение энергопотребления (за счет традиционных органических ископаемых энергоносителей и традиционных технологий производства энергии) означает существенное повышение загрязнения окружающей среды.

Базовый сценарий развития к 2030 году, подготовленный Организацией экономического сотрудничества и развития в 2002 году [7, 20], имеет следующие рамочные параметры:

- 1,4 млрд. человек в мире по-прежнему остаются без электричества;
- 2,6 млрд. человек имеют в качестве источника энергии традиционную биомассу (дрова, сельскохозяйственные отходы и т.п.), из них около 2 млрд. человек не имеют доступа к энергии промышленного значения (**оба эти условия – признаки и причины проблемы нищеты и отсутствия перспектив развития**);
- ископаемые виды топлива по-прежнему доминируют в глобальном использовании энергоресурсов (источников энергии);
- доля атомной (ядерной) энергии в мировом спросе (потреблении) на энергию снизится с 7% (в начале XXI века) до 5% (в 2030 году); в произ-

водстве электроэнергии – с 17 до 9% (в основном за счет Северной Америки и Европы);

- доля возобновляемых источников энергии (ветра, биомассы) в структуре производства энергии будет расти;
- транспортный сектор опережает все другие отрасли экономики по росту потребления энергии – в основном за счет роста спроса на нефть;
- почти весь рост спроса на энергию / производство энергии (1,7% в год) приходится на развивающиеся страны;
- мировых энергетических ресурсов достаточно для удовлетворения растущего спроса на энергию;
- увеличение выбросов углекислого газа (1,8% в год) происходит в основном за счет развивающихся стран (60–70% валового прироста), а в структуре производства/потребления энергии – за счет транспорта и энергетики (75% прироста).

Согласно прогнозам Международного энергетического совета (МЭС), удовлетворение ожидаемого роста глобального спроса на энергию по сценарию, основанному на низком уровне потребления (рост ~1,7% в год, к 2050 году – в 2 раза по сравнению с текущим уровнем потребления), потребует выполнения следующих условий [7]:

- увеличения генерирующих мощностей электростанций в ближайшие 20 лет, которое превысит совокупный объем мощностей, созданный за предыдущие 100 лет;
- роста потребления нефти до 15 млн. тонн в день;
- дополнительных мощностей для сжигания 3,5 млрд. тонн угля в год при общем потреблении угля 7 млрд. тонн в год;
- ежегодной добычи газа в объеме 4 трлн. кубометров (общий запас газа США).

Помимо базового сценария ОЭСР рассматривает сценарий альтернативной политики, учитывающий требования концепции устойчивого развития: снижения темпов спроса на энергию, потребления невозобновляемых ресурсов, выбросов углекислого газа, и др.

Приведенные выше подходы к решению мировой энергетической проблемы, продемонстрированные КУР-9 и ОЭСР в 2001–2002 годах, стремительно устаревают. В развитых странах Европы и Америки неуклонно растет понимание необходимости и неизбежности замены ископаемых видов энергоресурсов (угля, нефти, газа, урана) так называемыми альтернативными – по сути, возобновляемыми – источниками энергии: энергией ветра, солнца, биомассой. Развитие мировой энергетики на современном этапе выходит на качественно новый уровень, который характеризуется углублением разрыва между энергопотреблением и известной ресурсной базой органического топлива. В случае возникновения дефицита нефти в 2008–2015 годах во всем энергетическом комплексе могут начаться кризисные явления. Истощение доступных (рентабельных) запасов нефти и газа, со-

проводимое (в длительной перспективе) неуклонным ростом цен на них, создает «энергетическую ловушку» для развивающихся стран. По мнению одного из ведущих экспертов в области энергетики, «...задолго до реального истощения ресурсов глобальная система снабжения первичной энергией находится в удручающем состоянии» [7].

По расчетам специалистов British Petroleum (BP), потребление энергии в мире в период 2002–2007 годов росло намного быстрее, чем прогнозировалось ранее. По состоянию на конец 2007 года ежегодный рост энергопотребления в мире был на уровне 2,4%. При этом соотношение долей основных (традиционных) поставщиков топлива в общем потреблении энергоресурсов в последние 10–15 лет существенно не изменялось: нефть, газ и уголь стабильно удерживали первенство (рис. 1.6). По оценкам BP, при нынешнем уровне потребления энергии мировых запасов нефти хватит приблизительно на 40 лет, а запасов газа – на 60 лет. Мировые запасы каменного угля, по официальной статистике, составляют более 900 млрд тонн, и их должно хватить лет на 155. Большинство развитых стран в условиях надвигающегося энергетического кризиса большие надежды возлагают на ядерную энергетику. Значительному расширению масштабов ее использования мешают как экологи (из-за риска радиационных аварий), так и политики (из-за риска неконтролируемого распространения ядерных материалов, см. гл. 11) [21].

Никто не знает, какой фрагмент энергетической системы, включающей все этапы – от разведки запасов энергоносителей (источник) до их сжигания в генераторах энергии (сток), – окажется определяющим при достижении пределов роста. Например, по оценкам многих экспертов, пик добычи нефти придется на 2011 год, после чего начнется резкий спад, который будет иметь губительные последствия для мировой экономики: снижение

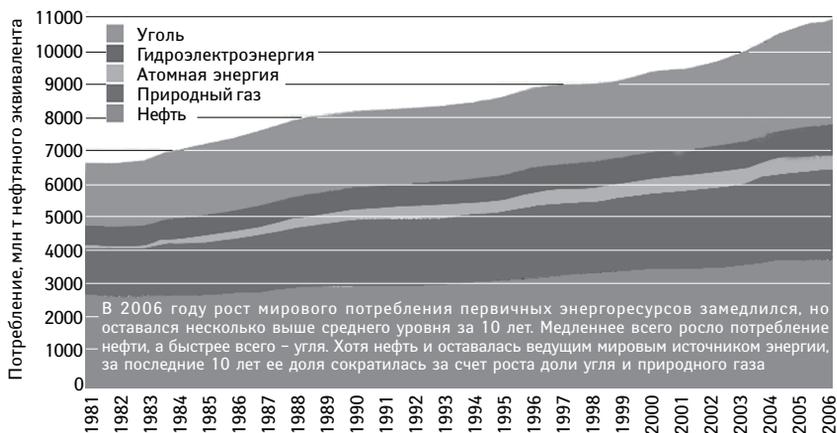


Рис. 1.6. Изменение потребления первичных энергоресурсов в мире [21]

нефтедобычи хотя бы на 10–15% может повлечь за собой крах экономики в нефtezависимых промышленно развитых странах [21].

Это заключение интересно сопоставить со сравнительно недавними прогнозными оценками группы Д. Медоуза [3]. Упомянувшуюся в п. 1.3.1 сентенцию о «порочной практике делать заявления насчет ресурсов, основываясь на данных по запасам» [3], иллюстрирует табл. 1.2, в которой приведены показатели обеспеченности (отношение запас/добыча) и ожидаемое время существования ресурса по состоянию на 2000 год. Уголь был и пока остается самым распространенным видом ископаемого топлива. На рис. 1.7 показан сценарий мировой добычи нефти в предположении, что потребление нефти останется на уровне 2000 года, а неразведанные запасы составляют 1,8 трлн. баррелей (примерно 200 млрд. тонн) – площадь под пунктирной кривой, соответствующая оценке в табл. 1.2. Этот сценарий, подготовленный в конце 1990-х годов, предсказывал переход через максимум мировой добычи нефти в начале нашего столетия, но при условии стабилизации потребления. Понятно, что при продолжающемся росте потребления максимум добычи может быть отодвинут на непродолжительное время в будущее, однако это только усилит резкое падение добычи нефти во второй половине XXI века.

Таблица 1.2. Годовая мировая добыча нефти, природного газа и угля, показатель запас/добыча и ожидаемое время обеспеченности ресурсом [3]

Природный ресурс	1970 год		2000 год		Ожидаемое время наличия ресурса, лет**
	годовая добыча	запас/добыча	годовая добыча	запас/добыча	
Нефть, млрд. тонн*	2	32	3,2	37	50–80
Газ, трлн. м ³	1,1	39	2,5	65	160–310
Уголь, млрд. тонн	2,2	2300	5,2	2170	Очень долго

* При среднем соотношении 1 баррель = 0,115 т сырой нефти;

** При сохранении потребления на уровне 2000 года.

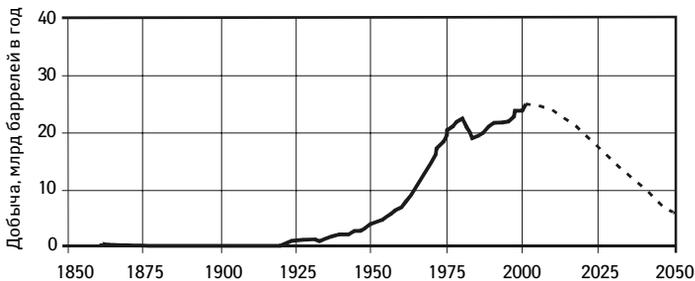


Рис. 1.7. Сценарий мировой добычи нефти (2000 год) [3]

Помимо истощения ископаемых энергетических ресурсов, другая серьезная причина озабоченности состоянием мировой энергетики – надвигающийся глобальный экологический кризис, вызванный потеплением климата в связи с ростом концентрации в атмосфере парниковых газов. Основной вклад в рост выбросов парниковых газов вносит сжигание так называемого органического топлива – угля, нефти, газа и т.п. Если верить оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), во избежание экономического и экологического коллапса нужно сократить выброс парниковых газов как минимум на 60% до 2050 года (см. п. 1.4).

В 70-х годах XX века узким местом представлялись скачки цен на нефть. Сегодня, когда на первый план выходит проблема изменения климата, определяющее значение приобретают стоки [3]. В этой связи все больше внимания в мире уделяется развитию альтернативных источников энергии в сочетании с ядерной энергетикой.

1.3.5. Альтернативные источники энергии

В существующих условиях у человечества есть возможность полностью обеспечить свои потребности в энергии за счет альтернативных источников энергии (АИЭ). Действительно, Солнце, ветер, вода и биомасса каждый день обеспечивают нашу планету в 10 тыс. раз большим количеством энергии, чем потребляет человечество в настоящее время. Кажущаяся «неисчерпаемость» АИЭ и их практически даровая стоимость (не считая стоимости генераторов) вызвали в последнее десятилетие бурный рост производства энергии на их основе. Например, благодаря введению поощрительных мер, предусмотренных Законом о возобновляемых источниках энергии (весна 2000 года), в ФРГ мощности энергетических установок, использующих энергию ветра, ежегодно увеличиваются на 3000 МВт и к началу 2007 года достигли 18 500 МВт. Эта модернизация позволила дополнительно снизить выброс углекислого газа на 7 млн. тонн в год. Однако лидер в использовании ветроэнергетических генераторов – Испания: 20 200 МВт к концу 2006 года [22].

Аргументы противников ветроэнергетических установок касаются двух главных тем: экономики и экологии. Завышенные цены на энергию от ветрогенераторов частично объясняются необходимостью инвестиций в развитие этого сектора энергетики. По мнению Г. Шера, до 2020 года цены на «альтернативное электричество» станут ниже цен на электричество, поставляемое новыми тепловыми и атомными электростанциями [22]. В целом, энергия, произведенная на основе альтернативных источников, пока обходится существенно дороже, чем полученная при использовании ископаемого топлива на основе традиционных технологий. Поэтому основная критика использования АИЭ обычно строится на экономических аргументах. Однако сторонники традиционных источников энергии охотно

забывают экономические аргументы, выдвигая тезис о том, что реальных запасов нефти и газа должно хватить на гораздо больший период, чем прогнозируемые 50–80 лет, если учитывать возможность их добычи в сложных условиях (глубокий шельф) или извлечение «неэкономичных» (на сегодняшний день) запасов. Реалистично мыслящие аналитики сходятся во мнении, что стоимость углеводородных энергоносителей будет постоянно расти в связи с неизбежным истощением ресурсов, что мы и наблюдали в 2007–2008 годах.

Возражения экологического свойства (ущерб ландшафту, шум, гибель птиц и т.п.) либо не имеют серьезных оснований (гибель птиц), либо могут быть разрешены введением обычного природоохранного регулирования (по нормативам шума, нарушению пейзажа и т.п.). Еще несколько экологических преимуществ ветрогенераторов – относительно (на единицу мощности) небольшая площадь отчуждаемой территории, дешевизна, короткое время демонтажа и рекультивации этой территории в случае выработки ресурса установки или ее переноса на новое место [23].

Более глубокие сомнения в радужных перспективах биотоплива выдвигают аналитики, рассматривающие весь комплекс экономических, экологических и социальных проблем, порождаемых глобальными амбициозными программами перехода на биотопливо. Например, в ходе последнего визита в Бразилию в марте 2007 года тогдашний президент США Дж. Буш предложил создать своего рода биотопливный ОПЕК, поскольку Бразилия и США контролируют 72% мирового производства растительного горючего. По мнению сторонников его использования, альтернативное топливо не истощает природные ресурсы планеты, усиливает энергетическую автономию производителей и открывает новые горизонты перед фермерами и крестьянами, особенно в развивающихся странах. По мнению одного из ведущих мировых экспертов по проблемам продовольствия – Э. Хольц-Хименеса, эти и другие утешительные мифы о биотопливе следует детально рассмотреть, прежде чем ратовать за его повсеместное внедрение [24]. Он анализирует следующие, по его мнению, ложные утверждения («мифы»), служащие весомыми аргументами в пользу глобальной перестройки структуры топливных ресурсов за счет большой доли биотоплива.

• Миф первый: **«Горючее растительного происхождения – это экологически чистое топливо, позволяющее защитить окружающую среду»**. Если оценить весь цикл производства биотоплива – от распахивания целины до сжигания горючего, – окажется, что ограничение эмиссии парниковых газов на конечном этапе не компенсирует их гораздо более значительные выбросы вследствие вырубki лесов, пожаров, осушения болот и потери углерода землей. Наконец, пока не доказано, что использование этилового спирта способствует сокращению выбросов углекислого газа.

• Миф второй: **«Производство биотоплива не приведет к уничтожению лесов»**. На деле, страны, вставшие на путь экстенсивного наращивания производства растительного сырья для биотоплива, демонстрируют примеры варварского уничтожения тропических лесов. В Бразилии (около 40% мирового производства биотоплива) ускоряется уничтожение тропических лесов Амазонии под плантации сои: по данным НАСА, там ежегодно вырубают 3215 тыс. гектаров леса. В Индонезии границы джунглей отступают под натиском плантаций масличной пальмы (сырья для биодизельного топлива); к 2020 году площади плантаций утроятся и достигнут 16,5 млн. гектаров, что повлечет утрату 98% лесного покрова страны.

• Миф третий: **«Биотопливо может способствовать развитию сельских районов»**. Биотопливный бум привлекает крупные межнациональные корпорации, стремящиеся выращивать сырье с наименьшими издержками за счет максимальной концентрации производства и внедрения наиболее эффективных технологий. В результате уже в настоящее время сотни тысяч мелких сельскохозяйственных производителей в Бразилии вынуждены уходить с рынка и со своих земель.

• Миф четвертый: **«Биотопливо не приведет к голоду»**. Переход на биотопливо усиливает конкуренцию за землю между производителями продовольствия и производителями горючего. В Мексике скачок цен на зерно за счет возрастания спроса на этиловый спирт (заменитель бензина) вызвал резкое подорожание кукурузных лепешек – одного из базовых продуктов для большинства населения. Рост цен на зерно может включить механизм роста цен на все виды продовольствия.

• Миф пятый: **«Биотопливо второго поколения – весьма доступный ресурс»**. Сторонники биотоплива успокаивают скептиков преимуществами производства горючего из быстрорастущих диких растений (например, проса *panicum virgatum*) – так называемого биотоплива второго поколения. Однако при интенсивном разведении дикие растения будут быстро распространяться на сельскохозяйственные угодья. Кроме того, внедрение генетически модифицированных сортов неизбежно приведет к неконтролируемой гибридизации растений. Все это вызовет существенные изменения природной среды.

Свой анализ Э. Хольц-Хименес заканчивает рядом примечательных выводов. Во-первых, «возобновляемая энергия» – не значит «неисчерпаемая», так как количества воды, земли и питательных веществ по-прежнему ограничены. Во-вторых, привлекательность биотоплива заключается в его способности продлить сроки жизни экономики, базирующейся на нефти. Мировой энергетический кризис – источник сверхприбылей для продовольственных и нефтяных компаний, ориентированных на парадигму «сверхпотребления» наиболее богатых социальных слоев. Основной вывод: для предотвращения кризиса необходим всемирный мораторий на развитие биотопливной промышленности, пока не будут введены регули-

рующие механизмы, позволяющие обеспечить сохранность ресурсов планеты. Таким образом, в ситуации с биотопливом отчетливо проявляются глубокие противоречия между экономическими интересами крупного капитала и социально-экономическими интересами беднейших слоев населения планеты, с одной стороны, и сохранением природных ресурсов – с другой [24].

По мнению Н. Стерна, известного экономиста и советника британского премьера, отсутствие серьезных действий в ответ на эту угрозу – «важнейший провал рынка в истории человечества». Рынку (т.е. чисто экономическим отношениям) выгоднее нефть, поэтому он не в состоянии оценить долгосрочные потери от изменения климата [25]. Эта коллизия – еще одна достаточно убедительная иллюстрация проблемы несовместимости принципов экономики с принципами экологии («экономика против экологии», см. п. 1.1.2).

1.4. Изменение климата

1.4.1. Состояние климатической системы

Основной аргумент в пользу АИЭ – угроза потепления климата в связи с загрязнением атмосферы парниковыми газами. По оценкам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК – Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), современное (на 2006 год) состояние климатической системы Земли характеризуется параметрами, перечисленными ниже [26, 27].

- Средняя температура приземного слоя атмосферы ~14°C, причем скорость прироста температуры удваивается примерно каждые 50 лет, начиная с 1950 года: 0,25°C к 2000 году, 0,5°C за период с 2000 по 2050 год (см. рис. 1.3).

- Средняя концентрация углекислого газа в атмосфере ~380 ppm (ppm – parts per million – миллионная часть) и продолжает расти с ростом промышленного производства (см. рис. 1.3).

- Температура воды Северной и Южной Атлантики до глубины 700 м за последнее время повысилась, как полагают, в результате антропогенного потепления климата.

- В период 1993–1998 годов уровень мирового океана повышается со скоростью 0,1 м за 30 лет. Это точно соответствует расширению объема воды за счет наблюдаемого нагревания мирового океана (вода расширяется при нагревании выше 4°C).

- В настоящее время происходит таяние ледников повсюду на планете, включая Гималаи. Однако общий вклад таяния ледников в повышение уровня океана не поддается количественной оценке.

- С ростом температуры атмосферы увеличивается испарение воды из водоемов, нарушается равновесие между испарением и осадками. Около

41% поверхности суши уже характеризуются как «засушливые территории» – ограниченно пригодные для сельскохозяйственного производства. Эти территории средних широт, на которых проживают до 2 млрд. человек, быстро опустыниваются и становятся непригодными для сельского хозяйства.

- Регистрация Эль Ниньо/Ла Нинья (El Nino/La Nina – аномальные атмосферноокеанические циркуляции в тропических зонах Тихого и Атлантического океанов) в период 1961–2003 годов показывает, что частота этих глобальных климатических явлений увеличивается с ростом температуры атмосферы. В периоды Эль Ниньо/Ла Нинья снижается производство продовольствия, что создает угрозу жизни для ~20 миллионов человек только в одной Африке.

- С ростом средней температуры атмосферы возрастает интенсивность резких изменений погодной температуры, что сопровождается усилением штормовых ветров в зоне атмосферных фронтов, сокращением периодов устойчивой погоды, увеличением частоты наводнений и т.п.

По последним опубликованным выводам МГЭИК, уточненная оценка роста температуры приповерхностного слоя лежит в диапазоне 2–4,5°C к 2050 году с наиболее вероятным значением 3°C [27]. При этом ожидается подъем уровня океана примерно на 0,5 м к 2050 году.

1.4.2. Последствия изменения климата

Основные выводы, которые сделаны в Резюме для политиков, подготовленном по результатам последнего пленума МГЭИК по вопросам ожидаемых последствий изменения климата (Брюссель, апрель 2007 года) [28], можно кратко изложить следующим образом [29].

- **Для всех континентов и большинства океанов данные наблюдений свидетельствуют о том, что в конце XX века многие естественные системы оказались подвергнуты региональным изменениям климата, особенно изменениям температуры.** В частности, произошли: увеличение размеров и количества ледниковых озер; уменьшение устойчивости грунтов в районах вечной мерзлоты; усиление опасности обвалов и лавин в горах; изменения в экосистемах Арктики и Антарктики; увеличение стока и сдвиг весеннего паводка многих рек ледникового и снегового питания к ранним датам; потепление воды в озерах и реках во многих регионах и т.п. природные явления.

- **Глобальная оценка данных наблюдений, характеризующих период с 1970 года, показала, что антропогенное потепление с высокой вероятностью заметно повлияло на многие физические и биологические системы,** а именно: более чем в 89% случаев направление изменений в рассмотренных физических и биологических системах оказалось именно таким, каким оно должно быть при потеплении; потепление зафиксировано на всех континентах (кроме Антарктиды), во всех океанах и в глобальном масштабе, оно имеет антропогенную составляющую (вы-

вод Рабочей группы I МГЭИК, [27]). Весьма маловероятно, что наблюдаемые изменения в физических и биологических системах связаны лишь с естественной изменчивостью температуры или самих систем.

• **Имеется более конкретная информация** (по сравнению с обоснованием предыдущих оценок [26]) **относительно будущих воздействий в XXI веке для широкого диапазона природных систем и секторов.**

Водные ресурсы: в высоких широтах и в некоторых регионах влажных тропиков годовой речной сток увеличится на 10–40%, а в сухих тропиках и сухих регионах средних широт, которые сейчас испытывают недостаток воды, произойдет его уменьшение на 10–30%; расширятся районы засух; вероятно, увеличится частота сильных осадков, что усилит риск наводнений; уменьшение запасов воды в ледниках и снежном покрове в горах приведет к ухудшению водоснабжения в регионах, зависящих от стекающих с гор рек (там проживает 1/6 населения Земли).

Экосистемы: примерно 20–30% видов растений и животных, исследованных к настоящему времени, с высокой вероятностью окажутся в условиях возрастающего риска исчезновения, если средняя глобальная температура повысится на 1,5–2,5°C.

Продовольствие и лесные продукты: в целом, в глобальном масштабе, потенциал производства продовольствия увеличится при росте локальных температур в диапазоне 1–3°C, а затем будет уменьшаться. В низких широтах, особенно в тропических регионах и там, где есть сухой сезон, объем продукции уменьшится при увеличении локальной температуры на 1–2°C, что может повысить риск голода. При небольшом потеплении меры по адаптации, например изменение сортов и сроков посева, повсеместно позволят сохранить урожаи зерновых на современном уровне. На глобальном уровне продукция коммерческой древесины возрастет при ожидаемом изменении климата, но межрегиональная изменчивость будет велика. Усилится негативное воздействие засух и наводнений. При потеплении произойдут региональные изменения в распределении и продуктивности некоторых видов рыб, что негативно скажется на аквакультуре и рыболовстве.

Прибрежные системы и низменности: возрастает риск эрозии берегов из-за повышения уровня океана и изменения климата. При повышении температуры на 1–3°C более частыми будут явления обесцвечивания и гибели кораллов в предположении об отсутствии адаптации. На прибрежные увлажненные экосистемы, включая соленые марши и мангровые леса, будет оказывать негативное воздействие подъем уровня океана. Миллионы людей подвергнутся воздействию наводнений вследствие подъема уровня океана, что наиболее сильно проявится в мегадельтах рек Азии и Африки; особенно уязвимы малые острова.

Промышленность, населенные пункты и общество: для этого сектора издержки и выгоды от изменения климата будут сильно варьировать по

регионам, но в целом, в глобальном масштабе, суммарный эффект имеет тенденцию быть негативным при усилении изменения климата. Бедные слои населения могут оказаться особенно уязвимыми.

Здоровье человека: плохое питание и расстройства здоровья с последствиями для роста и развития детей. Увеличение случаев смерти, заболеваний или ранений вследствие тепловых волн, наводнений, штормов, пожаров и засух. Учащение случаев заболеваний, связанных с расстройством пищеварительной системы (диарея); изменение пространственного распределения некоторых переносчиков инфекционных болезней.

• **Имеется более конкретная информация** (по сравнению с обоснованием предыдущих оценок [26]) **о природе будущих воздействий изменения климата в XXI веке по разным регионам мира.**

Следующие регионы мира в особенности уязвимы к воздействию меняющегося климата: Арктика, Африка, регион Сахары (Sub-Saharan Africa), небольшие острова, азиатские мегадельты.

В Европе ожидаются: увеличение риска пиковых паводков на реках, более частые наводнения и усиление эрозии в прибрежных зонах вследствие штормов и подъема уровня океана; отступление ледников в горах, сокращение снежного покрова (и продолжительности зимнего туристического периода), значительные потери биологических видов; на юге увеличение температуры и усиление засух ухудшат положение с водными ресурсами, уменьшат возможности производства гидроэлектроэнергии, ухудшат условия для летнего туризма, уменьшат объем продукции растениеводства, а риск для здоровья людей вследствие волн тепла возрастет; в Центральной и Восточной Европе уменьшение количества летних осадков, что сократит водные ресурсы; усиление тепловых волн увеличит риски для здоровья населения, сократит продуктивность лесов, увеличит частоту пожаров на торфяниках; смешанные эффекты в Северной Европе – положительные (сокращение потребности в обогреве помещений, рост урожаев, увеличение продукции древесины) и отрицательные (более частые зимние наводнения, возрастание неустойчивости грунтов, усиление риска для угрожаемых видов).

В полярных регионах ожидаются: сокращение толщины и площади ледников и ледовых щитов, изменения в экосистемах, неблагоприятные для мигрирующих птиц и млекопитающих, которые находятся на высоких трофических уровнях; в Арктике – уменьшение площади морских льдов и континентальной многолетней мерзлоты, увеличение глубины ее сезонного протаивания, усиление эрозии берегов; для населения Арктики последствия изменений состояния снежного и ледового покровов будут иметь смешанный характер, однако они, скорее всего, будут неблагоприятными для инфраструктуры и жизненного уклада традиционных сообществ, благоприятные последствия ожидаются в связи с сокращением издержек на обогрев и улучшением условий навигации.

• **Воздействия, обусловленные изменением частоты и интенсивности экстремальных погодных и климатических явлений, а также подъемом уровня океана, с высокой вероятностью будут меняться.**

Холодных дней станет меньше, и они будут теплее; жарких дней станет больше, и они будут жарче; волны тепла станут более частыми в большинстве континентальных регионов; сильные осадки будут более частыми в большинстве континентальных регионов; площади территорий, где наблюдаются засухи, возрастут; активность интенсивных тропических циклонов возрастет; встречаемость экстремально высоких уровней моря возрастет.

Все это окажет заметное влияние на сельское хозяйство, лесное хозяйство, состояние экосистем, водные ресурсы, здоровье человека, промышленность, а также на состояние населенных пунктов и сообщества жителей.

• **Некоторые широкомасштабные климатические явления могут вызвать очень большие воздействия, в особенности после XXI века.**

Существует вероятность того, что при глобальном потеплении на 1–4°C частичная потеря льда Гренландским и, возможно, Западно-Антарктическим ледовыми щитами в течение веков/тысячелетий приведет к подъему уровня океана на 4–6 м или более. Весьма маловероятно, что Североатлантическая термохалинная циркуляция резко изменится в XXI веке, однако ее замедление возможно, при этом температуры в Атлантике и Европе будут все же расти вследствие глобального потепления. Ее широкомасштабные устойчивые изменения могут сказаться на продуктивности морских экосистем, рыболовстве, поглощении углекислого газа океаном, содержании кислорода в океане, наземной растительности.

• **Воздействие климатических изменений будет различным в разных регионах. Однако, если оценить их последствия в сравнимых единицах, то весьма вероятно, что сумма покажет годовые «нетто-издержки», которые будут возрастать со временем по мере увеличения глобальной температуры.**

В диапазоне увеличения средней глобальной температуры 1–3°C суммарное воздействие изменения климата будет для одних регионов положительным, для других – отрицательным. При увеличении средней глобальной температуры более чем на 2–3°C все регионы будут нести издержки. Хотя воздействие изменяющегося климата на развивающиеся регионы может быть значительным, в масштабе Земли увеличение средней глобальной температуры на 4°C приведет к потерям глобального ВВП на 1–5%.

• **Совокупность мер по адаптации и смягчению воздействия может уменьшить риски, связанные с изменением климата.**

Таким образом, к началу 2007 года усилия научного сообщества в лице МГЭИК по анализу ситуации с угрозой потепления климата Земли привели к однозначным выводам, во-первых, о реальности этого процесса и, во-

вторых, о прямой причинной связи потепления с увеличением содержания парниковых газов в атмосфере планеты, вызванного человеческой деятельностью. По-видимому, изменение климата – наиболее серьезная угроза необратимых изменений в биосфере Земли со стороны человека.

1.5. Устойчивое развитие

1.5.1. Понимание проблемы и эволюция сознания

Представление о нарастании экологической напряженности сложилось в мировом научном сообществе в конце 1960-х годов, когда в рамках проектов Римского клуба (уже упоминавшегося в п. 1.1.1) были разработаны две первые глобальные модели и опубликованы результаты прогнозных расчетов: выше упомянутые «Пределы роста» [1] и «Человечество на перепутье» [30]. С помощью этих и последующих многочисленных глобальных моделей была выявлена острота социально-экономических проблем в мире, угрожающая стабильности всей биосферы, сделан генеральный вывод о необходимости пересмотра системы ценностей, которыми руководствуются человечество, отдельные страны и регионы. Одновременно и независимо от работ Римского клуба в 1973 году к подобным же выводам приходит упомянутый выше известный экоэкономист Герман Дэли (H. Daly) [11]: продолжение количественного роста экономики развитых стран (современный «золотой миллиард») нерационально, так как это приводит к преимущественному росту издержек, снижая экономическую эффективность и усиливая экологическую напряженность при избыточном удовлетворении материальных потребностей. Г. Дэли ввел понятие «устойчивая экономика» (steady-state economy) в область природоохранных глобальных проблем – за 10 лет до появления в обиходе термина «устойчивое развитие» (в наше время порядком избытого). Ему же принадлежит глубокое замечание: «Устойчивое развитие требует меньшего потребления природных ресурсов, но гораздо более высоких моральных качеств».

В 1972 году в Стокгольме под лозунгом «Земля только одна» прошла Конференция ООН по окружающей среде, которая приняла Стокгольмскую декларацию по окружающей среде и план действий как ориентир для разработки национальных стратегий по трем разделам (направлениям) деятельности в области охраны окружающей среды (ОС): оценка состояния ОС, управление ОС и поддерживающие мероприятия.

В 1978 году на Генеральной ассамблее Международного союза охраны природы и природных ресурсов (МСОП) принята Всемирная стратегия охраны природы. Основная ее идея: «В современных условиях глобальное воздействие на биосферу неизбежно и реальная охрана природы возможна лишь при рациональном использовании природных ресурсов...» [31]. Цель Всемирной стратегии – способствовать достижению стабильного экономического развития путем сохранения природных ресурсов. В дан-

ном документе устойчивое развитие определяется как «модификация биосферы и применение человеческих, финансовых, живых и неживых ресурсов для удовлетворения человеческих потребностей и улучшения качества жизни».

В 1984 году была создана Международная комиссия по окружающей среде и развитию при ООН (МКОСР), более известная по имени ее председателя – премьер-министра Норвегии Гро Брундтланд. Задачи комиссии: анализ ключевых проблем ОС; разработка реалистичных предложений по их решению; предложения по новым формам международного сотрудничества и т.п. В 1987 году МКОСР опубликовала доклад для ООН «Наше общее будущее» (так называемый Доклад Брундтланд) [32], в котором в качестве основы экономического развития на ближайшие десятилетия была названа концепция экологически устойчивого развития. Согласно этой концепции, под устойчивым развитием понимается развитие, которое удовлетворяет потребностям настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Концепция устойчивого развития базируется на двух основных понятиях:

- **потребности**, в особенности насущные потребности неимущих слоев населения мира, которым следует придать первоочередное значение;
- **ограничения**, налагаемые состоянием технологии и социальной организации на способность окружающей среды отвечать настоящим и будущим требованиям.

Устойчивость развития, по мнению Дж. Роулза (J. Rawls), может быть достигнута только при оптимальном распределении благ от извлекаемых (затрачиваемых) ресурсов как между членами и группами общества, живущими в одно время, так и во времени, т.е. между поколениями, живущими в разное время [33].

В результате радикальной эволюции мировоззрения усилия ученых за последние 10–20 лет позволили вплотную подойти к решению задачи пределов устойчивости биосферы и разработать новые количественные показатели выхода системы за пределы роста. Примером может служить упомянутая выше работа М. Вакернагеля с коллегами [4], которые показали, что антропогенная нагрузка на окружающую среду (в основном за счет загрязнения) вышла за допустимый предел потенциальной емкости планеты (см. рис. 1.1).

1.5.2. «Проклятые» неопределенности

Во всех приведенных выше понятиях и дефинициях, на которых держится концепция устойчивого развития, присутствуют неопределенности, главной из которых мы полагаем ответ на вопрос о возможности вообще решить проблему устойчивого развития. При положительном ответе на этот вопрос все остальные понятийные неопределенности могут и должны быть разрешены в процессе развития и углубления основных положений кон-

цепции. К таким «производным», недостаточно определенным понятиям мы относим:

- **экономическую эффективность** (как определить? следует ли учитывать экологический ущерб и как?);
- **экологическую напряженность** (нуждается в количественных критериях);
- **рациональное использование природных ресурсов** (критерии «рациональности»?);
- **сохранение природных ресурсов** (каких именно из возобновляемых? сохранение в каких пределах? что вообще означает «сохранение», притом что ресурсы непрерывно потребляются, а невозобновляемые при этом непрерывно истощаются?);
- **человеческие потребности, качество жизни** (что это такое? в каких единицах измеряются? каковы нижние и верхние пределы/пороги?);
- **оптимальное (справедливое) распределение благ** (каковы критерии «оптимальности» и понятие «справедливости»?) и т.п.

Понятно, что ответы на заданные в скобках вопросы дадут искомую основу для практических действий по решению проблемы гармонизации взаимоотношений между человеческим обществом и окружающей человека природной средой. Мы называем эти вопросы «проклятыми» по аналогии с термином «проклятая неопределенность» в уравнениях теоретической физики, содержащих деление на ноль: все изощренные приемы избежать этой неопределенности лишь задвигают ее «в глубь» проблемы. Действительно, попытки ответить на эти в равной степени фундаментальные и сакраментальные вопросы неизбежно либо заводят в тупик очередной смысловой неопределенности, либо выводят проблему устойчивого развития за пределы естественных наук – в область гуманитарных знаний о природе человека. А в этой области, в отличие от наук естественных, отношение к семантике понятий гораздо более «гуманное», т.е. либеральное, нетребовательное. Поэтому «проклятые» вопросы мы обсудим в гл. 11, в которой рассматриваются передовые идеи и направления философской мысли в фундаментальной проблеме взаимоотношений человека и природы (п. 11.3.4).

1.5.3. Императивы устойчивого развития: сохранение биосферы и отказ от концепции роста

Ведущие ученые уже несколько десятилетий привлекают внимание общества к постоянно растущим противоречиям между человеком и природой, углубление которых ставит под угрозу само существование человеческого рода. «Теперь, – замечает французский публицист и доктор права Ф. Сен-Марк, – мы вступили в «век природы» – новую эпоху, когда дефицит и непрочность природного пространства становятся самой драматичной проблемой для будущего человека и его выживания. Наступает историчес-

кий поворот в отношениях противоборства между двумя живыми системами – миром человека и миром природы» [34].

По мысли Н.Ф. Реймерса, «сжимание» шагреновой кожи природы составляет сначала экономить, а затем снижать потребности человечества до пределов, диктуемых ограничениями невозобновляемых и возобновляемых ресурсов, а также ограничениями устойчивости эко- и геосистем планеты». Смена эколого-социально-экономических эпох, по Н.Ф. Реймерсу, выглядит следующим образом [14].

I. Технология с экономическими ограничениями. Охрана природы и жизненной среды игнорируются. Стремление к максимальному демографическому росту, ограниченному голодом и болезнями. Территориально-демографический экспансионизм. Доминанта прокормления.

II. Технология с экономическими и отчасти экологическими ограничениями. Охрана природы и жизненной среды декларируется, но осуществляется лишь отчасти (не везде и не в полной мере). Максимальный демографический рост, поддерживаемый социально-экономическими механизмами и медициной. Территориальный экспансионизм. Доминанта экономики.

III. Технология с экономическими и возрастающими экологическими ограничениями. Охрана природы и жизненной среды с экономическими и технологическими ограничениями. Сдерживание демографического роста декларируется, но не осуществляется (в развитых странах происходит автоматически). Ресурсный экспансионизм. Доминанта экономики с экологическими ограничениями.

IV. Технология с абсолютными экологическими ограничениями. Приоритет охраны природы и жизненной среды над остальными целями общества. Демографические процессы подчинены цели повышения качества жизни – максимальная продолжительность жизни на фоне повышения уровня культуры (образования) и материального потребления. Постепенная депопуляция. Постконфронтационная эпоха всеобщей опасности и невыгодности войн и социальных напряжений. Доминанта выживания человечества.

По всей видимости, наш удел – жить в период исторического перехода от эпохи III (доминанта экономики с экологическими ограничениями) к эпохе IV (доминанта выживания человечества). Примечательно, что целью прогресса человечества в обозримом будущем эпохи выживания Н.Ф. Реймерс называет «повышение качества жизни», в полном согласии с идеями ведущих экоэкономистов конца XX столетия и независимо от них.

Действительно, уже в первых докладах Римскому клубу в 1970-х годах отчетливо звучала мысль о необходимости проведения различия между понятиями «рост» и «развитие». Хотя эти понятия близки друг другу, они не тождественны. Различие их не столько лингвистического, сколько содержательного порядка. По мнению авторов первого издания «Пределов рос-

та», «кризис (цивилизации) является результатом экспоненциального роста в ограниченном пространстве» [1]. Согласно М. Месаровичу и Э. Пестелю, он обусловлен наличием «разрыва между человеком и природой, «Севером» и «Югом», богатыми и бедными» [30].

Как уже отмечалось выше (п. 1.1.2), рост мировой экономики наряду с положительными экономическими результатами (повышение эффективности производства, разделение труда, технический прогресс) сопровождается негативными процессами глобализации в отношении развивающихся стран: потерей экономической независимости, сырьевой направленностью экономики, ростом внешней задолженности, истощением природных ресурсов и деградацией окружающей среды. В глобальной экономике налицо полное несоответствие ситуации основным принципам устойчивого развития. Экономическая глобализация, т.е. интегрирование национальных экономик в чисто экономических интересах, как это происходит до настоящего времени, не предлагает решения глобальных экономических проблем и угроз; напротив, она способствует углублению кризисных противоречий.

До середины XX столетия считалось, что все кризисы можно разрешить посредством триумфального марша прогресса (доминанта экономики, эпоха II – эколого-социально-экономическая, по Н.Ф. Реймерсу). В конце XX столетия, по мнению авторов первого издания «Пределов роста», ситуация существенно изменилась, ибо по своей внутренней природе современные глобальные кризисы отличны от кризисов прошлого, имевших «негативные источники». «В настоящее время (1970-е годы) кризисы обусловлены не столько негативными, сколько «позитивными источниками» – увеличением роста промышленного производства и населения, успехами в сфере практического использования достижений науки и техники и т.д.» [1]. Если на протяжении предшествовавших столетий научно-технический прогресс способствовал разрешению трудностей и проблем, возникавших от недостаточного познания человеком тайн природы, то сегодня, как считают М. Месарович и Э. Пестель, сам этот процесс ведет к возникновению глобальных кризисов, угрожающих существованию людей на Земле [30]. До сих пор прогресс отождествлялся с покорением человеком природы, теперь же становится ясно, что покорение природы оборачивается серьезными опасностями, непредвиденными негативными последствиями, ведущими к новым острым кризисам. Специфика новых кризисов заключается в том, что природа как бы вновь становится «противником, который вовсе не побежден, а в некоторых отношениях более неуловим и более грозен, чем мы можем себе представить». Современная ситуация свидетельствует о глубоком разрыве между человеком и природой, который, согласно авторам доклада, «является логическим следствием традиционной концепции прогресса». Выход из кризисной ситуации М. Месарович и Э. Пестель усматривают в коренном пересмотре этой концепции – в перехо-

де от соответствующего ей недифференцированного роста к дифференцированному росту, который должен способствовать установлению гармонии между человеком и природой [30].

Учитывая это, пришло время отказаться от концепции роста, заменив ее концепцией социально-экономического, политического, культурного и экологического развития. Акцент должен быть перенесен с **количества** на **качество**. Иными словами, концепцию экономического роста, определяющую рост как панацею от всех бед, следует заменить, по заключению авторов пятого доклада Римскому клубу, «гуманной концепцией социально-экономического прогресса, измеренного в терминах качества жизни» [35].

Эта концепция трансформировалась в наше время в концепцию устойчивого развития как императив современной цивилизации [32]. Вполне естественно, хотя и жаль, что формулировки основных положений концепции устойчивого развития (п. 1.5.1) не свободны от сакраментальных «проклятых» неопределенностей, о которых говорилось выше (п. 1.5.2): «на-сущные потребности», «неимущие слои», «способность окружающей среды» и т.п. понятия требуют определения смысла и содержания. Тем не менее императив устойчивого развития стимулирует научную мысль к детальной разработке нового мировоззрения и к практическим шагам по стабилизации (по крайней мере, на первом этапе) глобального экологического кризиса.

1.6. Россия в глобальном экологическом кризисе

Этот раздел составлен в основном по материалам статьи Н.Н. Марфенина [36]. Один из основных тезисов Н.Н. Марфенина, который мы полностью разделяем: «Концепция устойчивого развития не подвергает сомнению первостепенное значение экономики, но, по сути своей, предупреждает об опасности решения сначала экономических, а затем других задач – социальных, экологических, педагогических, психологических. Тем более опасно решение экономических задач за счет «перекачивания ресурсов» из других сфер жизни. Энергия «экономического реактора» нередко становится разрушительной – как у двигателя с плохой системой управления. Эта истина получила признание в мире всего несколько десятилетий назад». От себя добавим, что последствия нарушения сформулированного выше одного из основных положений концепции устойчивого развития мы наблюдаем в наше время (2008–2009 годы) в виде мирового финансово-экономического кризиса.

Концепция устойчивого развития была разработана по инициативе ООН для предотвращения опасных перекосов в развитии мирового сообщества, а не отдельных стран. В то же время можно предположить (по крайней мере, теоретически), что для достаточно обширных географических или административных территорий условия устойчивого развития достигимы в гораздо большей степени, нежели для глобальной эколого-экономи-

ческой системы. Нижним пределом размеров таких территорий могут быть небольшие государства или крупные административные образования внутри больших стран (например, крупные субъекты Федерации в России), имеющие самостоятельные социально-экономические функции управления. Проблемы устойчивости региональных социоприродных систем (СПС) будут рассмотрены ниже – при обзоре подходов к ограничению антропогенного воздействия на геосистемы различных рангов (п. 3.2.2). Подходы к решению проблемы устойчивости региональных СПС основаны на идеях Н.Ф. Реймерса [37], который характеризовал региональные геосистемы как природные комплексы нижних рангов по отношению к биосфере. К ним, как полагал Н.Ф. Реймерс, применимы те же, что и для глобальных природных систем, ограничения на возможности изъятия ресурсов из-за опасности разрушения этих комплексов при нарушении ресурсных балансов.

К близкому по смыслу выводу приходит Н.Н. Марфенин [36]: методология подхода к предотвращению глобальных кризисов может быть с успехом применена и в отдельном государстве, и в более мелких структурных образованиях – на любых системных уровнях. Вполне можно судить о глубине и проработанности стратегии развития любой страны по действиям законодательной и исполнительной ветвей власти, направленным на решение задач, поставленных в «Повестке дня на XXI век» – главном международном документе, принятом на Всемирном форуме в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

С этих позиций приходится с сожалением констатировать, что в России концепция устойчивого развития была воспринята незаинтересованно и без глубокого понимания. поэтапный стиль управления и решения государственных задач явно взял верх над стратегией параллельной разработки краткосрочных и долгосрочных программ действий.

В «Повестке дня на XXI век» содержится 40 разделов, определяющих основные направления действий. Большинство из них заслуживает серьезного внимания, глубокого профессионального анализа, а затем принятия национальных программ действий с последующим контролем их выполнения. Однако по состоянию на 2008 год в России по многим направлениям не только нет значительных результатов, но даже не разработано никаких программных документов [36].

В частности, как того требует гл. 4 «Повестки дня на XXI век», изменение структуры потребления означает последовательное снижение ресурсоемкости и энергоемкости производства. Кризисное положение в энергоэффективности экономики России будет показано ниже (п. 4.4.5). Для снижения затрат энергии и других ресурсов недостаточно повышать на них цены. Необходимы специальные государственные программы поддержки новых технологий, экономии энергии, использования возобновляемых источников энергии. Однако даже в «Энергетической стратегии России на период до 2020 года» [38] дальше деклараций дело не пошло. В последующие

годы программа государственной поддержки ресурсосбережения так и не была принята.

Другой пример – загрязнение окружающей среды, негативное воздействие которого может проявляться в пределах ограниченной территории. Предполагалось, что для предотвращения ущерба будут приняты государственные планы снижения загрязнения окружающей среды предприятиями и автотранспортом, однако подобные планы не были разработаны в России ни в период экономического спада 1990-х годов, ни в последующие годы начала возрождения экономики.

В общем, при подготовке перспективных планов развития России задачи устойчивого развития, сформулированные в «Повестке дня на XXI век», оказались вне сферы внимания общественности и правительственных структур [36].

Концепция устойчивого развития подчеркивает недальновидность разделения задач на первостепенные срочные и отложенные до лучших времен долгосрочные. Сила и профессионализм современного администрирования проявляются как раз в способности параллельного выявления и решения как неотложных, так и перспективных проблем. Следование парадигме устойчивого развития должно стимулировать разработку управленческих технологий в направлении своевременного распознавания назревающих противоречий и приемов предотвращения будущих конфликтов на основе опережающего решения долгосрочных проблем.

Характерно, что в вопросах снижения опасности загрязнения окружающей среды и ресурсоемкости политическое руководство России прошло в некотором смысле полпути и остановилось. Главными достижениями в этой области с 1992 года стали: разработка и утверждение совокупности природоохранных законов и нормативных документов, введение процедуры оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и экологической экспертизы, декларация открытого статуса экологической информации, создание действенной административной системы контроля деятельности предприятий по предотвращению опасного воздействия на окружающую среду. Следующим шагом на пути реализации стратегии устойчивого развития должна была стать разработка Программы поэтапного роста экологической безопасности – снижения потенциально опасных воздействий на окружающую среду, улучшения состояния атмосферы, вод, почвы. Но, получив инструментарий управления природопользованием, властные структуры не проявили должной воли, чтобы установить сроки и этапы решения той проблемы, ради которой он был создан [36].

В 2000 году был ликвидирован Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, а функции этого контрольного ведомства переданы Министерству природных ресурсов, специализирующемуся на использовании, а не охране природы. Такое решение уже в 2000 году привело к росту промышленных выбросов в атмосферу и сбросу загрязняющих ве-

ществ в водные объекты, снижению почти на треть объема полностью обезвреженных отходов по сравнению с предыдущим годом (Государственный доклад о состоянии окружающей среды в РФ за 2000 год). В последующие годы ситуация не улучшилась. За период с 1999 по 2006 год совокупный выброс загрязняющих веществ в атмосферу увеличился по России на 10,2%. Темп совершенствования очистных сооружений, ввода в строй новых, модернизации фабрик и заводов остается недопустимо медленным, что в немалой мере обусловлено отсутствием ясной государственной программы и плана действий.

В результате, по официальным данным (Парламентская газета. – 2008. – № 24–25), к 2008 году 15% территории России можно считать экологически неблагоприятными, причем именно на этих территориях проживает две трети населения России (см. гл. 6).

1.7. Резюме. Кризис в отношениях общества и природы – глобальный экологический кризис

Глобальная экономика

Все пять основных составляющих мировой социально-экономической системы – численность населения, производство продуктов питания, индустриализация, загрязнение окружающей среды и потребление исчерпаемых природных ресурсов – подвержены экспоненциальному росту. Наиболее характерные естественные пределы роста:

- рост численности населения Земли (до 7–10 млрд. человек) ограничен ресурсом земель, пригодных для сельского хозяйства (~3,2 млрд. гектаров);
- практически полное исчерпание экономически рентабельных рудных запасов некоторых металлов (золота, платины, цинка, свинца и др.) к 2050 году;
- рост производства энергии на ископаемом топливе (уголь, нефть, газ, уран) ограничен исчерпаемостью этого ресурса в пределах 50 (нефть) – 500 (уголь) лет [1, 3].

Начиная с 1980-х годов потребности человека превышают возможности планеты, и выход за пределы самоподдержания («устойчивого развития») в 1999 году составил порядка 20% [4]. Выход за пределы необходимо признать, чтобы вернуть мир в область самоподдержания.

Глобализация выражается в быстро развивающихся экономических и экологических связях между странами. При этом в мире нарастает протест против негативных сторон глобализации – усиления экономической зависимости, экономического роста за счет потребления природных ресурсов, увеличения нагрузки на природу, нарастания экологической напряженности в развивающихся странах, роста внешней задолженности развивающихся стран. Налицо катастрофический перекокс в темпах и перспективах социально-экономического прогресса богатых и бедных регио-

нов планеты: богатые богатеют, бедные еще больше нищают. В современном ее виде основанная на логике погони за прибылью глобализация в сфере экономики и финансов способствует углублению кризисных противоречий (глобальный кризис 2008–2009 годов) и ускоряет разрушение естественных механизмов воспроизводства жизни на планете. Капитализм, чьей современной формой является глобализация, должен восприниматься как устаревшая экономическая система. В основе глобального системного кризиса лежат фундаментальные противоречия принципов, на которых строятся экономические законы, природным экологическим законам («экономика против экологии» (см. п. 11.2).

Отходы и загрязнение природной среды

Промышленные отходы, выбросы и сбросы – наиболее очевидные из основных факторов воздействия на окружающую среду. Развитие в направлении стабильного (steady-state) общества ограничено пределами допустимого загрязнения окружающей среды. Превышение этих пределов при неограниченном росте экономики приведет к необратимым нарушениям баланса экономики и экологии. Следствием этого станет так называемый неэкономический рост, при котором продолжение роста физических объемов производства будет приводить к обнищанию населения [11]. Выбросы парниковых газов – главная угроза глобальному экологическому равновесию в начале XXI столетия вследствие изменения планетарного климата.

Ресурсы

Ресурсы в системном моделировании материальных потоков в мировой экономике играют роль источников. Ключевая проблема устойчивости источников заключена в скорости, с которой убывают (истощаются) невозобновляемые ресурсы, и в скорости восстановления (или замены) возобновляемых ресурсов. Ресурс неизбежно уменьшается, в то время как запасы некоторое время могут увеличиваться. Озабоченность вызывает растущая стоимость планетарных источников (ресурсов) и стоков (отходов). Сочетание усиления эксплуатации возобновляемых источников, истощения невозобновляемых источников и переполнения стоков приведет к увеличению энергии и капитала, необходимых для поддержания потоков ресурсов, нужных для функционирования экономики. Одним из важнейших условий устойчивого развития общества становится ресурсосбережение – снижение потребления сырьевых ресурсов при сохранении или увеличении объемов производства энергии и материальной продукции. Расчеты показывают, что для обеспечения устойчивого развития требуется повысить эффективность ресурсопотребления, по крайней мере, в 4 раза [15].

Доступная для обработки земля – пример существования предела исчерпаемого (невозобновляемого) ресурса. Из потенциально пригодных для

сельского хозяйства земель на планете (в пределах 2–4 млрд. гектаров) 1,5 млрд. гектаров используются для выращивания зерновых, и эта площадь более или менее постоянна в последние 30 лет. Самые плодородные земли уже истощены. Скорость, с которой утрачивается плодородный слой, постоянно растет: от 25 млн. тонн в год до промышленной революции до 760 млн. тонн в год в наше время [16]. Деградированные земли замещаются потенциально пригодными (лесными территориями), что порождает новую цепь экологических проблем. С ростом населения снижается средняя площадь обрабатываемой земли на душу населения – с 0,6 га в 1950 году до 0,25 га в 2000-м. Статистические данные и расчеты показывают устойчивое снижение среднего производства продовольствия на душу населения в мире [3].

Пресная вода – пример предела использования возобновляемого ресурса. Вода выполняет двойную функцию – источника (ресурса) и стока (приемника отходов). Истощение водных запасов подрывает один из ключевых ресурсов, на которых построено человеческое общество. Как большинство ресурсов, доступные запасы пресной воды распределены крайне неравномерно. В большинстве водных бассейнов пределы, без сомнения, превышены, в этих регионах потребление воды на душу населения уже уменьшается [3]. Предсказуемый верхний предел количества пресной воды, доступной для использования человечеством на рубеже XXI столетия (в км³ в год): 11 000 – устойчивый сток, еще 3500 дают дамбы, минус 2100 – труднодоступные воды, в итоге 12 400 км³ в год [17]. Если среднее потребление воды на душу населения не изменится, то к 2050 году человечество будет потреблять 10 200 км³ в год (82% мирового устойчивого стока пресной воды). При потреблении значительное количество воды (2290 км³ в год) не возвращается в водоемы за счет испарения и включения в биомассу сельскохозяйственной продукции, еще 4490 км³ в год используется как «сток» отходов производства. Поэтому первый симптом нехватки воды в регионе – рост цен на зерно: 1 т зерна эквивалентна 1000 т воды, импорт зерна – самый эффективный способ импорта воды [18]. Снижение потребления воды на душу населения связано главным образом с повышением эффективности использования доступных водных ресурсов («запасов»). Основные направления рационализации потребления воды: повторное использование (замкнутые водообороты), экономия, внедрение водосберегающих технологий и др. Устойчивое потребление воды невозможно без стабильного климата, что связано с устойчивостью потребления энергии [3].

Мировая экономика с каждым годом расходует на 3,5% больше энергии. Энергия играет центральную роль в достижении целей устойчивого развития. Базовый сценарий развития к 2030 году, подготовленный ОЭСР (2002 год), имеет следующие рамочные параметры [7, 19]:

- 1,4 млрд. человек в мире по-прежнему остаются без электричества;
- 2,6 млрд. человек используют в качестве источника энергии тради-

ционную биомассу (дрова, сельскохозяйственные отходы и т.п.), из них около 2 млрд. человек не имеют доступа к энергии промышленного значения;

- ископаемые виды топлива по-прежнему доминируют в глобальном использовании энергоресурсов (источников энергии);

- доля атомной (ядерной) энергии в мировом спросе (потреблении) на энергию снизится с 7% (начало XXI века) до 5% (2030 год); в производстве электроэнергии – с 17 до 9%;

- возрастет доля возобновляемых источников энергии в структуре производства энергии;

- транспортный сектор опережает все другие отрасли экономики по росту потребления энергии, в основном за счет роста спроса на нефть;

- почти весь рост спроса (производства) на энергию (1,7% в год) приходится на развивающиеся страны;

- мировых энергетических ресурсов достаточно для удовлетворения растущего спроса на энергию;

- увеличение выбросов углекислого газа (1,8% в год) происходит в основном за счет развивающихся стран (60–70% валового прироста), а в структуре производства/потребления энергии – за счет транспорта и энергетики (75% прироста).

Приведенные параметры ОЭСР развития мировой энергетической системы стремительно устаревают. В развитых странах Европы и Америки неуклонно нарастает понимание необходимости и неизбежности замены ископаемых видов энергоресурсов (угля, нефти, газа урана) альтернативными (по сути, возобновляемыми) источниками энергии – энергией ветра, Солнца, биомассой. Основная причина озабоченности – надвигающийся глобальный экологический кризис, вызванный потеплением климата в связи с ростом концентрации в атмосфере парниковых газов. Другая, не менее важная причина – истощение доступных (рентабельных) запасов нефти и газа, сопровождаемое неуклонным ростом цен на них. Сегодня, когда на первый план выходит проблема изменения климата, определяющее значение приобретают стоки [3]. В этой связи все большее внимание в мире уделяется развитию АИЭ в сочетании с ядерной энергетикой. В существующих условиях у человечества есть возможность полностью покрыть свои потребности в энергии за счет АИЭ, которые каждый день обеспечивают нашу планету в 15 тыс. раз большим количеством энергии, чем потребляет человечество в наше время. Кажущаяся «неисчерпаемость» возобновляемых ресурсов и их практически даровая стоимость вызвали в последнее десятилетие бурный рост производства энергии на их основе. В то же время экономические, экологические и социальные проблемы, связанные с глобальными амбициозными программами перехода на биотопливо, порождают глубокие сомнения в их радужных перспективах [24]. В ситуации с биотопливом отчетливо проявляются глубокие противоречия между экономическими интересами крупного капитала и социально-

экономическими интересами беднейших слоев населения планеты, с одной стороны, и сохранением природных ресурсов – с другой.

Отсутствие серьезных действий в ответ на угрозу потепления климата – важнейший провал рынка в истории человечества. Рынку (т.е. чисто экономическим отношениям) выгоднее нефть, поэтому он не в состоянии оценить долгосрочные потери от изменения климата [25]. Эта коллизия – достаточно убедительная иллюстрация к проблеме несовместимости принципов экономики с принципами экологии («экономика против экологии», см. п. 11.2).

Изменение климата

По оценкам МГЭИК, современное (на 2006 год) состояние климатической системы Земли характеризуется ростом основных параметров [24, 25]: средней температуры приземного слоя атмосферы, уровня океана, средней концентрации углекислого газа в атмосфере, температуры воды Северной и Южной Атлантики до глубины 700 м, площади засушливых территорий, частоты глобальных климатических явлений. Основные выводы, к которым пришел последний пленум МГЭИК (2007 год), свидетельствуют о том, что в конце XX века многие естественные системы оказались затронутыми региональными изменениями климата, особенно изменениями температуры [28, 29]. К началу 2007 года усилия научного сообщества в лице МГЭИК привели к однозначным выводам, во-первых, о реальности процесса потепления климата и, во-вторых, о прямой причинной связи потепления с ростом антропогенной эмиссии парниковых газов. Изменение климата – наиболее серьезная угроза необратимых изменений в биосфере Земли со стороны человека.

Устойчивое развитие

Основные исторические вехи в эволюции мирового общественного сознания в отношении нарастания экологической напряженности и планетарного экологического кризиса:

- конец 60-х – начало 70-х годов XX века, Римский клуб – необходимость радикального пересмотра системы ценностей в отношениях с природной средой и биосферой в целом [1];
- 1972 год, Стокгольм, Конференция ООН по окружающей среде – Стокгольмская декларация, план действий по направлениям деятельности в области охраны окружающей среды;
- 1973 год, Г. Дэли – количественный рост экономики происходит за счет снижения экономической эффективности и усиления экологической напряженности при избыточном удовлетворении материальных потребностей; вводится понятие «устойчивая экономика» [11];
- 1978 год, Международный союз охраны природы и природных ресурсов – Всемирная стратегия охраны природы; основная цель Всемирной

стратегии – способствовать достижению стабильного экономического развития путем сохранения природных ресурсов [31];

• 1987 год, Международная комиссия по окружающей среде и развитию, доклад для ООН («доклад Брундтланд») – концепция экологически устойчивого развития [32].

В проблеме устойчивого развития нами обозначены концептуальные (понятийные) неопределенности и вопросы, требующие фундаментального исследования:

• **экономическая эффективность** – учитывать ли экологический ущерб и как?

• **экологическая напряженность** – каковы меры и критерии?

• **рациональное использование природных ресурсов** – какова система критериев?

• **сохранение природных ресурсов** – каков смысл термина «сохранение»? в каких пределах?

• **человеческие потребности, качество жизни** – каковы дефиниции, меры, пределы?

• **оптимальное (справедливое) распределение благ**: каковы критерии «оптимальности» и понятие «справедливости»?

Поиск ответов на эти вопросы – путь к решению проблемы устойчивого развития, который неизбежно выводит нас за пределы естественных наук – в область гуманитарных знаний о природе человека.

По Н.Ф. Реймерсу, смена эколого-социально-экономических эпох выглядит следующим образом [14]:

I. Технология с экономическими ограничениями – доминанта прокормления.

II. Технология с экономическими и отчасти экологическими ограничениями – доминанта экономики.

III. Технология с экономическими и возрастающими экологическими ограничениями – доминанта экономики с экологическими ограничениями.

IV. Технология с абсолютными экологическими ограничениями – доминанта выживания человечества.

В современной глобальной экономике налицо полное несоответствие ситуации основным принципам устойчивого развития, что свидетельствует о глубоком разрыве между человеком и природой. Эта ситуация является логическим следствием традиционной концепции прогресса. Выход из кризисной ситуации состоит в коренном пересмотре этой концепции – в переходе от соответствующего ей недифференцированного роста к дифференцированному, который должен способствовать установлению гармонии между человеком и природой [30]. Концепция экономического роста должна быть заменена «гуманной концепцией социально-экономического прогресса, измеренного в терминах качества жизни» [35]. Эта концеп-

ция трансформировалась в наше время в концепцию устойчивого развития как императив современной цивилизации [32].

Россия в глобальном экологическом кризисе

Можно предположить, что для достаточно обширных географических или административных территорий условия устойчивого развития достижимы в гораздо большей степени, нежели для глобальной эколого-экономической системы. Н.Ф. Реймерс характеризовал региональные геосистемы как природные комплексы нижних рангов по отношению к биосфере. К ним применимы те же, что и для глобальных природных систем, ограничения на возможности изъятия ресурсов из-за опасности разрушения этих комплексов при нарушении ресурсных балансов [37]. К близкому по смыслу выводу приходит Н.Н. Марфенин [36]: методологию подхода к предотвращению глобальных экологических кризисов можно с успехом применить и в отдельном государстве, и в более мелких структурных образованиях. Вполне можно судить о глубине и проработанности стратегии развития любой страны по действиям власти, направленным на решение задач, которые поставлены в «Повестке дня на XXI век», принятой на Всемирном форуме в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

С этих позиций приходится с сожалением констатировать, что в России концепция устойчивого развития была воспринята незаинтересованно и без глубокого понимания. По состоянию на 2008 год в России по многим направлениям не только нет значительных результатов, но даже не разработано никаких программных документов [36]. В частности, не принято никаких реальных действий для преодоления кризисного положения в энергоэффективности, не приняты программы государственной поддержки ресурсосбережения.

В общем, при подготовке перспективных планов развития России задачи устойчивого развития, сформулированные в «Повестке дня на XXI век», оказались вне фокуса внимания общественности и правительственных структур [36]. В результате, по официальным данным (Парламентская газета. – 2008. – № 24–25), к 2008 году 15% территории России можно считать экологически неблагоприятными, причем именно на этих территориях проживает 2/3 населения страны.

Список литературы

1. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W. III The Limits of Growth: A Report to the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. – N.Y.: Universe Books, 1972.
2. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J. Beyond the Limits – Post Mills, VT: Chelsy Green Publ. Company, 1992.
3. Meadows D.H., Randers J., Meadows D.L. Limits to Growth. The 30-Year Update. – White River Junction, Vermont: Chelsy Green Publ. Company, 2002. (Русское издание:

Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя: Пер с англ. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.)

4. Tracking the Ecological Overshoot of the Human Economy / M. Wackernagel, N.B. Schulz, D. Deumling e.a. // Proc. Acad. Sci.- 2002. – Vol. 99. – №. 14. – P. 9266–9271.

5. Келле В.Ж. Процессы глобализации и динамика культуры // Знание. Понимание. Умение (Московский гуманитарный университет). – 2005. – № 1. – С. 69–70.

6. Василенко В.А. Экология и экономика: проблемы и поиски путей устойчивого развития: Аналитический обзор. – Новосибирск: Изд-е СО РАН ГПНТБ, ИЭИОПП, 1997.

7. Кастро Диас-Баларт Ф. Энергетика и окружающая среда: трудный выбор // Бюллетень МАГАТЭ. – 2002. – Т. 44. – № 1. – С. 25–28.

8. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. – М.: ЮНИТИ, 1998.

9. О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 2000 году: Государственный доклад. – М.: Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 2001.

10. Балиев А. Отходное дело // Российская газета. Спец. вып. «Экономика (Экология)». – 2009. – № 112. – С. А13.

11. Toward a Steady-State Economy / Ed. By H. Daly. – San-Francisco: Freeman & Co, 1973.

12. International Comission for the Protection of the Rhine // www.iks.org.

13. Hansen J. A Slippery Slope: How Much Global Warming Constitutes «Dangerous Anthropogenic Interference» // Climate Change. – 2005. – Vol. 68. – P. 269–279.

14. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: ИЦ «Россия молодая», 1992. – С. 363.

15. Вайцзеккер Э.У., Отт Г.Э. Налоги на плохое, а не на хорошее // Наша планета (ООН, Про-грамма по окружающей среде). – 1998. – Т. 9. – № 6. – С. 1.

16. Rosanov B.G., Targulian V., Orlov D.S. Soils // The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 30 Years / Ed by B.L. Turner e.a. – Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

17. Postel S., Daily G.S., Ehrlich P.R. Human Appropriation of Renewable Fresh Water // Science. – 1996. – Vol. 271 (Feb. 9). – P. 785–788.

18. Brown L.R. Water Deficits Growing in Many Countries // Eco-Economy Update. – Washington DC: Earth Policy Inst., Aug. 6, 2002.

19. International Energy Agency – World Energy Outlook 2002 // Vienna: IAE, 2002.

20. Энергия и нищета // Бюллетень МАГАТЭ. – 2002. – Т. 44. – № 2. – С. 24–29.

21. Разведанные запасы нефти не беспредельны. Что придет на смену «черному золоту»? (Отчет ВР "Статистический обзор мировой энергетике", 2006) // Бюллетень по атомной энергии. – 2007. – № 9. – С. 19–22.

22. Шерр Г. В защиту возобновляемых источников энергии // Новая газета. – 2007. – № 15.

23. Оливье Ф. Франция: баталии вокруг использования энергии ветра // Свободная мысль. – 2007. – № 2. – С. 112–115.

24. Хольц-Хименес Э. Пять мифов о переходе на биотопливо // Новая газета. – 2007. – № 47.

25. *Милов В.* Эффективность – вот главная альтернатива // Новая газета. – 2007. – № 15.
26. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2001. Impacts, Adaptation, Vulnerability. – Contribution of Working Group II to the III Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, 2001.
27. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. – Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC // Draft Rep., WMO/UNEP, Geneva, Feb. 2007 (<http://www.ipcc.ch>).
28. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. – Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC // Draft Rep., Brussels, Apr. 2007 (<http://www.ipcc.ch>).
29. Пресс-релиз по итогам работы Рабочей группы II Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). – М.: ИТАР-ТАСС, 20 апреля 2007 года (подготовлен С.М. Семеновым).
30. *Mesarovic M., Pestel E.* Mankind at the Turning Point. The Second Report to the Club of Rome. – N.Y., 1974. – P. IX.
31. Всемирная стратегия охраны природы // Курьер ЮНЕСКО. – 1980. – Июнь.
32. Наше общее будущее: Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию, представленный ООН в 1987 году: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1989.
33. *Rawls J.* Theory of Justice. – Oxford: Oxford University Press, 1972.
34. *Сен-Марк Ф.* Социализация природы. – М., 1977. – С. 54.
35. Goals for Mankind: A Report to the Club of Rome on the New Horizons of Global Community. – N.Y.: Dutton, 1977. – P. 304.
36. *Марфенин Н.Н.* Устойчивое развитие России сегодня: Предисловие к Ежегоднику «Россия в окружающем мире – 2008» // Россия в окружающем мире: 2008: Аналитический ежегодник. Вып. 11. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2009.
37. *Реймерс Н.Ф.* Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: ИЦ «Россия молодая», 1994.
38. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 августа 2003 года. № 1234-р.

2. ОГРАНИЧЕНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ (ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ)

Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду...

Конституция РФ

2.1. Ущерб природным ресурсам: основные понятия, термины, проблемы

Мы избежим половины разногласий,
если сойдемся в определениях.

Р. Декарт

2.1.1. Природная среда

Оценка ущерба природным ресурсам в процессе хозяйственного освоения территории – актуальная проблема современного природопользования. В частности, одним из основных принципов охраны окружающей среды в России, согласно действующему Федеральному закону «Об охране окружающей среды» (далее по тексту часто пишем «Закон»), является «платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде...» (ст. 3) [1].

Введение термина «эколого-экономический ущерб» обусловлено сложным характером последствий вторжения человека в окружающую природную среду. В результате антропогенного воздействия происходят потери как для природы (истощаются ресурсы, трансформируется естественный ход эволюции и функционирования экосистем), так и для самого человека (ухудшаются условия жизни, отдыха, экономические показатели, благосостояние каждого индивидуума общества). Для гармонизации взаимодействия общества с природой требуется объективная оценка последствий влияния человека на окружающую среду в двух базовых взаимосвязанных параметрах – экологическом и экономическом.

В то же время все имеющиеся на сегодня правовые и нормативные документы декларируют оценку ущерба для природы в понятиях и категориях, являющихся по своей сути обоснованием исключительно экономических потерь для хозяйства и последствий для социальной сферы человека.

Одним из подходов к объективной оценке ущерба окружающей среде может служить предложение отделить экологическую составляющую от сугубо экономических потерь, обусловленных воздействием на природу [2]. В этой связи общий ущерб рассматривается как сумма двух компонент: ущерб хозяйству (охотничьему, рыбному, лесному) и ущерб живой природе. При этом ущерб хозяйству определяется стоимостью продукции, которая

не будет получена после реализации проекта или в результате аварии. Ущерб живой природе (биосферный ущерб) – денежная оценка запаса животных или растений, гибнущих или теряющих необходимые жизненные условия от строительства, эксплуатации объекта или производственной аварии.

Пример другого подхода – определение эколого-экономического ущерба как интегрированной стоимостной оценки вреда природным ресурсам, возникающего при нарушениях естественных процессов функционирования экосистем в связи с хозяйственной деятельностью, и убытка самому хозяйствованию человека [2].

В России вопросы экономической оценки и возмещения вреда (ущерба), причиненного окружающей среде, природным ресурсам, здоровью населения, а также различным субъектам правовых отношений и хозяйственной деятельности, регламентируются обширным перечнем нормативно-методических документов, утвержденных как на федеральном, так и на региональном уровнях. На федеральном уровне к середине 2000-х годов насчитывалось более 70 нормативных документов, устанавливающих и (или) разъясняющих различные аспекты деятельности в данном направлении. Документы регионального уровня, утвержденные органами власти субъектов Российской Федерации, либо восполняют пробелы в нормативных методах оценки ущерба тем или иным компонентам природной среды, либо являются развитием документов, имеющих федеральный статус, с учетом местных особенностей.

Большая часть этих документов включает вопросы стоимостной оценки ущерба, порядка его компенсации, а также полномочий должностных лиц и государственных органов в данной сфере деятельности. Поэтому развитие методов оценки прошлого экологического ущерба может осуществляться в рамках совершенствования действующей методологической и правовой базы.

Следует признать, что, несмотря на столь обширный объем документов и длительную практику расчета размера исковых претензий за нарушение природоохранного законодательства, понятие собственно «экологического ущерба» не получило однозначного толкования.

В Федеральном законе «Об охране окружающей среды» [1] используются следующие основные понятия и их определения:

– *окружающая среда (ОС)* – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов;

– *природная среда (ПС)* – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов;

– *компоненты природной среды* – земля, недра, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный, животный мир и иные организмы, а также озоновый слой атмосферы и околоземное кос-

мическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле;

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

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

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

– *природные ресурсы* – компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность;

– *охрана окружающей среды (природоохранная деятельность)* – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

Этот перечень следует дополнить важными терминами, которые используются в области охраны окружающей среды [3]:

– *кризис (в том числе экологический)* – переломный момент, решительный исход, острое состояние;

– *катастрофа (в том числе экологическая)* – внезапное бедствие, переворот, крайне неблагоприятное, неуправляемое и непредотвратимое событие, влекущее за собой тяжелые последствия.

2.1.2. Природные ресурсы

В понятие «природные ресурсы» мы включаем как собственно имеющиеся в природе запасы необходимых человеку веществ, так и среду обитания человека. Природные ресурсы, по смыслу этого представления, принадлежат биосфере, если под ней понимать нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, населенные живыми организмами, т.е. «область существования живого вещества» (В.И. Вернадский). В самом широком смысле охрана окружающей среды есть, по существу, охрана природных ресурсов биосферы (техносферы) – атмосферного воздуха, природ-

ных вод, почв, растительного и животного мира и т.п. В этой связи весьма показательна разница в содержании понятий «природная среда» и «окружающая среда», которая содержится в принятых в Законе [1] определениях (см. выше): так называемые *антропогенные объекты* являются частью окружающей среды, но выведены за рамки собственно *природной среды*. В этих дефинициях мы усматриваем значительный прогресс в направлении дифференцированного подхода к объектам биосферы (точнее, техносферы) при осуществлении природоохранной деятельности: цели и задачи природоохранных мероприятий должны быть разными в зависимости от степени преобразования природного объекта в антропогенный. Этот весьма продуктивный тезис дает наконец прочную концептуальную основу для разработки реалистичных критериев и пределов антропогенного воздействия (включая экономические основы оценки и возмещения экологического ущерба) для всего разнообразия природных и антропогенных комплексов (см. п. 2.2).

Как известно, природные ресурсы разделяются на неисчерпаемые и исчерпаемые, возобновляемые и невозобновляемые (см. табл. 1.1) [3]. Примечательно, что атмосферный воздух (точнее, его компоненты, например кислород) рассматривается как исчерпаемый, хотя в принципе и возобновляемый ресурс. Например, Е.В. Хлобыстов при анализе экологической безопасности промышленного производства в числе основных экологических ресурсов рассматривает воду и кислород [4]. К невозобновляемым ресурсам Н.Ф. Реймерс относит также исчезающие биологические виды и уникальные природные комплексы, разрушение которых носит необратимый характер.

2.1.3. Негативное воздействие на окружающую среду

При определении степени негативного воздействия на окружающую среду применяются понятия «вред» и «ущерб». Так, оба понятия используются в Конституции РФ, Федеральном законе «Об охране окружающей среды» [1], Федеральном законе «О недрах» (в редакции от 2 января 2000 года № 20-ФЗ), Федеральном законе «Об особо охраняемых природных территориях», Водном кодексе, Федеральном законе «О животном мире», Федеральном законе «Об использовании атомной энергии», Федеральном законе «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», Основных законах РФ «Об охране здоровья граждан» и других, а также в прочих нормативных и законодательных документах. Ниже приведены положения некоторых из упомянутых выше законодательных актов, содержащие термины «ущерб» и «вред» окружающей среде и в ряде случаев их толкование.

Конституция РФ, ст. 36: «Владение, пользование и распоряжение землей и другими природными ресурсами осуществляется их собственниками свободно, если это не наносит *ущерба* окружающей среде и не нарушает прав и законных интересов иных лиц».

Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ:

ст. 1. Общие положения: «*вред* окружающей среде – негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов»;

ст. 77. Обязанность полного возмещения вреда, причиненного экологическим правонарушением, п. 1: «Предприятия, учреждения, организации и граждане, причинившие *вред* окружающей среде, здоровью и имуществу граждан, народному хозяйству загрязнением окружающей природной среды, порчей, уничтожением, повреждением, нерациональным использованием природных ресурсов, разрушением естественных экологических систем и другими экологическими правонарушениями, обязаны возместить его в полном объеме в соответствии с действующим законодательством».

Проект Федерального закона РФ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»:

«Граждане и юридические лица обязаны возместить *вред*, причиненный водным биоресурсам в результате нарушения законодательства Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биоресурсов»;

ст. 69. Общие требования к охране среды обитания водных биоресурсов: «При ... осуществлении различных работ в водных объектах рыбохозяйственного значения... которые могут оказывать *вредное воздействие* на среду обитания водных биоресурсов...»

Федеральный закон РФ «О животном мире» от 24 апреля 1995 года № 52-ФЗ:

ст. 56. Ответственность юридических лиц и граждан за ущерб, нанесенный объектам животного мира и среде их обитания: «Юридические лица и граждане, причинившие *вред* объектам животного мира и среде их обитания, возмещают нанесенный *ущерб* добровольно либо по решению суда или арбитражного суда в соответствии с таксами и методиками исчисления ущерба животному миру, а при их отсутствии – по фактическим затратам на компенсацию ущерба, нанесенного объектам животного мира и среде их обитания, с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды».

Постановление правительства РФ «Об утверждении такс для исчисления размера взыскания за ущерб, причиненный уничтожением, незаконным выловом или добычей водных биологических ресурсов от 25 мая 1994 года № 515: «...взыскания за *ущерб*, причиненный гражданами, юридическими лицами и лицами без гражданства уничтожением, незаконным выловом или добычей водных биологических ресурсов...»

Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности. Приказ Минприроды РФ № 539 от 29 декабря 1995 года: п. 1.5: «Экологически и экономически обоснованные решения инициаторов хозяйственной и иной деятельности должны гарантировать минимальный *ущерб природной среде и населению* при устойчивом социально-экономическом развитии территории».

Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба: «Под *ущербом* от загрязнения водной среды и водного фонда территорий понимаются материальные и финансовые потери и убытки (прямые и косвенные, включая упущенную выгоду) в результате снижения биопродуктивности водных экосистем, ухудшения потребительских свойств воды как природного ресурса, дополнительных затрат на ликвидацию последствий загрязнения вод и восстановление их качества, а также выраженный в стоимостной форме *вред* здоровью населения».

В перечисленных правовых документах *вред* окружающей природной среде в результате экологического правонарушения определяется как негативные изменения окружающей природной среды, вызванные антропогенной деятельностью, в частности, в результате загрязнения природной среды, истощения природных ресурсов, повреждения или разрушения экосистем. Наиболее авторитетное определение термина «вред окружающей среде» содержится в Законе [1] (см. выше), однако к этому определению имеется, по крайней мере, два существенных замечания.

Во-первых, понятие «вред» толкуется через столь же расплывчатое понятие «негативное изменение ОС», для которого отсутствует независимое определение. Имеющееся в ст. 1 определение понятия «негативное воздействие на ОС» («воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды») практически ничего не проясняет – очевидная заикленность этих понятий друг на друге относится к довольно многочисленным тавтологическим казусам, отмечаемым в Законе.

Условное разъяснение можно с трудом найти в ст. 16, п. 2 Закона [1]:

- «К видам негативного воздействия на окружающую среду относятся:
- выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ и иных веществ;
 - сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади;
 - загрязнение недр, почв;
 - размещение отходов производства и потребления;
 - загрязнение окружающей среды шумом, теплом, электромагнитными, ионизирующими и другими видами физических воздействий; иные виды негативного воздействия на окружающую среду».

Но этот перечень явно ограничен последствиями загрязнения и никак

не отражает других видов негативного воздействия – таких, например, как нарушение природного ландшафта.

Во-вторых, в самом концептуальном определении «вреда» в ст. 1 Закона [1] «негативное изменение...» ставится в соответствие только загрязнению окружающей среды: «...в результате ее загрязнения...». Это хорошо видно из приведенного выше перечня, который явно ограничивает возможный набор негативных эффектов и связанных с ними видов воздействия. Гораздо более полный набор содержится в цитируемом выше по ст. 77, п. 1 Закона [1] перечне негативных результатов нарушений законодательства: порча, уничтожение, повреждение, нерациональное использование природных ресурсов, разрушение естественных экологических систем и т.п.

Таким образом, в действующих правовых актах содержатся достаточно развернутые, но в той же степени неоднозначные толкования понятий «ущерб (вред) окружающей среде», «ущерб (вред) природным ресурсам». Ввиду несогласованности определений одного понятия в разных документах и неполноты самих определений их нельзя признать юридически точными и исчерпывающими дефинициями.

2.2. Категории природных систем

2.2.1. Общие соображения

Из многих определений и толкований понятия «экологическая система» (экосистема) для содержания нашей работы ближе всего подходит наиболее общее и краткое определение Н.Ф. Реймерса: «...Сообщество живых существ и его среда обитания, объединенные в единое функциональное целое...» [5]. Так как все экосистемы составляют иерархию в составе биосферы и функционально связаны между собой, имеется непрерывный континуум, в котором прерывность и непрерывность сосуществуют одновременно [6]. Завершает иерархию экосистем биосфера в целом.

Традиционные подходы к классификации системно-территориальных образований исходили либо из биологических, либо из сугубо географических (ландшафтных) представлений о пространственно-ограниченных системах – без участия человека. В хронологическом порядке можно перечислить наиболее употребительные термины и понятия, введенные с этих точек зрения в разное время биологами и географами в попытках навести относительный порядок в бесконечном разнообразии того мира, который мы называем совершенно расплывчатым термином «окружающая среда». Этот перечень составлен по обзору Б.Б. Прохорова [7].

Экосистема (А. Tansly, 1935) – определенная организация и функциональная связь живых и абиотических компонентов, которую можно рассматривать как квазиорганизм [8].

Биогеоценоз (В.Н. Сукачев, 1964) – совокупность на участке земной поверхности однородных *природных явлений* (атмосфера, горные породы,

биота, почва и т.п.), имеющая свою специфику взаимодействия слагающих ее компонентов и определенные типы обмена веществом и энергией между собой и другими связями [9].

Геосистема (В.Б. Сочава, 1978) – особого рода материальная система, состоящая из взаимообусловленных природных компонентов, взаимосвязанных в своем размещении и развивающихся во времени как части целого; практически любые структурные физико-географические образования – от фации до ландшафтной оболочки Земли [10].

Природная система (Н.Ф. Реймерс, 1990) – эволюционно сложившаяся, относительно пространственно ограниченная, внутренне однородная система функционально связанных живых организмов и окружающей их абиотической среды, характеризующаяся определенным энергетическим состоянием, типом и скоростью обмена веществом и информацией [5]. В экосистемно-таксономическом смысле при таком понимании биогеоценоз – элементарная экосистема и геосистема.

С ростом интереса к проблеме «человек и окружающая среда» стали появляться термины, относящиеся к территориальным системам жизнедеятельности людей. Наиболее известные термины появились почти одновременно, настолько были востребованы новые подходы к эколого-географической классификации территорий.

Антропобиогеоценоз (В.П. Казначеев, 1973) – системное образование, которое можно обозначить формулой: *популяция людей* → *производство* → *среда*; в этой триаде производство играет системообразующую роль, регулирующую все взаимосвязи и все взаимоотношения между компонентами системы [11].

Антропогеоценоз (В.П. Алексеев, 1974) – реально существующее явление в составе хозяйственно-культурного типа; структурные компоненты – хозяйственный коллектив, его производственная деятельность, эксплуатируемая географическая среда – объединяются функциональными связями: информационным полем, энергетикой, пищевыми и производственно-хозяйственными связями. В антропогеоценозах первой ступени преобладает роль географической среды, в антропогеоценозах второй ступени основную роль играет направленная человеческая деятельность [12].

Антропосистема (Н.Ф. Реймерс, 1974) – сложное образование, состоящее из человечества как целого, включающего человека как биологический вид, материальную и духовную культуру, производительные силы и производственные отношения общества. Между антропосистемой и природными комплексами – от самых мелких (биогеоценоз, фация) до глобального (биосфера) – существуют прямые и обратные связи, возникают урбанопромышленные структуры и инфраструктуры. Все возможные сочетания антропосистем, природных систем и урбанопромышленных структур составляют *окружающую (человека) среду* [13].

Антропоэкосистема (В.С. Преображенский, Е.Л. Райх, 1974) – пространственное подразделение среды обитания человека, во всех своих частях обладающее сходством природных, социально-экономических, производственных и т.п. условий жизнедеятельности населения. Антропоэкосистема состоит из совокупности компонентов и связывающих их процессов, происходящих в определенном пространстве в конкретное время. Центральным блоком антропоэкосистемы является *общность людей*, взаимодействующая с *природой, хозяйством, населением, с социально-экономическими условиями* [7, 14].

Последний термин и его толкование весьма типичны для «географического» подхода к задаче пространственной классификации территорий со всеми недостатками, присущими этому подходу: концептуальный «антропоцентризм», описательный стиль, крайне неконкретные, размытые понятия и термины. Например, само определение антропоэкосистемы основано на таких невнятных понятиях, как *общность людей, определенное пространство*, и к тому же содержит неуклюжую тавтологию («*общность людей, взаимодействующая с ...населением*»).

С точки зрения предмета нашего анализа (защиты окружающей среды) наиболее близким по духу к проблемам экологии нам представляется предложенное Н.Ф. Реймерсом понятие «антропосистема», которое недвусмысленно указывает на принципиальную разницу между искусственными («антропогенными», как стали выражаться позднее) и «природными» системами и дает внятное толкование избитого и у многих авторов путаного термина «окружающая среда».

Решение назревшей к середине 1970-х годов задачи оценки последствий антропогенного воздействия на природные системы, прежде всего локального и регионального рангов (масштабов), по здравому рассуждению должно было прямо зависеть как от ценности природной системы для общества, так и от степени вовлечения данной системы в хозяйственную деятельность. По этим признакам Ю.А. Израэль предложил при оценках допустимых антропогенных нагрузок все пространственно-ограниченные экологические системы разделить на три категории [15]:

1) уникальные, или заповедные, в которых полностью исключается выпадение (гибель) любого биологического вида;

2) широко распространенные естественные, в которых возможны некоторые (частичные) изменения при сохранении основных параметров экосистемы и высокого качества окружающей среды;

3) сильно преобразованные или искусственные, в которых возможны любые обоснованные практическими задачами антропогенные изменения.

Достойно сожаления, что, несмотря на разумность, рациональность и очевидную плодотворность такого подхода, в течение прошедших 30 лет после выхода монографии [15] предложенная Ю.А. Израэлем концепция трех основных категорий экосистем не получила сколько-нибудь заметно-

го развития. То же можно сказать и о других перечисленных выше подходах [7, 11–14]. Основная причина, на наш взгляд, кроется в принципиальных трудностях, которые неизбежно возникают при любых попытках перейти от нечетких, качественных категорий и понятий, на которых были основаны дефиниции различных систем (*общность людей, определенное пространство, некоторые, частичные изменения, сохранение основных параметров, высокое качество среды, обоснованные изменения и т.п.*), к содержательным количественным мерам и критериям. Набор количественных «параметров состояния» (компонентов «вектора состояния») должен в необходимой и достаточной мере отражать «образ» экосистемы, а численные значения этих параметров должны служить индикаторами, отражающими степень отклонения системы от природной «нормы». По некоторым диапазонам значений этих индикаторов («критическим» пределам) система может быть классифицирована по принадлежности к той или иной категории.

Принципиальная причина отсутствия развития на первый взгляд плодотворной концепции «антропоэкосистемы» – ее явный «антропоцентризм», т.е. направленность на решение задач экологии человека, когда сама природная среда играет роль лишь «фона», субстрата, на котором стихийно произрастают и по чуждым природе человеческим законам развиваются различные антропоэкосистемы. Этот вывод следует из анализа предложенной Б.Б. Прохоровым «теории антропоэкосистем» [7]. По нашему мнению, теория антропоэкосистем должна стать частью общей теории экосистем всех видов и категорий – от нетронутых природных («заповедных») комплексов до полностью преобразованных человеком антропосистем (например, промышленные и урбанизированные территории).

С этих позиций перспективы развития имеют идеи Н.Ф. Реймерса (антропосистема [[13]) и Ю.А. Израэля (три категории систем [15]). Главное преимущество, которое отличает их от других подходов к классификации экологических систем, состоит в том, что в основе предлагаемых подходов лежат именно экологические (биологические) характеристики параметров системы.

2.2.2. Категории природных систем в Законе

Значительный прогресс в отношении рационального подхода к оценке экологического «качества» и соответственно экономической ценности различных объектов биосферы был достигнут принятием Закона [1]. Концепция Закона отражена в определении основных понятий (ст. 1), принципиально новым и исключительно плодотворным и важным элементом которых служит определение понятий «природная среда», «естественная экологическая система» с четким разделением компонентов природной среды (по существу, объектов биосферы/техносферы – земля, недра, воздух, воды, животный мир,...) на *природные, природно-антропогенные и антропо-*

погенные объекты (что весьма напоминает изложенную выше классификацию Ю.А. Израэля [15]):

– **природная среда** (далее также – природа) – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов;

– **природный объект** – естественная экологическая система, природный ландшафт и составляющие их элементы, сохранившие свои природные свойства (заповедники, национальные парки, неосвоенные человеком территории «дикой» природы);

– **природно-антропогенный объект** – природный объект, измененный в результате хозяйственной и иной деятельности, и (или) объект, созданный человеком, обладающий свойствами природного объекта и имеющий рекреационное и защитное значение (агрэкосистемы, лесные насаждения, городские парки, пруды и т.п.);

– **антропогенный объект** – объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природного объекта (промзоны промышленных предприятий, транспортная инфраструктура, урбанизированные территории и т.п.);

– **естественная экологическая система** – объективно существующая часть природной среды, которая имеет пространственно-территориальные границы и в которой живые (растения, животные и другие организмы) и неживые ее элементы взаимодействуют как единое функциональное целое и связаны между собой обменом веществом и энергией.

В концептуальных определениях понятий, которыми оперирует Закон, уже прослеживается дифференцированный подход к оценке *качества окружающей среды* для разных категорий объектов ОС; это видно из следующих определений ([1, ст. 1]):

– **качество окружающей среды** – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью;

– **благоприятная окружающая среда** – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование *естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов*;

– **негативное воздействие на окружающую среду** – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям **качества окружающей среды**.

Отмечая попутно уже упомянутую тавтологию («негативное воздействие» – «негативные изменения») и терминологическую путаницу в определении понятия «благоприятная окружающая среда» (которое, согласно данным в ст. 1 определениям, следует толковать как «благоприятная природная среда», поскольку речь идет только о природных и природно-антропогенных объектах, см. п. 2.1.2), следует отметить, что основным критерием благополучия служит «устойчивое функционирование». Разумеется, это

понятие также нуждается в определении и толковании, но его уже можно использовать в практических разработках, основываясь хотя бы на не до конца разработанных научных либо неформализованных (интуитивных) представлениях об устойчивости природных комплексов и экосистем.

2.2.3. Практическое применение: оценка состояния природных систем

Путь к решению фундаментальных проблем отношений человека и биосферы лежит через решение столь же фундаментальной задачи оценки состояния природных систем, которая может быть выражена в двух вопросах:

– Каковы пределы отклонений параметров (состояния) природной экосистемы от «нормы», за которыми экосистема переходит в качественно новое состояние (в новый «образ»), т.е. уходит из пространства естественных биоценозов в более «низкие» категории природно-антропогенных и «чисто» антропогенных (искусственных) экосистем?

– Какие изменения окружающего мира для нас приемлемы/неприемлемы?

По мнению Н.Ф. Реймерса, проблема оценки состояния природной среды также сводится к ответам на два фундаментальных вопроса, очень близких по смыслу к нашим формулировкам, но в более утилитарном аспекте здоровья человека [3]:

– До какой степени уменьшения разнообразия экосистем (с антропогенным исчезновением видов и заменой сложных ценозов простыми) будет сохраняться здоровье человечества как целого?

– Какова степень ныне существующего упрощения, экологической депривации, ведущей к потере устойчивости?

В практическом смысле ответы на эти вопросы должны дать прочную основу для решения задач в сфере так называемого *экологического нормирования*, ограничения «антропогенного воздействия» и т.п. (см. гл. 3). Как уже было сказано, переход к практическим разработкам экологических «норм» (ограничений, пределов изменения) и соответствующих критериев состоит в замене нечетких, качественных категорий и понятий («некоторые, частичные изменения», «сохранение основных параметров», «высокое качество среды», «обоснованные изменения» и т.п.) количественными мерами и критериями. При этом задача «экологического нормирования» может быть решена, если будут найдены ответы, по крайней мере, на два ключевых вопроса:

1) Какая часть биосферы или какой-либо ее составляющей («геосистемы», «экосистемы») может быть занята территориями антропосистем (т.е. частично или полностью трансформированными системами) без нарушения устойчивости глобальных и региональных биосферных процессов?

2) Какая доля вещества и энергии может быть безвозвратно (необратимо) «изъята» из природных циклов без нарушений глобальных экологи-

ческих балансов, т.е. без необратимой трансформации «образа» биосферы как целого?

На современном уровне знаний существуют достаточно содержательные, хотя и не бесспорные ответы на эти вопросы (см. п. 3.2).

Пример попытки «зонирования» территории промышленного освоения (в нашем понимании – антропосистемы) по степени антропогенной нагрузки содержится в работах Е.В. Хлобыстова по анализу и нормированию экологической безопасности промышленного производства [4, 16]. По его представлениям, площадь, занимаемую промышленным предприятием, вместе с прилегающей территорией можно разделить на четыре зоны в соответствии с убыванием степени вредного воздействия предприятия:

- территория предприятия – территория соответствующих промплощадок, где расположены основные технологические и вспомогательные объекты предприятия; в аспекте оценки экологической безопасности на локальном уровне территория предприятия рассматривается как субъект, а не как объект воздействия, т.е. как местоположение точечных, линейных и площадных источников загрязнения или как единый площадной источник загрязнения;

- зона воздействия предприятия – территория, на которой все реципиенты подвергаются значительному техногенному воздействию, связанному с функционированием предприятия; при соблюдении предприятием соответствующих экологических нормативов – отсутствие превышений предельно допустимых концентраций (ПДК) и предельно допустимых уровней (ПДУ) вследствие деятельности предприятия; зоной воздействия считается территория внутри санитарно-защитной зоны предприятия;

- зона загрязнения предприятия – территория, где наблюдаются превышения ПДК в различных средах или ПДУ, причиной которых является деятельность предприятия; если зона загрязнения превышает зону воздействия, то это и есть нарушение экологических нормативов;

- ареал вредного воздействия предприятия – территория, на которой отдельные реципиенты могут подвергнуться вредному техногенному воздействию, связанному с функционированием предприятия.

Принципиальным недостатком такого подхода, на наш взгляд, является явная подмена экологических критериев («экологических нормативов») действующими (по-видимому, санитарно-гигиеническими – других нет) ПДК (ПДУ). Этот подход вряд ли может получить практическое развитие из-за груза «проклятых неопределенностей» (о чем уже говорилось в п. 1.5.2) – «отдельные реципиенты», «значительное», «вредное» техногенное воздействие, – неизбежных при отсутствии внятной концепции экологического нормирования, содержащей количественные критерии экологического ущерба.

Проблема классификации окружающей человека среды по степени антропогенной трансформации в последние десятилетия в связи с ростом

урбанизации приобретает особую актуальность в контексте формирования устойчивой городской среды как среды обитания основной массы населения. Очевидно, что основным системообразующим компонентом окружающей (внешней) среды в городе является почва, именно поэтому состоянию почв в городах стали уделять особое внимание. Идея классификации городской среды отражена, в частности, в методических указаниях по гигиенической оценке качества почвы в населенных пунктах [17], в которых объекты наблюдения классифицируются по функциональным признакам: жилая зона, детские дошкольные и школьные учреждения, территории дворов, зоны санитарной охраны водоемов, рекреационные зоны, транспортные магистрали, промышленные зоны, сельскохозяйственные почвы.

Близкий к этому подход предложен в работе [18], в которой рекомендуется развивать комплексные экологические исследования территорий городских ботанических садов, находящихся в разных климатических зонах и подвергающихся разной степени антропогенного воздействия. Подобные исследования позволят подбирать почвы и флористические наборы для разных экологических условий и разных режимов землепользования в городах. Эта работа ясно демонстрирует дифференцированный подход к оценке качества окружающей среды в зависимости от категории городской антропоэкологии.

2.3. Эколого-экономический ущерб

Под экологическим ущербом обычно понимают ущерб, причиняемый объектам природной среды в целом или их отдельным компонентам. Экологический ущерб можно оценить как в натуральных единицах, так и в стоимостной форме.

Экологический ущерб, исчисленный в натуральных единицах, соответствует понятию вреда окружающей среде, определенного Законом [1] (см. п. 2.1). Экологический ущерб, выраженный в стоимостной форме, – это совокупность расходов по восстановлению нарушенного состояния экосистемы, стоимости утраченных или поврежденных ее компонентов, а также упущенной выгоды, т.е. доходов, недополученных по причине выбытия компонентов экосистем из использования.

Общие принципы экономической оценки и возмещения вреда и экономического ущерба содержатся в Гражданском кодексе (ГК) Российской Федерации [19]. В свою очередь, Закон [1] декларирует общие принципы оценки и возмещения вреда, причиненного окружающей природной среде в результате экологического правонарушения, которые в целом соответствуют принципам, изложенным в ГК. В остальных нормативно-методических документах принципы возмещения ущерба и вреда либо дополняются (в зависимости от категории природного ресурса или компонента природной среды), либо адаптируются к задачам отрасли народного хозяйства,

использующей или контролирующей состояние определенных природных ресурсов или объектов.

Согласно ст. 15 ГК под *убытками* понимаются расходы, которые необходимо произвести для восстановления нарушенного права, утрата или повреждение имущества (реальный ущерб), а также недополученные доходы (упущенная выгода). Реальный ущерб определяется стоимостью утраченного имущества, а упущенная выгода – недополученными доходами, которые потерпевший получил бы при обычных условиях гражданского оборота, если бы его право не было нарушено. Исходя из логики ст. 15 ГК, экологический ущерб может включать такие элементы убытков как:

- расходы, связанные с восстановлением нарушенного состояния природной среды;

- стоимость утраченных или поврежденных природных ресурсов;

- упущенная выгода или недополученные доходы.

Экономический смысл формулировки, зафиксированной в ст. 15 ГК, заключается в том, что размер убытков определяется суммированием затрат, необходимых для восстановления нарушенного объекта или стоимости утраченного объекта и убытков, вызванных неполучением ожидаемых доходов.

В Законе [1] имеются следующие упоминания экономических принципов возмещения ущерба окружающей (по сути дела, природной) среде.

Ст. 3 «Основные принципы охраны окружающей среды»: платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде.

Ст. 5 «Полномочия органов государственной власти Российской Федерации в сфере отношений, связанных с охраной окружающей среды»:

- установление порядка определения размера платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов и другие виды негативного воздействия на окружающую среду;

- экономическая оценка воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;

- экономическая оценка природных и природно-антропогенных объектов.

Ст. 14 «Методы экономического регулирования в области охраны окружающей среды»:

- установление платы за негативное воздействие на окружающую среду;

- экономическая оценка природных объектов и природно-антропогенных объектов;

- экономическая оценка воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;

- возмещение в установленном порядке вреда окружающей среде.

Ст. 16 «Плата за негативное воздействие на окружающую среду»:

- негативное воздействие на окружающую среду является платным;

формы платы за негативное воздействие на окружающую среду определяются федеральными законами;

– к видам негативного воздействия на окружающую среду относятся... (перечислены выше в п. 1.1.2).

Ст. 77 «Обязанность полного возмещения вреда окружающей среде»:

– юридические и физические лица, причинившие вред окружающей среде в результате ее загрязнения, истощения, порчи, уничтожения, нерационального использования природных ресурсов, деградации и разрушения естественных экологических систем, природных комплексов и природных ландшафтов и иного нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обязаны возместить его в полном объеме в соответствии с законодательством;

– вред окружающей среде, причиненный субъектом хозяйственной и иной деятельности, возмещается в соответствии с утвержденными в установленном порядке таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, а при их отсутствии – исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды.

Ст. 78 «Порядок компенсации вреда окружающей среде, причиненного нарушением законодательства в области охраны окружающей среды»: определение размера вреда окружающей среде, причиненного нарушением законодательства в области охраны окружающей среды, осуществляется исходя из фактических затрат на восстановление нарушенного состояния окружающей среды с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды, в соответствии с проектами рекультивационных и иных восстановительных работ, а при их отсутствии – в соответствии с таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, утвержденными органами исполнительной власти, осуществляющими государственное управление в области охраны окружающей среды.

Ст. 79 «Возмещение вреда, причиненного здоровью и имуществу граждан в результате нарушения законодательства в области охраны окружающей среды»: вред, причиненный здоровью и имуществу граждан негативным воздействием окружающей среды в результате хозяйственной и иной деятельности юридических и физических лиц, подлежит возмещению в полном объеме.

До недавнего времени было принято считать, что главный принцип оценки экологического ущерба в результате загрязнения окружающей среды, лежащий в основе существующих на сегодняшний день подходов, может быть сформулирован следующим образом: при загрязнении окружающей среды на уровне, не превышающем пороговых значений (ПДК, ПДУ, ориентировочно-допустимого уровня для воды водоемов – ОДУВ и т.п.), ущерб абсолютно неэластичен и равен нулю. Однако в настоящее время

это утверждение противоречит Закону [1], в котором один из основополагающих принципов охраны окружающей среды говорит о *презумпции экологической опасности* любой планируемой хозяйственной и иной деятельности. Кроме того, в этом же Законе к видам негативного воздействия в результате загрязнения относятся: «выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ и иных веществ; сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади; загрязнение недр, почв; размещение отходов производства и потребления; загрязнение окружающей среды шумом, теплом, электромагнитными, ионизирующими и другими видами физических воздействий независимо от их количества» (ст. 16, п. 2, см. п. 2.1.3).

Таким образом, обратная сторона принципа презумпции экологической опасности приводит к заключению, что при достижении (а тем более при превышении) ПДК и ПДУ экологический ущерб становится абсолютно эластичным и, следовательно, бесконечно большим.

К принципам методического характера следует также отнести необходимость учета фактора времени, т.е. продолжительности негативного воздействия на ОС, природные ресурсы и человека, а также динамики во времени негативного воздействия и «эффектов» от него. При оценке экологического ущерба в стоимостной форме с этим обстоятельством связана необходимость учета инфляции, т.е. изменения уровня цен.

2.4. «Эколого-экономическая безопасность»

В последнее десятилетие широкую популярность получили разнообразные вариации на общую тему «безопасности» общества от различных «вызовов» и «угроз», в частности со стороны внешней («окружающей») среды. Проблема упорно ставится с ног на голову: обществу предлагается постоянно заботиться об обеспечении собственной безопасности в связи с «угрозами» со стороны враждебной окружающей среды. Примером может служить классическое (для рассматриваемого образа узковедомственного и утилитарного мышления) определение понятия «экологическая безопасность» [20]: «Приемлемая на данном этапе социально-экономического развития степень защищенности жизненно важных интересов личности, общества, государства, мирового сообщества от последствий и угроз, которые обусловлены негативными изменениями (деградацией) окружающей среды, возникающими в результате антропогенного и природного воздействия на нее».

Под это определение можно подвести любую разрушительную для природы деятельность по обеспечению «экологической безопасности» личности и (что особенно ценно для чиновников) государства, сообразуясь с «приемлемым» («допустимым» и т.п. эластичными терминами) уровнем деградации ОС.

Е.В. Хлобыстов в своих работах по анализу и нормированию экологической безопасности промышленного производства [4, 16] демонстрирует типичную для этой (сомнительной, на наш взгляд) темы путаницу в понятиях «опасность» и «безопасность». Притом что сами работы посвящены анализу именно экологической «безопасности» предприятий, перечень определяемых в работе [16] терминов возглавляет *класс опасности предприятия* – основная (и, по сути, единственная) в современной отечественной нормативной базе комплексная характеристика экологической опасности предприятия. Выделяется пять классов опасности. Класс опасности определяется в зависимости от величины параметров разбавления по воде и по воздуху. Параметр разбавления представляет собой количество воздуха (или воды), необходимое для того, чтобы концентрации загрязняющих веществ, выделяемых предприятием в соответствующие среды, не превышали ПДК. В зависимости от класса опасности предприятия нормируются размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ). На практике для особо опасных предприятий 1-го и частично 2-го классов размеры СЗЗ определяют с помощью дополнительных исследований.

Казалось бы, с учетом разумности, логичности и официального статуса этого определения «*экологической опасности*» промышленного производства тему так называемой экологической безопасности можно снять с повестки дня. Однако Е.В. Хлобыстов совсем не одинок в приверженности запутанному сюжету «экологической безопасности» с его интригой: безопасности кого (чего) и от кого (от чего)? Путаница в понятиях, а стало быть, и в самом предмете анализа неизбежно приводит автора на путь формальных, малосодержательных построений схоластических схем оценки «экологической безопасности» предприятия в виде набора «комплексных показателей» [4]:

коэффициент нормативной экологической опасности (K_n) – характеризует степень потенциальной экологической опасности предприятия в условиях нормальной эксплуатации при соблюдении всех экологических нормативов, выражается в баллах и определяется в зависимости от класса опасности предприятия;

показатель превышения нормативной зоны загрязнения (S) – безразмерный коэффициент, характеризующий степень превышения нормативного загрязнения атмосферы;

показатель превышения нормативного объема выбросов вредных веществ в атмосферу (V_a) – безразмерный коэффициент, характеризующий степень превышения реальных выбросов вредных веществ в атмосферу над нормативными уровнями предельно допустимых выбросов (ПДВ);

показатель превышения нормативного объема сбросов вредных веществ в водоемы (V_b) – безразмерный коэффициент, характеризующий степень превышения реальных сбросов вредных веществ в водо-

емы над нормативными уровнями предельно допустимых сбросов (ПДС). Рассчитывается аналогично предыдущему показателю с учетом степени ценности соответствующих водоемов (рекреационной, рыбохозяйственной, производственной и т.д.);

показатель превышения нормативного объема отходов ($V_{отх}$) – безразмерный коэффициент, характеризующий степень превышения реального объема вывоза и складирования отходов над нормативным. Рассчитывается аналогично предыдущим двум показателям с учетом подготовки мест складирования отходов;

показатель превышения нормативных уровней физических воздействий ($V_{ф.в}$) – безразмерный коэффициент, характеризующий степень превышения реальных вредных физических воздействий (шума, ультразвука, инфразвука, электромагнитного излучения) над нормативными величинами; рассчитывается аналогично трем предыдущим показателям;

коэффициент озеленения зоны воздействия ($K_{оз}$) – безразмерный коэффициент, характеризующий степень озеленения зоны воздействия предприятия. Если зона загрязнения превышает зону воздействия, коэффициент характеризует степень озеленения зоны загрязнения;

коэффициент людности ареала вредного воздействия ($K_{люд}$) – безразмерный коэффициент, характеризующий степень заселенности ареала вредного воздействия предприятия, а следовательно, и потенциальную опасность предприятия для населения;

коэффициент ценности территории в пределах ареала вредного воздействия предприятия ($K_{тер}$) – безразмерный коэффициент, характеризующий сравнительную природную, общественную, культурно-историческую, рекреационную и другие ценности территории в пределах ареала воздействия предприятия относительно определенной эталонной территории; должен определяться экспертным методом; конкретные методики и расчетные формулы данного коэффициента пока не разработаны;

интегральный показатель экологической опасности предприятия ($R_{инт}$) – безразмерный (в баллах) показатель, позволяющий дать комплексную интегральную сравнительную оценку уровня экологической опасности предприятия с учетом как «внутренних», так и «внешних» факторов; рассчитывается как произведение перечисленных выше факторов:

$$R_{инт} = K_{оз} K_{люд} K_{тер} S V_a V_b V_{отх} V_{ф.в} K_n$$

Приведенная схема расчета так называемого интегрального показателя экологической опасности (или безопасности?) промышленного предприятия – типичный пример бюрократического подхода к оценке воздействия отдельного промышленного объекта на окружающую среду, довольно удобного для всяческих отчетов, но совершенно неэффективного в деле реальной защиты окружающей среды. К сожалению, это далеко не единственный пример построения «комплексных показателей», широко исполь-

зуемых в официальной отчетности и имеющих слабое отношение к живой природе и ее проблемам (примеры подобных «комплексов» приведены в гл. 7, п. 7.3).

2.5. Резюме. Ограничение антропогенного воздействия на природные ресурсы (защита окружающей среды)

Ущерб природным ресурсам: основные понятия, термины, проблемы

В самом широком смысле охрана окружающей среды есть, по существу, охрана природных ресурсов биосферы (техносферы) – атмосферного воздуха, природных вод, почв, растительного и животного мира и т.п. Оценка ущерба природным ресурсам в процессе хозяйственного освоения территории – актуальная проблема современного природопользования. В этой связи весьма показательна разница в содержании понятий «природная среда» и «окружающая среда»: согласно данным в Законе [1] определениям, так называемые *антропогенные объекты* являются частью окружающей среды, но выведены за рамки собственно природной среды. В действующих правовых актах содержатся достаточно развернутые, но неоднозначные толкования понятий «ущерб (вред) окружающей среде», «ущерб (вред) природным ресурсам». Ввиду несогласованности толкования одного понятия в разных документах и неполноты самих определений их нельзя признать юридически точными и исчерпывающими определениями, что порождает скрытые проблемы при построении различных подходов к экономической оценке экологического ущерба.

При осуществлении природоохранной деятельности следует отметить значительный прогресс в понимании необходимости дифференцированного подхода к объектам биосферы в зависимости от степени преобразования природного объекта в антропогенный. Этот весьма продуктивный тезис дает прочную концептуальную основу для разработки реалистичных критериев и норм антропогенного воздействия (включая экономические основы оценки и возмещения экологического ущерба) для природных и антропогенных систем любых рангов и категорий. Первым практическим шагом от концептуальных основ к оценке и нормированию антропогенного воздействия на природные системы должна быть разработка принципов классификации экосистем (от заповедных до полностью преобразованных антропоэкосистем) и инвентаризации экосистем всех рангов и масштабов на всей территории России.

Категории природных систем

Оценка последствий антропогенного воздействия на экосистемы локального и регионального рангов (масштабов) должна зависеть как от ценности природной системы для общества, так и от степени вовлечения данной системы в хозяйственную деятельность. Концепция разделения геоси-

стем на несколько основных категорий по степени антропогенной трансформации до последнего времени не получила сколько-нибудь заметного развития из-за ряда принципиальных трудностей. Главная из них, по нашему мнению, – отсутствие точного качественного и количественного определения терминов, понятий и соответствующих параметров, в необходимой и достаточной мере характеризующих состояние экосистемы. Другой принципиальный недостаток большинства предлагаемых подходов – «антропоцентризм», т.е. направленность на решение задач экологии человека, когда природная среда играет роль лишь «фона», субстрата, на котором стихийно произрастают и по чуждым природе законам развиваются различные антропоэкосистемы.

Принципиально новым и исключительно плодотворным и важным положением концепции «Закона об охране окружающей среды» [1] мы считаем четкое разделение *компонентов природной среды* (по существу, объектов биосферы/техносферы) на *природные, природно-антропогенные и антропогенные объекты*. Основным критерием «благополучия окружающей среды» в Законе служит «устойчивое функционирование». Это понятие также нуждается в определении и толковании, но его уже можно продуктивно использовать в практических разработках, основываясь на научных представлениях об устойчивости природных комплексов и экосистем.

Фундаментальную проблему равновесия человеческой популяции и биосферы (проблему «Человек и Биосфера») можно свести, по существу, к двум вопросам:

– Каковы пределы отклонений параметров (состояния) природной экосистемы от «нормы», за которыми экосистема переходит в качественно новое состояние – в более «низкую» категорию (если считать нетронутую, «заповедную» систему верхней категорией)?

– Какие изменения окружающего мира для нас приемлемы/неприемлемы?

Ответы на эти вопросы должны дать прочную основу для решения задач в сфере так называемого экологического нормирования, ограничения «антропогенного воздействия» и т.п. Задача «экологического нормирования» может быть практически решена, если будут найдены ответы, по крайней мере, на два ключевых вопроса:

– Какая часть биосферы или какой-либо ее составляющей («геосистемы», «экосистемы») может быть занята территориями с частично или полностью трансформированными экосистемами без нарушения устойчивости биосферных процессов?

– Какая доля вещества и энергии может быть безвозвратно (необратимо) «изъята» из природных циклов без нарушений глобальных экологических балансов, т.е. без необратимой трансформации «образа» биосферы как целого?

Таким образом, разработка дифференцированного подхода к оценке качества окружающей среды в зависимости от категории природной системы остается одной из нерешенных актуальных проблем природопользования в России. Эта проблема имеет достаточно обоснованные перспективы решения в направлении развития идей Н.Ф. Реймерса (антросистема [[13]) и Ю.А. Израэля (три категории экосистем [15]). Основное преимущество этих идей перед другими подходами к классификации экологических систем состоит в том, что в их основе лежат именно экологические (биологические) характеристики параметров системы.

Эколого-экономический ущерб

Основополагающий принцип оценки экологического ущерба в результате загрязнения окружающей среды, лежащий в основе существующих на сегодняшний день подходов, может быть сформулирован следующим образом: при загрязнении окружающей среды на уровне, не превышающем пороговых значений (ПДК, ПДУ, ОДУВ и т.п.), ущерб абсолютно не эластичен и равен нулю. Это утверждение противоречит Закону [1], в котором один из основополагающих принципов охраны окружающей среды – *презумпция экологической опасности* любой планируемой хозяйственной и иной деятельности. Однако при попытках практического применения этого принципа возникает опасность его обратного толкования: при достижении (а тем более при превышении) ПДК, ПДУ экологический ущерб становится абсолютно эластичным и может, следовательно, оцениваться как угодно большим. Таким образом, налицо необходимость решения проблемы количественной (экономической) оценки экологического ущерба от хозяйственной деятельности на основе новых методологических подходов.

«Эколого-экономическая безопасность»

Формулировки и подходы к решению так называемой проблемы эколого-экономической безопасности часто ставят с ног на голову реальную проблему оценки экологической опасности той или иной человеческой деятельности. Постоянная путаница в понятиях «опасность» и «безопасность» неизбежно приводит на путь формальных, малосодержательных построений схоластических схем оценки «экологической безопасности» предприятия в виде наборов тех или иных «комплексных показателей». Разработка и внедрение подобных схем – типичный пример бюрократического подхода к оценке антропогенного воздействия на окружающую среду, совершенно неэффективного в деле реальной защиты окружающей среды.

Список литературы

1. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7–ФЗ (принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года).
2. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. – М.: СПб.: ЦСИ гражданской защиты МЧС РФ – НИЦ экологической безопасности РАН, 1998.

3. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: ИЦ «Россия молодая», 1992.
4. Хлобыстов Е.В. Методология анализа и нормирования экологической безопасности промышленного производства // Экология городов и рекреационных зон: Матер. междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, 1998. – С.87–94.
5. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990.
6. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. – М.: Высшая школа, 1981.
7. Прохоров Б.Б. Формирование теории антропоэкосистем // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003. – С. 237–255.
8. Tansley A.G. The use and abuse of vegetation concepts and terms // Ecology. – 1935. – Vol. 16. – № 3.
9. Сукачев В.Н. Основы лесной беогеоценологии. – М.: Наука, 1964.
10. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978.
11. Казначеев В.П. Биосистема и адаптация. – Новосибирск: Наука, 1973.
12. Алексеев В.П. География человеческих рас. – М.: Мысль, 1974.
13. Реймерс Н.Ф. Экология человека как междисциплинарная научная отрасль // Теория и методика географических исследований экологии человека. – М.: ИГАН, 1974. – С. 29-37.
14. Преображенский В.С., Райх Е.Л. Проблемы экологии человека и география // Теория и методика географических исследований экологии человека. – М.: ИГАН, 1974. – С. 12–22.
15. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
16. Хлобыстов Е.В. Оценка и моделирование экологической безопасности промышленного производства: региональный аспект // www.icfcst.kiev.ua/forform/khlobystov.
17. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы // Методические указания МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест».
18. Раппопорт А.В. Ботанические сады и их почвы как пример устойчивого развития городских экосистем // Матер. междунар. науч.-практ. конф. МГУ – СУНИ «Человечество и окружающая среда». 26–28 окт. 2004 года, М., МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд. МГУ, 2004. – С. 92.
19. Гражданский кодекс Российской Федерации (принят Государственной Думой 21 октября 1994 года) – № 51-ФЗ от 30 ноября 1994 года.
20. Гордеев А. Управление эколого-экономической безопасностью субъекта Федерации // Бюллетень по атомной энергии. – 2004. – № 6. – С. 28–31.

3. ПРОБЛЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности...

Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ (2002 год)

Просто невероятно, как сильно могут навредить правила, едва только наведешь во всем слишком сильный порядок.

Георг Лихтенберг

3.1. Критерии «нормы» и «патологии»

Требование Федерального закона «Об охране окружающей среды» [1] осуществлять хозяйственную и иную деятельность на основе сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов при всей его утопичности дает основание для поиска пределов антропогенного воздействия на природные ресурсы.

Как уже было определено ранее (см. п. 2.1.2), в понятие «природные ресурсы» мы включаем как собственно имеющиеся в природе запасы всех необходимых человеку веществ, так и среду обитания человека. По этой логике любой потребляемый человеком ресурс биосферы должен стать объектом экологического нормирования, задачей которого будет определение части ресурса, используемой без сдвигов в природных системах высокого ранга.

Для более системного рассмотрения следует выделить, по крайней мере, два больших класса ресурсов – абиотические (воздух, вода, природные комплексы, полезные ископаемые и т.п.) и ресурсы живой природы. Нет нужды говорить, что это весьма условное разделение, поскольку в реальных природных комплексах все ресурсы взаимосвязаны и взаимозависимы. В этой главе мы рассмотрим в основном проблему определения предельных уровней («экологического нормирования») антропогенного воздействия на живую природу. Что касается пределов воздействия (использование, изъятие, ущерб и т.п.) на ресурсы неживой природы, то здесь мы можем ограничиться указанием лишь на наиболее актуальные задачи нормирования (например, определение пределов изъятия возобновляемых ресурсов), поскольку в целом этот аспект проблемы экологического нормирования представляется нам исследованным в весьма малой степени.

Таким образом, под экологическим нормированием в широком смысле мы понимаем ограничение всех видов антропогенного воздействия на природные ресурсы путем установления предельных уровней воздействия. В этом определении ключевым является понятие «предельный уровень воздействия» – основной объект исследования. Например, в наиболее изученной области воздействия загрязняющих веществ (ЗВ) на объекты живой природы (прежде всего человека) предельные уровни обычно основываются на ПДК, которые устанавливаются для различных геофизических сред и/или биологических объектов. Антропогенную нагрузку от воздействия вредных веществ на те или иные популяции можно также оценивать по величине дозы, т.е. интеграла по времени действия концентрации ЗВ либо другого вредного фактора.

Близкой к нашему пониманию проблемы является позиция А.В. Смурова, выраженная в докладе [2]: нормирование всегда связано с установлением границ, в пределах которых варьирование параметров среды не приводит к необратимым изменениям ее исходных свойств. Значимость этой задачи не вызывает сомнений, однако оценка качества среды и нормирование ведутся часто с совершенно разных, а иногда и противоречивых позиций. Основные положения подхода А.В. Смурова к экологическому нормированию состоят в следующем.

«Большинство экологических нормативов связано с концентрацией химических веществ, загрязняющих среду в результате человеческой деятельности. Уже сейчас насчитывается более двенадцати миллионов различных веществ, производимых человеком, однако нормативы установлены не более чем для 0,05–0,1% этого количества. Трудно представить, что в ближайшем обозримом будущем единые нормативы будут установлены на все вещества, тем более что нормативы на одни и те же вещества в разных странах иногда существенно различаются. Объективно нормативы различаются и для разных сред – воды, воздуха, почвы, различаются они для помещений и открытых пространств, сезонов года, горных и равнинных ландшафтов и т.д. Помимо химических веществ нормативы существуют для физических воздействий – ионизирующая радиация, тепло, радиоволны и др. Экологическое нормирование вместе с ограничениями химических и физических параметров среды включает границы параметров, характеризующих состояние отдельных компонентов биосистем, собственно биосистем и экосистем в целом. Чаще всего параметры среды нормируются с позиции сохранения здоровья человека (большинство предельно допустимых концентраций, установленных для разных веществ, общие санитарные нормы и правила – СНИПы, и др.), редко с позиции сохранения ненарушенного состояния естественных экосистем (экологически допустимые уровни, ЭДУ), еще реже с позиции сохранения того и другого вместе. Определение большинства санитарно-гигиенических нормативов (ПДК, ПДУ, ОБУВ и др.)

основывается на опытах с животными и не учитывает сочетанного воздействия различных веществ, а также возможной их трансформации и перераспределения в реальных условиях. Многолетний опыт использования санитарно-гигиенических нормативов показал, что СНИПы не являются реальной границей между опасностью и безопасностью, а служат скорее обозначением некоторого уровня риска, различного не только для различных компонентов экосистем, но даже для разных групп населения. Соответственно и ЭДУ определяют степени риска, только уже не для человека или других отдельных компонентов, а для экосистемы в целом. Очевидно, что любой вид человеческой деятельности содержит определенный риск для здоровья и качества среды, а соответственно и для благополучия населения, поэтому существующая практика оценки качества среды и экологического нормирования в определенной степени субъективна и на современном этапе заставляет использовать в основном экономические критерии. Ввиду того, что существуют пока непреодолимые проблемы выработки единых мировых экономических стандартов относительно стоимости тех или иных воздействий на окружающую среду (примером могут служить трудности в реализации Киотского протокола), экономические критерии срабатывают (и то не всегда) лишь в локальных масштабах, а ситуация в целом продолжает ухудшаться.

Сформировался своего рода «замкнутый круг». Оценку состояния отдельных средовых характеристик, биологических систем и биосферы в целом, как уже отмечалось выше, всегда проводят исходя из предположения, что их нарушенность в локальных или глобальных масштабах будет влиять на безопасность и комфортность жизнедеятельности человека в настоящем или будущем. И такой подход, с точки зрения концепции устойчивого развития и сохранения цивилизации, очевиден и естественен. Однако применяемые для оценки качества среды и экологического нормирования критерии не приближают, а скорее, удаляют от желаемых результатов. Нам представляется, что наблюдаемая ситуация связана с недооценкой биологических методов в практике экологической диагностики» [2].

Таким образом, при всех подходах открытым остается вопрос о критериях допустимого воздействия, т.е. о количественном выражении порога воздействия (например, загрязнения), превышение которого, как ожидается, приводит к неприемлемому ухудшению состояния природного комплекса – ухудшению качества природной среды.

Поиск и определение количественных критериев пограничных состояний биологических систем, разделяющих состояния «нормы» и «патологии», – ключевая задача решения проблемы «нормирования» антропогенных воздействий. По идее Н.Ф. Реймерса [3], эти критерии должны быть основаны на анализе адаптационных, дестабилизационных и деградационных процессов, свойствах устойчивости, а также на методах диагности-

ки состояния систем. Указанные процессы и свойства выявляются при изучении реакций биологических систем различных уровней – биогеоценозов, популяций, сообществ, экосистем, геосистем – на антропогенную нагрузку.

Разработку основ и методологии «экологической диагностики» А.В. Смуров [2] связывает с реализацией идеи «устойчивого развития», для чего «необходим репрезентативный прогноз возможных изменений в результате тех или иных воздействий человека на Природу, с которой человечество надеется наладить гармоничные отношения». Под экологической диагностикой понимается «выявление отсутствия или наличия и степени отклонений от нормы в состоянии диагностируемой экосистемы или ее структурных компонентов. Репрезентативные оценки качества среды и правильно поставленный диагноз позволяют грамотно проводить экологическое нормирование, являющееся залогом развития экосистемных процессов в желаемых направлениях» [2].

При определении «нормы» и «патологии» экологических систем почти непреодолимым препятствием выступает изменчивость («вариабельность») параметров экосистемы в пространстве и во времени. Из соображений эволюционного развития А.В. Яблоков и А.Г. Юсуфов делают фундаментальный вывод, что организмы преадаптированы к таким колебаниям абиотических параметров среды, с которыми они сталкивались в своем эволюционном развитии [4]. Таким образом, они имеют потенциальные способности к адаптации, которые проявляются при естественной вариабельности параметров среды. Это принципиально важное утверждение может служить отправной точкой в разработке научно обоснованных пределов антропогенного воздействия на экосистемы.

Предлагаемая А.В. Смуровым схема «экологической диагностики» основана на выборе ключевых для данной экосистемы параметров среды, ключевых объектов (биосистем) и на мониторинговых данных об этих параметрах и возможных нарушениях гомеостатических состояний ключевых объектов. Нарушения механизмов, лежащих в основе гомеостатических процессов соответствующих биосистем, рассматриваются как «болезни» гомеостаза, которые могут привести к его нарушениям на более высоких уровнях организации биосистем [2].

Чем выше уровень организации системы, тем сложнее найти критический порог выхода за пределы гомеостаза и перехода системы в новое состояние. По мнению Т.И. Моисеенко, более корректно задавать условия желательного состояния биологических сообществ [5]. Эта идея созвучна новому концептуальному подходу к поиску критериев, предложенному П. Чапменом (P. Chapman) [6]: жесткие критерии оценки состояния (экологические нормы, стандарты, ПДК, ЭДУ и т.п.) не должны работать по определению – их философия не соответствует объекту оценки. Критерии должны уступить место директивам (методическим указаниям – guidelines) относительно способов (методологии) оценки состояния экосистем [6]. Этот

прогрессивный подход будет включен нами в концепцию новой парадигмы взаимоотношений общества и природы (см. п. 11.3.3).

Этот подход открывает дорогу практическому решению задачи экологического нормирования: требования к сохранению экосистем и соответственно к допустимому уровню антропогенной нагрузки на них будут различными для систем разных уровней и категорий – от естественных до полностью преобразованных (антропосистем).

В качестве примера можно привести приведенные в упомянутой работе Т.И. Моисеенко [5] критерии оценки качества природных (пресных) вод, основанные на оценке патологических изменений «здоровья» экосистемы на всех уровнях – от организма до сообщества.

Уровень организмов. Приоритет – рыбы. Проблема: методы экспресс-диагностики заболеваемости рыб на субтоксичных уровнях загрязнения воды. Предлагается методическая схема диагностики, включающая комплекс методов – от визуального осмотра особей до гематологических, гистологических и биохимических анализов. Альтернативой высшим позвоночным в роли тест-объектов могут служить микроорганизмы, в частности бактерии.

Уровень локальных стад. Диагностика состояния локальных стад рыб в зонах загрязнения. Основной метод: количественная (статистическая) оценка показателей заболеваемости рыб в стаде и развития специфических патологий. Для этого выделяются следующие стадии состояния организма рыб: 0 – здоровые особи; 1 – незначительные отклонения от нормы; 2 – отклонения средней тяжести (критическое состояние); 3 – ярко выраженные симптомы интоксикации (неизбежная гибель). В качестве критерия оценки «здоровья» стада используется количественный индекс заболеваемости Z .

Уровень популяции. Реакция популяции на антропогенный стресс имеет более длительный латентный период по сравнению с индивидуальными ответами. Для оценки качества среды необходимы наблюдения за период, в течение которого три–пять поколений вступят в нерестовое стадо в условиях хронической интоксикации. Оценка в принципе возможна при наличии базовой информации о состоянии популяции до начала антропогенного воздействия либо о состоянии популяции в однотипном водоеме. А именно, показателем неблагоприятных изменений среды обитания служит сокращение возрастного (размерного) рядов и количества нерестующихся особей. Признаками биологической деградации считаются следующие:

- повышение доли естественной убыли;
- сокращение числа нерестующихся особей в стаде;
- увеличение вариабельности сроков созревания – как запаздывание, так и опережение репродуктивного возраста.

При оценке влияния загрязнения на популяционные показатели следует учитывать воздействие промысловой нагрузки на стадо.

Уровень сообществ. Критериями для диагностики состояния экосистем по отношению к условно фоновым или природным значениям могут быть известные и доступные в практике мониторинга показатели:

- биомасса и продуктивность сообщества;
- индексы биоразнообразия;
- масса планктонных сообществ;
- доля доминирования эврибионтных видов.

Таким образом, критерии оценки «здоровья» экосистемы основываются на показателях, которые разграничивают изменчивость адаптационного характера и необратимые патологические нарушения в организме, деградационные процессы в популяции и переход экосистемы в качественно новое состояние [5]. В целом, концептуальная основа этого подхода близка к так называемому экосистемному подходу к регулированию антропогенной нагрузки, основанному на теории экологического регресса [7] (см. п. 7.5).

3.2. Допустимое антропогенное воздействие: состояние проблемы и идеи

3.2.1. Допустимое воздействие на экосистему

Итак, практическое решение задачи экологического нормирования состоит в формулировании требований к сохранению экосистем и соответственно к допустимому уровню антропогенной нагрузки на них. Очевидно, что эти требования должны быть разными для систем различных уровней и категорий – от нетронутых человеком природных (естественных) ландшафтов до полностью преобразованных урбано-промышленных антропоисистем (согласно приведенным в п. 2.2.1 определениям).

С сожалением приходится признать, что в настоящее время проблема экологического нормирования не только далека от решения, но даже не имеет общепризнанной концепции, содержащей основные подходы и пути решения проблемы равновесия между человеческим обществом и биосферой. Наиболее разработанные и применяющиеся на практике подходы к ограничению загрязнения природных сред опираются либо на критерии качества окружающей среды для человека («антропоцентрический» подход), либо на критерии вредности загрязнения для избранных сообществ растений или животных (например, рыбохозяйственный, «ихтиоцентрический» подход, см. п. 7.4).

Попытку определения меры допустимых техногенных воздействий и нагрузок одним из первых в нашей стране предпринял Ю.А. Израэль [8]: в качестве допустимой принимается такая нагрузка, которая не вызывает нежелательных изменений и последствий у обитающих на Земле организмов (в первую очередь у человека) и не приводит к ухудшению качества природной среды. Допустимая экологическая нагрузка (ДЭН) выражает

количество какой-либо вредно действующей субстанции в расчете на индивидуум (особь), популяцию, экосистему; в качестве количественной меры ДЭН используются ПДК, устанавливаемые по токсикологическому признаку или биохимическим методом. Помимо установления научно обоснованных ПДК для природных систем, экологическое нормирование, по Ю.А. Израэлю, предполагает определение допустимой нагрузки ЗВ на сообщества живых организмов (в пределах биоценоза, экосистемы, региона), в основном в форме установления допустимой интенсивности поступления ЗВ в природную среду. При экологическом нормировании за основу берутся совершенно иные исходные посылки, нежели при установлении санитарно-гигиенических ПДК: потеря отдельных особей не считается опасной при условии сохранения равновесного состояния экосистемы. Экологические нормы допустимых воздействий на ту или иную популяцию должны опираться на следующие соображения и понятия [8]:

1) критическое воздействие приводит к разрушению рассматриваемой популяции;

2) для каждой популяции принимается коэффициент запаса, представляющий собой отношение допустимого воздействия к критическому; например, при коэффициенте запаса 0,05–0,1 допустимые концентрации ЗВ должны быть в 10–20 раз ниже LK_{50} (летальной концентрации для 50% особей популяции);

3) реакции популяций различных видов на одни и те же воздействия могут существенно различаться; в частности, санитарно-гигиеническая ПДК, при которой обеспечивается защита человека, может быть неприемлемой для каких-то видов животных и растений;

4) необходимо учитывать накопление вредных веществ в аккумулирующих средах (например, в донных отложениях и почве) и пищевых цепочках, превращение их при миграции в более токсичные формы; эти процессы иногда приобретают решающее значение в определении критических звеньев экосистем.

Из перечисленных выше соображений наиболее примечательным нам представляется третье; его суть заключается в довольно сильном предположении, что человек в некоторых случаях может оказаться не самым слабым звеном экосистемы по отношению к загрязнению ОС. Не обсуждая справедливость этого утверждения, отметим, что предложенная Ю.А. Израэлем концепция экологического нормирования держится, по существу, на третьем и четвертом соображениях. Действительно, если безопасные для человека уровни загрязнения (санитарно-гигиенические ПДК) автоматически обеспечивают безопасность природных сообществ (например, в случае радиоактивного загрязнения, см. п. 7.1), то эти ПДК вполне могут использоваться в качестве экологических нормативов загрязнения ОС. Данное положение лежит в основе так называемого антропоцентрического подхода к экологическому нормированию. На первый взгляд, в этом слу-

чае рассмотрение других биологических объектов теряет смысл, поскольку проблема экологически безопасных пределов загрязнения решается уже на организменном уровне. На самом деле, даже при положительном ответе на вопрос о приемлемости санитарно-гигиенических ПДК для экологического нормирования за пределами сферы интересов гигиенистов остаются три нерешенные проблемы:

1) огромные количества ЗВ, не представляющих (по крайней мере, на сегодняшнем уровне знаний) прямой угрозы здоровью человека (наиболее яркий пример – так называемые парниковые газы);

2) необходимость нормирования загрязнения аккумулирующих компонентов геосистем, не относящихся к среде обитания человека (например, почвы, донных отложений);

3) губительные для экосистемы антропогенные нарушения ландшафта.

Так же, как идея деления природных экосистем на категории по критерию допустимого антропогенного воздействия (п. 2.2), предложенная Ю.А. Изразлем концепция экологического нормирования при всей разумности и простоте ее оснований за прошедшие 30 лет не получила сколько-нибудь существенного развития. Причина отсутствия видимого прогресса в развитии идеи, по всей видимости, та же, что и для других подобных теоретических посылок: «черт сидит в деталях». Иными словами, кажущаяся «простота» оснований рассматриваемого подхода не соответствует сложности объектов нормирования – разнообразию, сложности и иерархии масштабов экологических систем. Действительно, попытки перейти от на вид простых и очевидных качественных категорий и понятий, на которых строилась концепция (*«нежелательные изменения и последствия»*, *«ухудшение качества природной среды»*, *«разрушение популяции»* и т.п.), к конкретным количественным мерам и критериям наталкивается на те же фундаментальные трудности, о которых мы говорили при обсуждении подобной ситуации со столь же унылой судьбой плодотворной идеи о необходимости пространственно-географической классификации экосистем (п. 2.2.1).

Принципиальным недостатком рассматриваемой концепции является использование состояния сообществ живых организмов в качестве основного критерия допустимого уровня загрязнения, что вызывает большие сомнения в универсальности такого подхода к нормированию. Например, нормирование выбросов парниковых газов основывается на критериях, прямо не связанных с состоянием биоты.

Несмотря на то что отсутствует общий теоретический подход к решению проблемы пределов антропогенного воздействия на экосистемы различных рангов, по крайней мере в одном случае задача экологического нормирования загрязнения успешно решается на основе «антропоцентрического» подхода, а именно, в ситуации с нормированием радиоактивного загрязнения ОС. Санитарно-гигиенические нормы радиоактивного загряз-

нения воздуха и питьевой воды, установленные действующими Нормами радиационной безопасности (НРБ-99) [9], основаны на концепции риска стохастических эффектов для здоровья человека (канцерогенез) от воздействия ионизирующих излучений. Этот подход в самом общем виде позволяет рассчитывать предельные уровни загрязнения (так называемые производные уровни вмешательства – ПУВ) природных сред (почвы, биоты), исходя из установленных уровней вмешательства (УВ), т.е. пределов доз облучения человека, требующих введения специальных защитных мер. Притом что отсутствует общепринятый подход к нормированию воздействия ионизирующих излучений на живую природу, на практике в качестве экологических норм вполне успешно используются санитарно-гигиенические нормы радиационной безопасности. Теоретически такое расширение области применения НРБ обосновано принципом Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ): «...Норма по контролю окружающей среды, необходимая для защиты человека в той степени, которая в настоящее время является желательной, гарантирует от риска другие виды» [10]. Следует отметить, что дозы, при которых наблюдаются заметные радиационные повреждения природных экосистем, настолько велики, что реально могут быть достигнуты либо превышены только в ограниченных импактных зонах сильного радиоактивного загрязнения на следах самых крупных радиационных аварий. По этой причине разработка нормативов предельно допустимого радиационного воздействия на природные экосистемы лишена всякого смысла, так как нет условий, при которых эти нормативы могут и должны применяться на практике. Таким образом, можно утверждать, что проблема экологического нормирования радиоактивного загрязнения окружающей среды практически отсутствует, по крайней мере, для всех категорий природных комплексов, представляющих ценность для человека и биосферы. Более подробно методология защиты ОС от радиоактивного загрязнения будет рассмотрена в п. 7.3.

Как и для радиоактивных веществ, в городах и населенных пунктах для ограничения загрязнения химическими веществами атмосферного воздуха и поверхностных вод используются санитарно-гигиенические нормативы. За пределами собственно среды обитания человека, т.е. в условиях *природной среды*, единственная реально действующая общегосударственная система ограничения загрязнения химическими веществами – рыбохозяйственные ПДК, регулирующие качество поверхностных вод. Все остальные приемы ограничения загрязняющих выбросов/сбросов в окружающую среду имеют, как правило, местное значение (см. п. 7.1, 7.2).

Следует признать, что совокупность действующих нормативов по регулированию химического загрязнения природной среды не обеспечивает сохранения природных комплексов на всех уровнях сложности – от локального (экосистемы) до глобального (биосфера в целом). Некоторый сдвиг в решении проблем экологического нормирования химического загрязне-

ния атмосферы наметился в последние два десятилетия в связи с такими проблемами, как сохранение бореальных лесов, уникальных природных комплексов (например, озера Байкал) и глобальное потепление. Однако в целом, в отличие от радиоактивного загрязнения, теоретическая проблема экологического нормирования химических ЗВ еще далека от решения. С другой стороны, определенный оптимизм вызывают практические успехи развитых стран в решении задач охраны природных ресурсов на основе устойчивого снижения выбросов ЗВ и ограничения других видов воздействия, по крайней мере, в национальном масштабе.

В итоге наиболее перспективным подходом к ограничению антропогенного воздействия на экосистемы низких рангов (экологическому нормированию допустимой нагрузки на экосистемы) нам представляется отказ от жестких стандартов (типа ПДК, ПДУ, ЭДУ и т.п.) в пользу методологии оценки желательного состояния конкретных экосистем – с учетом степени их антропогенной трансформации. Эта идея возникла независимо в умах многих экологов в начале 1990-х годов. В дополнение к уже упомянутым нами статьям Т.И. Моисеенко и Р. Шарпан [5, 6] необходимо сослаться на работу Ю.А. Израэля и В.А. Абакумова [11], в которой предлагается дифференцированный подход к экологическому нормированию состояния разных категорий водных экосистем в зависимости от «народохозяйственного, социального, эстетического и научного значений водного объекта» (см. 2.2.1). Авторы предлагают: «...Наряду с общими для каждой категории критериями допустимого экологического состояния ...внутри каждой категории вводятся дополнительные частные критерии, позволяющие учитывать индивидуальные требования к этим группам водных объектов. Так, например, для рек, в которых обитают осетровые или лососевые, дополнительным критерием будет сохранение запасов этих ценных видов рыб» [11].

Стоит повторить, что дифференцированный подход к оценке состояния экосистем и к решению проблемы ограничения антропогенного воздействия (экологического нормирования) на основе критериев желательного (допустимого, приемлемого, заданного) состояния экосистем в наибольшей степени соответствует философии паритетных отношений человеческого общества с живой природой.

3.2.2. Допустимое воздействие на региональную систему

По Н.Ф. Реймерсу [3], природные комплексы нижних рангов налагают ограничения на наши возможности изъятия ресурсов из-за опасности разрушения этих комплексов при нарушении ресурсных балансов. В частности, для региональных геосистем должен существовать предел – *запас регионального хозяйственного использования* – и дополняющий его показатель – *ресурсный шаг*. Пример: степень изъятия (добычи) хищного консумента (волк, лисица и т.п.) из наземного сообщества не должна превышать

пределов, при которых будет сохранена их роль в экосистеме, и одновременно не должна препятствовать восстановлению их численности в системе. Этот уровень изъятия для конкретной экосистемы будет выражаться через *единицу запаса и использования*. Наибольшее приложение, таким образом, найдут ограничения (на ресурс) по величине от шагового запаса до единицы запаса и использования [3].

Идеи Н.Ф. Реймерса о роли ресурсных балансов в определении пределов антропогенной нагрузки на региональные геосистемы были использованы Е.В. Хлобыстовым при анализе экологического воздействия промышленного производства в региональном масштабе [12]. По мнению автора, основным параметром, определяющим экологическую безопасность регионального промышленного производства, служат показатели ресурсных балансов региона, которые отражают степень сбалансированности региона как единой территориальной системы, включающей в себя комплекс реципиентов техногенного воздействия. Здесь мы приводим фрагмент из работы Е.В. Хлобыстова [12], иллюстрирующий практическое применение идеи.

«На региональном уровне можно выделить три основные группы ресурсов: экологические, технологические, демографические.

К экологическим ресурсам относятся ассимиляционные емкости экосистем (или другие показатели их устойчивости), вода и кислород, к технологическим – электроэнергия и топливно-энергетические ресурсы (технологических ресурсов гораздо больше, но для оценки региональной экологической безопасности достаточно рассматривать лишь указанные), к демографическим – население. По каждому из ресурсов выделяются показатели *ресурсообеспеченности* (количества ресурса на территории региона), *ресурсопотребления* (количества ресурса, потребленного в регионе за определенный промежуток времени) и *ресурсного баланса* (соотношения между ресурсообеспеченностью и ресурсопотреблением). Основные показатели ресурсообеспеченности региона:

1. **Показатель ассимиляционной емкости** A_p (безразмерная величина, в работе [12] ее смысл не раскрывается. – Авт.).

2. **Удельный вес естественных биогеоценозов** $U_{\text{ест}}$ (безразмерная величина):

$$U_{\text{ест}} = \sum_n S_{\text{бгц}}^i / S,$$

где $S_{\text{бгц}}^i$ – площадь i -го естественного биогеоценоза, км²;

S – площадь региона, км²;

n – количество естественных биогеоценозов в регионе.

3. **Общий сток на территории региона** Q_o , млн. м³/год.

4. **Суммарный местный поверхностный и подземный сток** Q_m , млн. м³/год.

5. Региональное воспроизводство кислорода Π_v , т/год:

$$\Pi_v = \sum S_{\text{бгц}}^i Y_i$$

где $S_{\text{бгц}}^i$ – площадь i -го биогеоценоза на территории региона, км²; Y_i – ежегодное производство кислорода i -м растительным сообществом, определяется по таблице:

Вид БГЦ	Смешанный лес	Пашня	Пастбище	Водная поверхность	Город
Воспроизводство кислорода, т/(км ² ·год)	1000-1500	500-600	400-500	100	80-100

6. **Общее количество населения** N , тыс. чел.

7. **Средняя плотность населения** P_n , чел./км².

8. **Произведенная в регионе за год электроэнергия** $E_{\text{пр}}$, млн. кВт·ч.

9. **Добытый (произведенный) за год в регионе i -й топливно-энергетический ресурс** $T_{\text{пр}}^i$, тыс. тонн.

Первые пять показателей характеризуют обеспеченность региона экологическими ресурсами; шестой и седьмой – демографическим, а восьмой и девятый – технологическими ресурсами.

Основные показатели ресурсопотребления региона:

1. **Водопотребление региона** q , млн. м³/год.

2. **Фактическое потребление кислорода предприятиями региона** Π_n , т/год.

Фактическое потребление кислорода рассчитывается, исходя из объемов выбросов загрязняющих веществ, связывающих атмосферный кислород, которые поступают от стационарных и передвижных источников загрязнения. Основными из них являются оксиды углерода, азота и сернистый ангидрид.

3. **Объем использованной за год на территории региона электроэнергии** e , млн. кВт·ч.

4. **Масса потребленного за год i -го топливно-энергетического ресурса** m^i , т/год.

5. **Суммарная масса производственных отходов по всем предприятиям региона** G_n , т/год.

6. **Суммарная масса бытовых отходов на территории региона** G_b , т/год.

Первые два показателя характеризуют степень использования экологических ресурсов региона; третий и четвертый – ресурсопотребление по основным технологическим ресурсам. Пятый и шестой показатели служат дополнительными характеристиками экологической нагрузки на территорию региона (т.е. косвенно характеризуют определенный аспект использования экологических ресурсов). Прямых показателей ресурсопотребле-

ния по демографическим ресурсам не существует (если рассматривать эти ресурсы с точки зрения оценки экологической безопасности региона). Показатели средней продолжительности жизни, заболеваемости, смертности и т.д. являются характеристиками состояния демографических ресурсов, а не их использования. В дальнейшем, на уровне ресурсных балансов, демографические ресурсы рассматриваются в комплексе с экологическими.

Основные показатели ресурсных балансов региона:

1. **Баланс ассимиляционных емкостей A** (безразмерная величина).
2. **Баланс воспроизводства кислорода Π** , млн. м³/год:

$$\Pi = 0,04\Pi_{\text{в}} - \Pi_{\text{п}}$$

где 0,04 – коэффициент, определяющий ту часть произведенного кислорода, которую можно изъять для потребления промышленностью без ущерба для экосистем региона.

3. **Баланс водопотребления Q** , млн. м³/год:

$$Q = Q_{\text{м}} - q.$$

4. **Демографический баланс обеспеченности водными ресурсами $D_{\text{в}}$** (безразмерная величина).

5. **Демографический баланс обеспеченности рекреационными ресурсами $D_{\text{р}}$** (безразмерная величина).

6. **Интегральный демоэкологический баланс D** .

7. **Баланс электроэнергии E** , кВт·ч/год:

$$E = E_{\text{пп}} - e.$$

8. **Топливный баланс по i -му топливно-энергетическому ресурсу T^i** , т/год:

$$T^i = T^i_{\text{пп}} - m^i.$$

Первые три показателя характеризуют балансы основных экологических ресурсов региона. Четвертый и пятый – баланс обеспеченности демографических ресурсов (населения) необходимыми экологическими ресурсами. Седьмой и восьмой – баланс технологических ресурсов.

Система показателей региональных ресурсных балансов охватывает основные виды ресурсов (экологические, демографические и технологические) и позволяет оценить все составляющие балансов (ресурсопотребление, ресурсообеспеченность и баланс по каждому отдельному виду ресурсов). Ресурсные балансы – это основные, но не единственные критерии оценки региональной экологической безопасности. Важное значение имеют также показатели экологической опасности регионального промышленного комплекса. Если первые (балансовые показатели) характеризуют степень устойчивости региона как единой территориально ограниченной техно-социоприродной системы, то вторые позволяют оценить потенциаль-

ную и (частично) фактическую опасность техногенного влияния субъекта воздействия – регионального промышленного комплекса – для совокупности реципиентов, расположенных на территории региона» (*конец цитаты*).

В основаниях приведенных выше алгоритмов, используемых для оценки показателей региональных ресурсных балансов, присутствуют три новаторских положения, они при изложении в более простых и понятных терминах придают всей методологии некоторые черты новой концепции природопользования, о которой говорилось в гл. 1.

1. Показатели ресурсных балансов региона – основная характеристика, определяющая экологическое состояние («степень сбалансированности») территориальной системы, которая испытывает антропогенную нагрузку от региональной экономики.

2. Удельный вес естественных биогеоценозов – в числе основных показателей ресурсообеспеченности региона.

3. Кислород – важный экологический ресурс, требующий учета и нормирования наряду с другими природными ресурсами.

Таким образом, в региональном масштабе основными параметрами, требующими введения ограничений («экологического нормирования»), должны служить показатели региональных ресурсных балансов (в том числе кислорода) и, что очень важно и непривычно (см. п. 2.2.3), – удельный вес естественных биогеоценозов. Последний показатель более подробно рассмотрен ниже (п. 3.3).

3.2.3. Допустимое воздействие на биосферу

По мнению Н.Ф. Реймерса, анализ причин кризиса в отношениях человека с природой приводит к выводу о необходимости поиска «разумных» пропорций между социально-экономическим развитием и темпами роста энтропии в системе «природа – человек», т.е. темпами и уровнем деградации природы и среды обитания человека. «Разумность» пропорций определяется тремя основными показателями [3]:

1) производство энергии в пределах, исключающих выход геофизических систем планеты из стационарного состояния;

2) ограничение выброса загрязняющих веществ и рассеяния отходов, химических элементов и соединений в природной среде в пределах толерантности наиболее чувствительных видов живых организмов;

3) поддержание экологического баланса (равновесия) в пределах экономической оправданности без проявления признаков деградации природных комплексов.

Несмотря на привычные для подобных формулировок «проклятые» неопределенности терминов («пределы толерантности», «экономическая оправданность» и т.п., см. п. 1.5.2), эти условия все же продвигают нас в правильном направлении к решению проблемы «Человек и Биосфера». Следует обратить особое внимание на термин «экологическое равновесие»

(«...баланс»), имеющий смысл динамического равновесия. Характерный масштаб времени равновесия зависит от геофизических, геохимических и биологических аспектов жизнедеятельности системы – от миллионов лет (геофизические и геологические процессы) до суток и часов (микроорганизмы) [3].

Примером антропогенного воздействия на биосферу, не связанного с выбросом ЗВ, может служить триггерное воздействие энергетических систем (ЛЭП) на напряженность магнитного поля Земли: отмечаются падение напряженности со времени строительства первых ЛЭП и колебания с периодом в семь дней (рабочий цикл). Другой пример предела антропогенного воздействия – 1%-ные изменения глобального энергетического баланса. По подсчетам Н.М. Сваткова [13] максимум энергетического шагового глобального запаса (ШГЗ – минимум, необходимый для возможного самовосстановления всей экосферы планеты) составляет 0,5–1% энергии солнечного излучения, приходящего на Землю. По его мнению, энергетический ШГЗ с учетом вторичных эффектов в наши дни достигнут и даже превзойден, что грозит сдвигами в природном равновесии. Ограничение энергетического ШГЗ значением 1% было подтверждено работами В.Г. Горшкова [14].

Существуют аналогичные пределы на более низких уровнях иерархии геосистем. Запас регионального хозяйственного использования – аналог ШГЗ для региональных геосистем. Фактически в регионе мы можем использовать ресурсы в пределах, диктуемых общей экосистемной ситуацией и одновременно лимитом возобновляемости данного ресурса. В этой связи полезен «закон 10%»: изменение (изъятие) численности (массы) популяции примерно на 10% (от 5–17% до нескольких десятков процентов) приводит к выходу системы из стационарного состояния вплоть до ее полного разрушения [15] (цит. по [3]). Деградацию (вплоть до гибели) может вызвать изъятие 70% (25%) массы или вещественно-энергетического прироста в популяционной системе. Типичный пример такого воздействия – так называемый перевыпас: степень стравливания травостоя не должна превышать в полупустынной зоне 60–70% годичного прироста растений [16].

В табл. 3.1 приведен перечень наиболее известных порогов воздействия на природные ресурсы, составленный Н.Ф. Реймерсом [3]. Этот перечень мы рассматриваем как иллюстрацию перспективных идей решения проблемы ограничения антропогенного воздействия на биосферные процессы, которые мы можем трактовать как экологически приемлемые «нормы». Что касается величины самих пределов, то суждение об их обоснованности и правильности требует отдельного рассмотрения.

Общепризнано, что геохимические круговороты охватывают все 92 элемента таблицы Менделеева. Каждый элемент характеризуется показателем «технофильности» – отношением ежегодной добычи к содержанию в земной коре. Процессы техногенеза (техногенное концентрирование

Таблица 3.1. Перечень ориентировочных порогов эксплуатации естественных ресурсов и пределов воздействия на природные процессы [3]

Воздействие	Последствия
Слабое энергетическое («триггер»)	Постепенная деградация системы с общей энергией в 10^6 – 10^8 раз больше импульса воздействия
«Закон 1%»: Изменение баланса энергии системы в пределах 1% Изменение баланса энергии системы более чем на 1%	Выход системы из стационарного состояния с кризисными последствиями Катастрофическое изменение системы
«Закон 10%»: Изменение численности (массы) популяции на 10% (5–17% до нескольких десятков процентов)	Выход из стационарного состояния вплоть до полного разрушения системы
Изъятие 70% (25%) массы или вещество-энергетического прироста в популяционной системе	Деградация системы вплоть до гибели
Выведение системы из стационарного состояния с развитием саморасширения	(10^5 – 10^6)-кратное (до 10^8) саморасширение системы относительно «нормы» с последующим кризисным снижением массы значительно ниже средней

и рассеяние в природной среде) приводят к постепенному изменению геохимического фона и нарушениям, а в районах крупных месторождений минерального сырья – и к полному разрушению геохимических циклов. Экологическое нормирование, основанное на сохранении «доиндустриальных» уровней геохимического фона в природных экосистемах всех рангов, – другой пример перспективной идеи решения проблемы сохранения экологического равновесия биосферы [17] (см. п. 7.6).

3.3. Соотношение природных и нарушенных экосистем

ЮНЕП (UNEP, United Nations Environment Programme, Программа ООН по окружающей среде) рекомендует пять категорий природных охраняемых участков во всемирном списке национальных парков и эквивалентных им территорий:

- 1) национальные парки (независимое природопользование, национальный статус);
- 2) провинциальные парки (рекреация, местный статус);
- 3) полные резерваты (заповедники) или резерваты направленного режима (аналог заповедников в России);
- 4) природные парки или заказники различного профиля (в России – заказники и природные парки);

5) исторические, культурно-исторические и археологические заказники (в России – так называемые музеи-заповедники: Кижи, Соловецкие острова и т.п.).

Хозяйственная инфраструктура и природные «островки» частично и полностью преобразованных (соответственно природно-антропогенных и антропогенных) гео-экологических комплексов (территорий) разрушают изначально непрерывную и цельную картину естественной природы, что приводит к деградации геосистем всех рангов – от локальных до региональных и биосферных. Стратегия защиты окружающей среды, основанная на сохранении изолированных природных «островков», как показывают опыт и теоретические исследования последних лет, неадекватна задаче и малоэффективна, поскольку не учитывает фактора времени, который проявляется в динамических свойствах геосистем. Этот фактор обычно игнорируется в практике решения проблемы защиты природы путем создания мозаики национальных парков и заповедников в виде «островков» нетронутой природы в море природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов, т.е. в окружении нарушенных или полностью преобразованных природных комплексов [18].

Из общих экосистемных соображений следует, что в таких мозаичных, фрагментарных, изолированных природных ландшафтах динамические и пространственно-временные свойства растительных и животных сообществ будут ограничены, что приведет к снижению репродуктивных возможностей популяции и, как следствие, к ее ослаблению.

Таким образом, фундаментальное условие сохранения структуры и видового разнообразия природной геосистемы – создание достаточно протяженного пространственного континуума в виде большой системы (сети) заповедных и особо охраняемых территорий, соединенных между собой достаточно широкими «экологическими коридорами». Роль коридоров могут играть долины рек, горные массивы, перевалы и т.п. Охраняемые территории, например национальные парки, в такой системе рассматриваются не как изолированные системы, а скорее как взаимодействующие друг с другом компоненты более широкой системы. Приоритетной задачей таких заповедных и охраняемых территориальных систем высокого ранга должно быть сохранение высокого качества природной среды и защита биоразнообразия. Эта задача должна решаться на этапе планирования промышленных и урбанизированных территорий путем создания сети охраняемых и заповедных зон, дающих возможность миграции популяций животных и растений в пределах территории [18]. Понятно, что эта работа должна выполняться в тесном сотрудничестве специалистов различного профиля – ботаников, зоологов, геологов, геоморфологов, строителей и др.

Один из основателей термодинамики биологических систем Г.Ф. Хильми сформулировал фундаментальный закон: «Индивидуальная система, существующая в среде с уровнем организации, более низким, чем уровень

самой системы, обречена: постепенно теряя свою структуру, система через некоторое время растворится в окружающей среде» (цит. по [3]). Зададимся вопросом: что ждет систему в окружающей ее среде с уровнем организации выше уровня самой системы? Скорее всего, судьба ее будет такой же, как и в предыдущем случае, – ассимиляция в окружающей среде, т.е. повышение экологического статуса (разумеется, при условии отсутствия антропогенного давления). Хорошая аналогия для геополитиков!

Теоретически, площадь особо (целенаправленно) охраняемых территорий должна быть такой, чтобы не нарушать «закон 1%» и «закон 10%» (табл. 3.1). По Н.Ф. Реймерсу, принятие этого положения должно ознаменовать революционный переворот во всей теории «заповедного дела» [3]. Следование указанным законам приводит к выводу о необходимости сохранения в той или иной степени в неизменном (ненарушенном) виде основной (десятки процентов) части пространства планеты с приданием этим территориям статуса «природных экосистем» (см. п. 2.2).

Этот теоретический подход был подкреплен расчетами В.Г. Горшкова, указавшего, что лишь вся система биосферы способна поддерживать энергетический баланс на планете. Согласно его расчетам, пределы изменений, превышение которых может привести к глобальной экологической катастрофе, таковы: полностью (100%) измененные (преобразованные, антропогенные) экосистемы – не более 1% поверхности Земли; частично (10% по энерго- и массобалансам) измененные (природно-антропогенные) – не более 10%; остальная территория может претерпеть изменения не выше 1% структурных нарушений природных геосистем [19]. Фактически к 2000 году всемирная сеть заповедников насчитывала 30 350 охраняемых районов с общей площадью 13,23 млн. км², что составляет примерно 8,8% общей площади суши (по данным World Watch Institute Data Base, 2000).

Пример опосредованного влияния антропогенного фактора на природное равновесие (массобаланс) в природно-антропогенных системах: широкомасштабное сведение лесов ведет к их омоложению, вследствие чего возрастает потребление воды лесами (из-за резкого увеличения прироста биомассы), что вызывает снижение (до 10%) речного стока в регионе [3]. Опыт Финляндии показывает, что традиционный «скандинавский» (в России – немецко-русский, «морозовский», по Г.Ф. Морозову) метод ведения лесного хозяйства – поэтапные санитарные рубки, промышленные рубки прореживанием, воспроизводство парковых лесов – приводит к заметному «осушению» климата, поскольку парковые леса значительно суше сомкнутых.

Одна из основных задач защиты природы – сохранение видового разнообразия биосферы. Относительная изолированность («инсулярность») большинства природных биотопов, возникающая с ростом хозяйственной инфраструктуры, создает угрозу исчезновения видов вследствие нарушения природных соотношений площадей ареалов, необходимых для устой-

чивого равновесия популяции вида, в особенности крупных хищников. Так, для устойчивого существования дальневосточного тигра требуется популяция порядка 1000 особей, которая должна занимать площадь порядка 200 000–1 000 000 км². Аналогичные оценки для белых медведей дают размер необходимого ареала порядка площади Северного Ледовитого океана. Для сохранения всего видового разнообразия биосферы пришлось бы признать заповедной всю площадь Земли, что вполне логично, так как дикая природа планеты была «оптимизирована» именно к пространствам всей планеты. Анализ ситуации приводит к фундаментальному противоречию.

- Сохранение вида невозможно вне занимаемого им биотопа с необходимой площадью ареала; на деле сохранение видового разнообразия биосферы требует заповедывания огромных территорий, близких по суммарной площади к площади всей Земли.

- Заповедывание территорий, необходимых для сохранения всего видового разнообразия биосферы, невозможно по очевидным соображениям.

Следствие этого противоречия – неизбежность исчезновения видов [3].

Один из выдающихся энтузиастов и теоретиков заповедного дела Н.Ф. Реймерс считал, что назрела острая необходимость разработки интегральных программ «экологической оптимизации» – создания условий для поддержания экологического равновесия и видового разнообразия. Допустимые сроки решения неотложных экологических проблем – десятилетия, а в ряде случаев – считанные годы. Исследования в области поддержания экологического равновесия должны превратиться в ведущий раздел современной науки [3].

3.4. Резюме. Проблема экологического нормирования

Критерии «нормы» и «патологии»

Под экологическим нормированием в широком смысле мы понимаем ограничение всех видов антропогенного воздействия на природные ресурсы путем установления предельных уровней воздействия. Одна из основных задач нормирования антропогенных воздействий – поиск и определение количественных критериев пограничных состояний биологических систем, разделяющих состояния «нормы» и «патологии».

Чаще всего параметры среды нормируются с позиций сохранения здоровья человека, редко – с позиций сохранения ненарушенного состояния естественных экосистем, еще реже – с позиций сохранения того и другого вместе. Применяемые для оценки качества среды и экологического нормирования критерии не приближают желаемых результатов, а скорее удаляют от них [2].

Живые организмы преадаптированы к колебаниям абиотических параметров среды, т.е. имеют потенциальные способности к адаптации, которые проявляются при естественной вариабельности параметров среды [4].

Критерии оценки «здоровья» экосистемы должны основываться на показателях, которые разграничивают изменчивость адаптационного характера и необратимые патологические нарушения в организме, деградиционные процессы в популяции или переход экосистемы в качественно новое состояние [5].

Допустимые уровни антропогенной нагрузки различны для природных систем разных уровней и категорий – от естественных до полностью преобразованных (антропосистем). Принципиально новый критерий – параметры желательного (или приемлемого) состояния биологических сообществ. Жесткие критерии оценки состояния (экологические нормы, стандарты, ПДК, ЭДУ и т.п.) не должны работать по определению – их философия не соответствует объекту оценки [5, 6].

Таким образом, вопрос о критериях и пределах допустимого воздействия на экосистемы разных рангов и категорий остается открытым.

Допустимое антропогенное воздействие: состояние проблемы и идеи

Проблема экологического нормирования не имеет общепризнанной концепции. Попытки перейти от декларативных, размытых, качественных категорий и понятий, на которых строились прошлые концепции («нежелательные изменения и последствия», «ухудшение качества природной среды», «разрушение популяции» и т.п.) к конкретным количественным мерам и критериям наталкиваются на трудности фундаментального характера. Преодолеть эти трудности можно лишь после ответов на ключевые вопросы проблемы отношений человека и биосферы.

По крайней мере, в одном случае задача экологического нормирования загрязнения вполне успешно решается на основе «антропоцентрического» подхода: в основу оценки экологических пределов радиоактивного загрязнения ОС могут быть положены санитарно-гигиенические Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Теоретически такое расширение области применения НРБ обосновано принципом Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ): «...Норма по контролю окружающей среды, необходимая для защиты человека в той степени, которая в настоящее время является желательной, гарантирует от риска другие виды» [10].

Следует признать, что вся совокупность действующих нормативов по регулированию химического загрязнения природной среды не обеспечивает сохранения природных комплексов на всех уровнях сложности – от локального (экосистемы) до глобального (биосфера в целом). В итоге наиболее перспективным подходом к ограничению антропогенного воздействия на экосистемы низких рангов (экологическому нормированию допустимой нагрузки на экосистемы) нам представляется отказ от жестких стандартов (типа ПДК, ПДУ, ЭДУ и т.п.) в пользу методологии оценки желательного (или приемлемого) состояния экосистем.

тельного состояния конкретных экосистем с учетом степени их антропогенной трансформации [5, 6, 11].

По Н.Ф. Реймерсу, природные комплексы нижних рангов налагают ограничения на наши возможности изъятия ресурсов из-за опасности разрушения этих комплексов при нарушении ресурсных балансов. В частности, для региональных геосистем должен существовать предел – *запас регионального хозяйственного использования* – и дополняющий его показатель – *ресурсный шаг* [3]. Пример практического использования идеи Н.Ф. Реймерса о роли ресурсных балансов в определении пределов антропогенной нагрузки на региональные геосистемы приведен в работе Е.В. Хлобыстова, содержащей попытку оценки воздействия промышленного производства на природные комплексы в региональном масштабе [12].

Наиболее известные (цитируемые) пределы воздействия на природные ресурсы [3]:

– 1%-ное изменение энергетического баланса природной системы: например, слабое («триггерное») воздействие способно вызвать катастрофические изменения в глобальном климате [13];

– «закон 10%»: изменение (изъятие) численности (массы) популяции на 10% (от 5–17% до нескольких десятков процентов) приводит к выходу системы из стационарного состояния вплоть до ее полного разрушения [15].

Эти пределы мы рассматриваем как примеры решения общей проблемы ограничения антропогенного воздействия на биосферные процессы, которые можно трактовать как приемлемые «экологические нормы». Что касается самих пределов, то суждение об их обоснованности и правильности требует отдельного анализа.

Процессы техногенеза – техногенного концентрирования и рассеяния химических элементов в природной среде – приводят к постепенному изменению локального, регионального и глобального геохимического фона, а в районах крупных месторождений минерального сырья – и к полному разрушению геохимических циклов. Подход к экологическому нормированию химического загрязнения компонентов природных систем, основанный на сохранении «доиндустриальных» уровней геохимического фона в природных экосистемах всех рангов, – другой пример перспективной идеи решения проблемы сохранения экологического равновесия биосферы [17] (см. п. 7.6).

Соотношение природных и нарушенных экосистем

Фундаментальное условие сохранения структуры и видовой разнообразия природных систем высоких рангов – создание достаточно протяженного пространственного континуума в виде большой системы (сети) заповедных и особо охраняемых территорий, соединенных между собой достаточно широкими «экологическими коридорами». Эта задача должна

решаться на этапе планирования промышленных и урбанизированных территорий путем создания сети охраняемых и заповедных зон, дающих возможность миграции популяций животных и растений в пределах территории [18].

Примером изменений в структуре категорий геосистем биосферы, которые могут привести к глобальной экологической катастрофе, служат выполненные В.Г. Горшковым оценки пределов территорий, занимаемых экосистемами основных категорий: полностью (100%) измененные (преобразованные, антропогенные) экосистемы – не более 1% поверхности Земли; частично (10% по энерго- и массобалансам) измененные (природно-антропогенные) – не более 10%; остальная территория может претерпеть изменения не выше 1% структурных нарушений природных геосистем [19].

Дикая природа планеты была «оптимизирована» именно к пространствам всей планеты. Анализ ситуации приводит к фундаментальному противоречию [3].

- Сохранение видового разнообразия биосферы требует заповедывания огромных территорий, близких по суммарной площади к площади всей Земли.

- Заповедывание территорий, необходимых для сохранения всего видового разнообразия биосферы, невозможно по очевидным соображениям.

Следствие этого противоречия – неизбежность исчезновения видов.

Назрела острая необходимость разработки интегральных программ «экологической оптимизации» – создания условий для поддержания экологического равновесия и видового разнообразия. Допустимые сроки решения неотложных экологических проблем – десятилетия, а в ряде случаев – считанные годы. Исследования в области поддержания экологического равновесия должны превратиться в ведущий раздел современной науки [3].

Список литературы

1. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ (принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года).

2. *Смулов А.В.* Научные основы и методология экологической диагностики // Матер. междунар. науч.-практ. конф. МГУ – СУНИ «Человечество и окружающая среда». 26–28 окт. 2004 года, М., МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд. МГУ, 2004. – С. 173–177.

3. *Реймерс Н.Ф.* Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: ИЦ «Россия молодая», 1992.

4. *Яблоков А.В., Юсуфов А.Г.* Эволюционное учение – М.: Высшая школа, 1981.

5. *Моисеенко Т.И.* Антропогенная изменчивость пресноводных экосистем и критерии оценки качества вод // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. XIX. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003. – С. 72–94.

6. *Chapman P.M.* Environmental Quality Criteria. What type should we be developing // Environ. Sci. Technol. – 1991. – Vol. 25. – N 8.

7. *Абакумов В.А.* Основные направления изменения водных биоценозов в условиях загрязнения окружающей среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – Т. 2. – С. 37–48.

8. *Израэль Ю.А.* Экология и контроль состояния природной среды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979.

9. Нормы радиационной безопасности – НРБ-99. СП 2.6.1.758-99. – М.: Минздрав России, 1999.

10. Recommendations of the ICRP: ICRP Publication 26. – Oxford: Pergamon Press, 1977

11. *Израэль Ю.А., Абакумов В.А.* Об экологическом состоянии поверхностных вод СССР и критериях экологического нормирования // Экологические модификации и критерии экологического нормирования: Тр. междунар. симп. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – С. 7-18.

12. *Хлобыстов Е.В.* Методология анализа и нормирования экологической безопасности промышленного производства // Экология городов и рекреационных зон: Матер. междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, 1998. – С. 87-94.

13. *Сватков Н.М.* Основы планетарного географического прогноза. – М.: Мысль, 1974.

14. *Горшков В.* Единая стратегия выживания // Знание – сила. – 1991. – № 6. – С. 5–10.

15. *Ricklefs R.E.* Ecology. – Portland, Oregon: Chiron Press, 1973.

16. *Джапова Р.Р.* Использование природных кормовых угодий в экологически допустимых пределах // Матер. междунар. науч.-практ. конф. МГУ – СУНИ «Человечество и окружающая среда». 26–28 окт. 2004 года, М., МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд. МГУ, 2004. – С. 22–23.

17. *Ветров В.А.* Экологический подход к нормированию качества сточных вод Байкальского целлюлозно-бумажного комбината по минеральным компонентам // Охрана природы от загрязнения предприятиями целлюлозно-бумажной промышленности. – Л., 1983. – С. 56–65.

18. *Cattuto C., Gregori L., Rapicetta S.* Ecological Networks: Strategy for the Protection of Environment // Матер. междунар. науч.-практ. конф. МГУ – СУНИ «Человечество и окружающая среда». 26–28 окт. 2004 года, М., МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд. МГУ, 2004. – С. 33–34.

19. *Горшков В.Г.* Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды // Итоги науки и техники. Сер. "Теоретические и общие вопросы географии". – М.: ВИНТИ, 1990. – Т. 7.

4. СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ В РОССИИ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Промышленное общество подобно расточительному наследнику, проедающему богатое наследство.

Р. Клаузиус, 1890

4.1. Общий подход

В контексте нашего обзора в понятие «ресурс» мы включаем все виды потенциально исчерпаемых материальных ресурсов, потребляемых экономикой страны и в системном моделировании играющих роль источников. По принятой нами классификации [1] исчерпаемые природные ресурсы делятся на возобновляемые и невозобновляемые (табл. 1.1). В числе возобновляемых ресурсов мы рассматриваем атмосферный воздух, земельные ресурсы, природные пресные воды и основные экономические ресурсы растительного и животного мира – лес и рыбу. Из невозобновляемых ресурсов наибольший интерес представляют ископаемые виды минерального сырья и топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) – уголь, нефть, газ, уран, а также некоторые так называемые альтернативные виды энергетических ресурсов: энергию воды и органическое топливо.

Состояние природных ресурсов оценивается по их запасам, потреблению и степени деградации (истощения). Данные для анализа и оценок были взяты в основном из официальных государственных документов. В этой главе мы не касаемся проблемы деградации возобновляемых ресурсов в результате загрязнения; эта причина истощения ресурсов рассмотрена в гл. 6.

4.2. Возобновляемые ресурсы

4.2.1. Атмосферный воздух

Как уже отмечалось (п. 3.2.2), кислород – важный экологический ресурс, требующий учета и нормирования наряду с другими природными ресурсами. В последние 10–20 лет возрос интерес специалистов в области ресурсов к оценке состояния запасов атмосферных газов, прежде всего кислорода, в связи с угрозой климатических изменений вследствие антропогенного возмущения глобальных циклов парниковых газов.

В монографии [2] приведена оценка антропогенной эмиссии CO_2 в конце 1990-х годов – 23,1 Гт (CO_2) в год, в основном за счет сжигания ископаемого топлива и производства цемента (в сумме более 99% потока). Это соответствует глобальному антропогенному потреблению кислорода

около 17 Гт (O_2) в год. По-видимому, другими антропогенными потребителями кислорода можно пренебречь. По сравнению с массой кислорода в атмосфере ($\sim 10^{15}$ т) его годовой антропогенный сток ($\sim 10^{10}$ т/год) можно охарактеризовать как ничтожно малый ущерб, особенно с учетом естественной эмиссии кислорода за счет «дыхания» растений (см., например, таблицу в п. 3.2.2). Однако оценка может стать более тревожной, если сравнить антропогенный сток с естественным поглощением кислорода за счет окисления отмершей биомассы. Из представленного в [2] обзора данных о глобальном балансе CO_2 следует, что поток CO_2 с поверхности Земли в атмосферу (в приблизительном равновесии с обратным потоком поглощения) составляет около 120 Гт (С) в год, что соответствует естественному стоку кислорода за счет процессов дыхания и деструкции живого вещества около 300 Гт в год. Таким образом, антропогенный сток кислорода 17 Гт в год становится вполне значимой величиной ($\sim 6\%$) в суммарном глобальном стоке кислорода.

В качестве примера оценки баланса воспроизводства и потребления атмосферного кислорода на региональном уровне можно указать на работу Е.В. Хлобыстова [3], в которой этот баланс рассматривался при оценке «экологической безопасности» регионов Украины. Была принята методика расчета баланса, предложенная в 1980-х годах В. Владимировым и др. в работах, связанных с макрорегиональными исследованиями Госстроя СССР [4]. Согласно этой методике, для расчета баланса воспроизводства/потребления атмосферного кислорода необходимо определить:

а) общий объем воспроизводства кислорода на территории исходя из характеристик естественных и искусственных биоценозов;

б) общий объем потребления атмосферного кислорода при выбросе загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками эмиссии ЗВ (расчет ведется по связыванию кислорода в соответствии с объемами выброса ЗВ от источников);

в) объем возможного потребления атмосферного кислорода, не приводящего к необратимому ущербу в экосистемах.

Объем воспроизводства атмосферного кислорода на территории определяется исходя из объема ежегодного воспроизводства в растительных сообществах. Около 60% всего воспроизводимого кислорода растительные сообщества используют для обеспечения собственных биологических нужд (фактически эта часть воспроизводимого кислорода не подлежит изъятию), а по «закону 10%» (по Н.Ф. Реймерсу [1], см. п. 3.2.3), изъятие более 10% ресурсов экосистемы влечет за собой ее непоправимую деградацию. Поэтому при расчетах доступного объема воспроизводства атмосферного кислорода принимается корректировочный коэффициент 0,04.

Фактическое потребление кислорода Е.В. Хлобыстов [3] рассчитывал исходя из объемов выбросов загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников загрязнения. В целом по Украине рассчитан-

ный по такой методике баланс воспроизводства и потребления атмосферного кислорода с 1989 года был положительным. Общий спад производства привел к тому, что в 1993 году расчетное превышение воспроизводства кислорода над индустриальным потреблением составило порядка 190 000 т [3].

4.2.2. Земельные ресурсы

Основное содержание этого параграфа представляют материалы, взятые из Государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году» (ч. 1, разд. 3 «Почвы и земельные ресурсы») [5]. В соответствии с данными государственной статистической отчетности площадь земельного фонда Российской Федерации на 1 января 2008 года составила 1709,8 млн. гектаров (рис. 4.1).

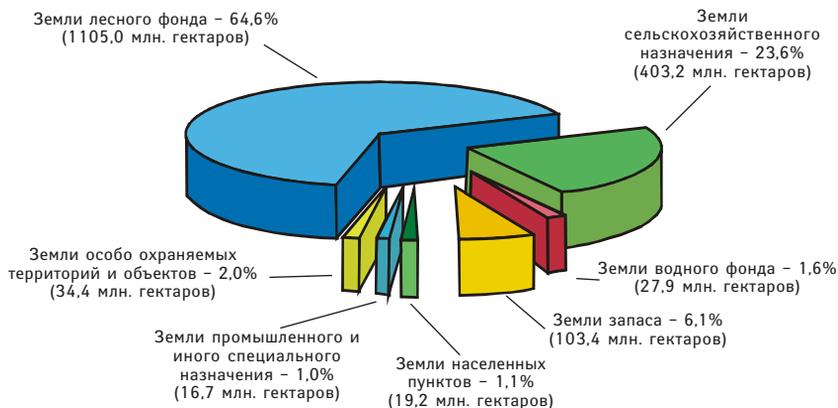


Рис. 4.1. Структура земельного фонда Российской Федерации по категориям земель в 2007 году [5]

Распределение земельного фонда по категориям земель

Землями сельскохозяйственного назначения являются земли за чертой поселений, предоставленные для нужд сельского хозяйства или предназначенные для этих целей. Земли данной категории выступают как основное средство производства в сельском хозяйстве, имеют особый правовой режим и подлежат специальной охране, направленной на сохранение их площади, предотвращение развития негативных процессов и повышение плодородия почв. На 1 января 2008 года площадь земель сельскохозяйственного назначения была равна 403,2 млн. гектаров. Площадь сельскохозяйственных угодий в составе данной категории земель составила 195,6 млн. гектаров.

Площадь несельскохозяйственных угодий в структуре земель сельскохозяйственного назначения была равна 207,6 млн. гектаров. Более 50% (105,6 млн. гектаров) несельскохозяйственных угодий составляли земли, предоставленные для северного оленеводства, значительная их часть – это лесные земли. Остальная часть несельскохозяйственных угодий – это участки леса, находящиеся в постоянном (бессрочном) пользовании сельскохозяйственных предприятий, а также земли под зданиями, сооружениями, внутрихозяйственными дорогами и т.п.

Доля земельных участков, покрытых лесом (40,7 млн. гектаров), в рассматриваемой категории земель остается по-прежнему высокой и составляет 10,1%.

Землями поселений по действующему законодательству признаются земли, используемые и предназначенные для застройки и развития городских и сельских поселений и отделенные их чертой от земель других категорий. По состоянию на 1 января 2008 года площадь земель, отнесенных к данной категории, в целом по России составила 19,2 млн. гектаров, площадь городских населенных пунктов – 7,8 млн. гектаров, сельских населенных пунктов – 11,4 млн. гектаров. В табл. 4.1 приведено распределение земель населенных пунктов по угодьям [6]. Преобладают сельскохозяйственные угодья, площадь которых в пределах городов, поселков и сельских поселений составила 9,1 млн. гектаров (47,4% общей площади земель, включенных в данную категорию). Из несельскохозяйственных угодий наиболее значительные площади в структуре земель поселений заняты под застройку – 3,4 млн. гектаров (17,7%), под дороги, улицы и площади – 1,9 млн. гектаров (9,9%).

Таблица 4.1. Распределение земель населенных пунктов по угодьям в 2005 году [6]

Наименование угодий	Площадь, млн. гектаров	Доля земель данной категории, %
Сельскохозяйственные угодья	9,1	47,4
Лесные площади	1,9	9,9
Лесные насаждения, не входящие в лесной фонд	0,6	3,1
Земли под водой	0,6	3,1
Земли под застройкой	3,4	17,7
Земли под дорогами	1,9	9,9
Другие земли	1,7	8,9
Итого	19,2	100,0

Земли, занятые под объектами промышленности, энергетики, транспорта, связи, и земли иного специального назначения, расположены за чертой поселений и используются или предназначены для обеспечения деятельности организаций и эксплуатации объектов промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, объектов для обеспечения космической деятельности, объектов обороны и безопасности, для осуществления иных специальных задач. Общая площадь земель рассматриваемой категории на 1 января 2008 года составила 16,7 млн. гектаров. Эти земли в зависимости от характера специальных задач подразделяются на семь групп (рис. 4.2). Стоит обратить внимание на подавляющую в структуре этой категории долю земель, отведенных под объекты обеспечения обороны и безопасности (71,3%); площадь этих земель примерно в 3 раза превышает совокупную площадь под объектами промышленности, транспорта и энергетики (24,1%). В структуре угодий, вошедших в состав данной категории, преобладают лесные земли (24,5%), земли под дорогами (10,8%) и земли другого назначения (46,7%).

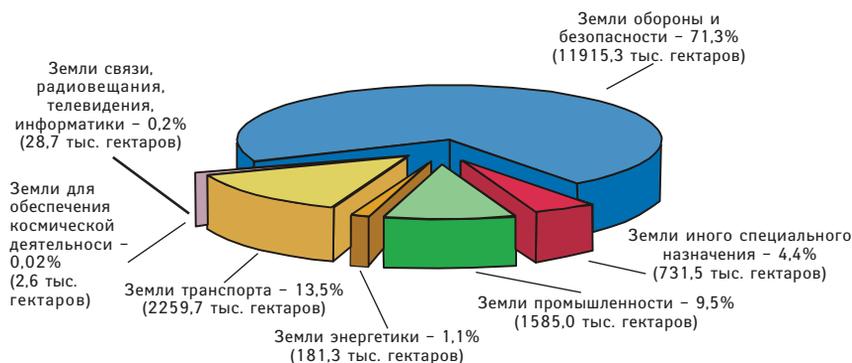


Рис. 4.2. Структура земель под объектами промышленности, транспорта, энергетики и земель другого назначения в 2007 году [5]

Особо охраняемые территории в соответствии с действующим законодательством включают земли, имеющие особое природоохранное, научное, историко-культурное, эстетическое, рекреационное, оздоровительное и иное ценное значение (рис. 4.3). В состав земель этой категории входят особо охраняемые природные территории, занимаемые государственными природными заповедниками (в том числе биосферными), национальными и природными парками, государственными природными заказниками, памятниками природы, дендрологическими парками, ботаническими садами, лечебно-оздоровительными местностями и курортами. Для обеспечения их сохранности эти земли изымаются из хозяйственного пользования полностью или частично.

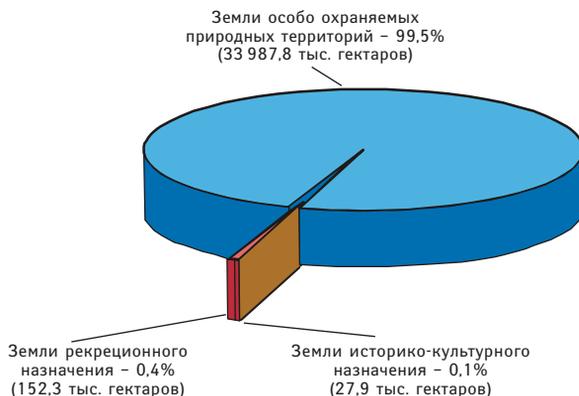


Рис. 4.3. Структура земель особо охраняемых территорий и объектов [5]

В настоящее время в категорию земель особо охраняемых территорий и объектов включены только те земельные участки, которые предоставлены из других категорий в установленном порядке в непосредственное ведение и управление Министерства природных ресурсов России. Общая площадь земель, отнесенных к рассматриваемой категории, на 1 января 2008 года составила 34,4 млн. гектаров. Помимо этого особо охраняемые земли имеются и в других категориях земель. По данным Министерства природных ресурсов России общая площадь особо охраняемых природных территорий в Российской Федерации превышает 200 млн. гектаров. Значительные площади этих земель сосредоточены в Таймырском (Долгано-Ненецком) автономном округе, Республике Саха (Якутия), Республике Коми, Республике Бурятия, Хабаровском крае, Иркутской области и Ямало-Ненецком автономном округе.

Земли лесного фонда. В соответствии с Лесным кодексом Российской Федерации, а также Земельным кодексом Российской Федерации к данной категории относят лесные и нелесные земли. Лесные земли представлены участками, покрытыми лесной растительностью, и участками, не покрытыми лесной растительностью, но предназначенными для ее восстановления (вырубки, гари, питомники и т. п.). К нелесным отнесены земли, предназначенные для ведения лесного хозяйства (просеки, дороги и др.). Все земли, занятые под леса, за исключением лесов, расположенных на землях объектов обороны и землях городских и сельских поселений, а также земли лесного фонда, не покрытые лесной растительностью (лесные и нелесные земли), образуют лесной фонд. На 1 января 2008 года площадь земель лесного фонда составила 1 105,0 млн. гектаров, т.е. почти 2/3 площади всего земельного фонда России (64,6%, рис. 4.1).

В состав земель лесного фонда не включены земельные участки с расположенными на них лесами, относящиеся к другим категориям земель,

которые переданы органами государственной власти в управление иным юридическим и физическим лицам на праве постоянного (бессрочного) пользования. В целом лесными землями, включенными в состав других категорий земель, занято 70,2 млн. гектаров.

Земли водного фонда. К землям водного фонда относятся земли с поверхностными водами, сосредоточенными в водных объектах, а также земли, занятые гидротехническими и иными сооружениями, расположенными на водных объектах. По состоянию на 1 января 2008 года площадь категории земель водного фонда составила 27,9 млн. гектаров. В настоящее время значительные территории, подлежащие отнесению к категории земель водного фонда, включены в состав других категорий. Земли под водой (без болот) в целом по стране занимают 72,1 млн. гектаров, из них 27,3 млн. гектаров (37,9%) включены в состав земель водного фонда, остальные распределены между другими категориями.

К **землям запаса** относятся земли, находящиеся в государственной и муниципальной собственности и не предоставленные гражданам или юридическим лицам. Площадь земель запаса в Российской Федерации составила на 1 января 2008 года 103,4 млн. гектаров.

Распределение земельного фонда по угодьям

Сельскохозяйственные угодья – это земельные угодья, систематически используемые для получения сельскохозяйственной продукции. Сельскохозяйственные угодья подлежат особой охране. Предоставление их для несельскохозяйственных нужд допускается в исключительных случаях с учетом кадастровой стоимости угодий.

На 1 января 2008 года площадь сельскохозяйственных угодий во всех категориях земель составила 220,6 млн. гектаров (12,9% земельного фонда), несельскохозяйственных угодий – 1489,2 млн. гектаров (87,1%). В структуре сельскохозяйственных угодий площадь пашни была равна 121,6 млн. гектаров, залежи – 5,1 млн. гектаров, площадь под многолетними насаждениями – 1,8 млн. гектаров, под сенокосами – 24,0 млн. гектаров, под пастбищами – 68,1 млн. гектаров (рис. 4.4). Основными пользователями сельскохозяйственных угодий являются сельскохозяйственные предприятия, организации, а также граждане, занимающиеся производством сельскохозяйственной продукции, у которых к началу 2008 года находилось в пользовании 190,5 млн. гектаров земли, или 86,4% всех сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Из них большая часть (67,4%) использовалась сельскохозяйственными предприятиями, в пользовании граждан было 32,6% сельскохозяйственных угодий.

На протяжении последних более 10 лет по стране в целом наблюдается ежегодное сокращение площади сельскохозяйственных угодий, обусловленное неудовлетворительным экономическим состоянием сельского хозяйства. За период с 1990 по 2007 год площадь всех сельскохозяй-

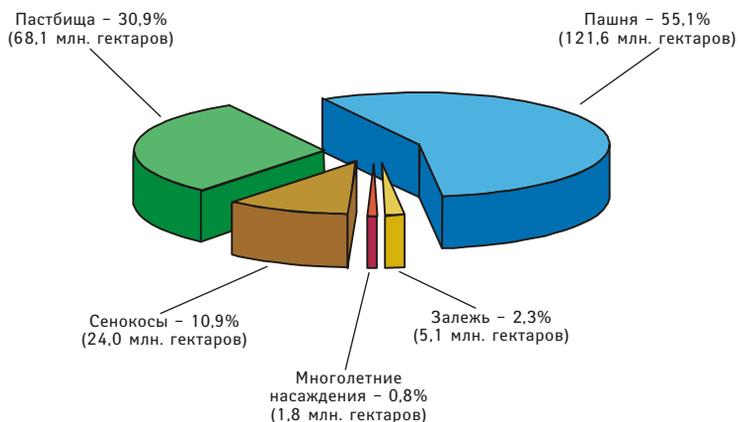


Рис. 4.4. Структура сельскохозяйственных угодий Российской Федерации в 2007 году [5]

ственных угодий в Российской Федерации сократилась на 1841,3 тыс. гектаров. В первую очередь следует отметить сокращение площади пашни, которое за 18 лет составило более 10 млн. гектаров, а за 2007 год – 0,4 тыс. гектаров.

В стадии мелиоративного строительства и восстановления плодородия в целом по Российской Федерации находилось 507,9 тыс. гектаров земли. В Российской Федерации на 1 января 2008 года во всех категориях земель имелось 11,2 млн. гектаров мелиорируемых угодий, из них 9,1 млн. гектаров составили сельскохозяйственные угодья. Орошаемые сельскохозяйственные угодья занимали 4,3 млн. гектаров, осушаемые – 4,8 млн. гектаров. Хорошее мелиоративное состояние земель отмечено на 3,1 млн. гектаров угодий, удовлетворительное – на 4,5 млн. гектаров и неудовлетворительное – на 3,5 млн. гектаров. 5,3 млн. гектаров угодий требует улучшения качества земель и технического уровня мелиоративных систем.

Площадь **земель под водой и болотами** составила на 1 января 2008 года 225,0 млн. гектаров, или 13,2% всего земельного фонда Российской Федерации, в том числе под водой (реками, ручьями, озерами, водохранилищами, прудами, искусственными водоемами, осушительными и оросительными каналами др.) находилось 72,1 млн. гектаров, под болотами – 152,9 млн. гектаров. Наиболее значительные площади земель, занятых реками, озерами, водохранилищами, относятся к категории земель водного фонда – 27,3 млн. гектаров, в лесном фонде под водными объектами находилось 18,5 млн. гектаров, в категории земель сельскохозяйственного назначения – 13,2 млн. гектаров, в категории земель запаса – 10,2 млн. гектаров. Больше всего болот в категории земель лесного фонда (109,8 млн.

гектаров), много заболоченных земель в категории земель сельскохозяйственного назначения (25,5 млн. гектаров) и запаса (13,9 млн. гектаров).

Общая площадь **земель застройки** на начало 2008 года составила в целом по России 5,6 млн. гектаров. Около 61% (3,4 млн. гектаров) этих земель расположено в пределах городских и сельских населенных пунктов.

Площадь **земель под дорогами** на 1 января 2008 года составила 7,9 млн. гектаров. В эти угодья включены земли, расположенные в полосах отвода автомобильных и железных дорог, а также скотопрогоны, улицы, проезды, проспекты, площади, иные пути сообщения. Большая часть земель под дорогами относится к категории земель сельскохозяйственного назначения – 2,3 млн. гектаров, где 69% составляют дороги с грунтовым покрытием. В категории земель под объектами промышленности, транспорта, связи и иного назначения дорогами занято 1,8 млн. гектаров, в лесном фонде – 1,7 млн. гектаров.

Лесные площади и лесные насаждения (ранее – древесно-кустарниковая растительность), не входящие в лесной фонд, занимали в 2007 году 897,3 млн. гектаров, из них лесные площади – 870,7 млн. гектаров. Площадь земель под лесными насаждениями, не входящими в лесной фонд, составила 26,6 млн. гектаров.

Нарушенные земли и их рекультивация. С целью восстановления нарушенных земель для сельскохозяйственных, лесохозяйственных, водохозяйственных, строительных, рекреационных, природоохранных и санитарно-оздоровительных целей осуществляется рекультивация земель. На 1 января 2008 года площадь нарушенных земель составила 1145 тыс. гектаров. Более половины этих земель (55,6%) нарушены при разработке месторождений полезных ископаемых и проведении геологоразведочных работ, 19% – при торфоразработке, 12% – при строительстве. У предприятий и организаций сельского хозяйства находится 115,9 тыс. гектаров нарушенных земель, в нефтедобывающей промышленности – 114,4 тыс. гектаров, у предприятий цветной металлургии – 107,1 тыс. гектаров, на земельных участках, принадлежность которых документально не установлена, – 124,7 тыс. гектаров и на землях запаса – 101,5 тыс. гектаров. Темпы рекультивации соответствуют темпам обработки нарушенных земель по большинству отраслей, кроме нефтедобывающей, торфяной промышленности и строительства нефтегазопроводов.

Рекультивация нарушенных земель в большинстве субъектов Российской Федерации производится на землях, нарушенных в последние годы. Восстановление земель, нарушенных ранее, проблематично по причине отсутствия лиц, имеющих обязательства по рекультивации этих земель.

Прочие земли. На 1 января 2008 года в целом по стране прочими землями было занято 351,8 млн. гектаров, или 20,6% территории страны. В состав прочих земель включены полигоны отходов, свалки, пески, овраги и другие земли, а также участки тундры, пригодные для оленьих паст-

бищ. Песками в составе прочих земель занято 4,5 млн. гектаров, оврагами – 1,5 млн. гектаров, полигонами отходов, свалками – 0,1 млн. гектаров.

Земли под оленьими пастбищами достаточно обширны, но в учет включаются только обследованные площади, предназначенные для хозяйственной деятельности. Площадь оленьих пастбищ на 1 января 2008 года составила 333,8 млн. гектаров, в том числе предоставлено в использование сельскохозяйственным предприятиям 143,0 млн. гектаров, гражданам, занимающимся оленеводством, – 6,5 млн. гектаров.

Оценка состояния и использования земель [5, 6]

По мнению известного специалиста в области инженерной геологии А.Ю. Ретеюма [7], Россию в интересах устойчивого развития целесообразно рассматривать в первую очередь с помощью показателей, отражающих состояние земель и землепользования.

Анализ данных государственного мониторинга земель и других систем наблюдений за состоянием окружающей среды показывает, что практически во всех субъектах Российской Федерации продолжает ухудшаться состояние земель: интенсивно развиваются эрозия, дефляция, заболачивание, засоление, опустынивание, подтопление, зарастание сельскохозяйственных угодий кустарником и мелколесьем и другие процессы, ведущие к потере плодородия сельскохозяйственных угодий и выводу их из хозяйственного оборота. Водной эрозии подвержено 17,8% площади сельскохозяйственных угодий, ветровой – 8,4%, переувлажненные и заболоченные земли занимают 12,3%, засоленные и солонцеватые – 20,1% сельскохозяйственных угодий. Наиболее опасны в эрозионном отношении территории Приволжского (50,0%), Южного (24,3%) и Центрального (12,4%) федеральных округов, дефляционную опасность представляют Сибирский (45,1%) и Южный (40,2%) федеральные округа. Процессы заболачивания в наибольшей степени развиты на территории Центрального (31,7%) и Сибирского (22,8%) федеральных округов, засоления – в Южном (52,7%) и Сибирском (33,1%) федеральных округах.

Опустынивание земель – в настоящее время один из наиболее интенсивных и широко распространенных процессов на засушливых территориях юга Российской Федерации. В результате опустынивания аридных территорий природные пастбища теряют свою продуктивность, почвы подвергаются эрозии и засолению, пески оголяются и приходят в движение. В Российской Федерации опустыниванием в той или иной мере охвачено 27 субъектов Российской Федерации на площади более 100 млн. гектаров. В районах Крайнего Севера в результате многоцелевого и крупномасштабного промышленного освоения территорий возникли обширные очаги сильного загрязнения, захламления, нарушения и деградации земель. Невосполнимый ущерб нанесен оленьим пастбищам и в целом оленеводству, являющемуся ведущей отраслью сельскохозяйственного производ-

ства и играющему наиболее важную роль в жизни (культура, быт, экономика) коренных народов Севера. По данным многолетних наблюдений и анализа процессов восстановления нарушенных биогеоценозов на эталонных участках оленьих пастбищ в лесотундре и северной тайге, среднестатистический показатель восстановления нарушенных пастбищ составляет 50 лет.

Переувлажненные и заболоченные земли занимают 12,3% площади сельскохозяйственных угодий, переувлажненная и заболоченная пашня составляет 6,8% площади сельскохозяйственных угодий. Наиболее интенсивно эти процессы проявляются на землях тех регионов, где имеются дамбы, плотины, водохранилища, автострасы и другие сооружения, негативно влияющие на прилегающие к ним территории, вызывая значительные изменения водного режима и подъем уровня грунтовых вод.

Подтопление и затопление земель представляют собой особую опасность в связи с возможностью внезапного и катастрофического проявления. Эти процессы характерны для территорий, прилегающих к долинам рек и озер, а также к крупным гидротехническим сооружениям. В России общая площадь территорий, подверженных периодическим затоплениям при наводнениях различной интенсивности и разного характера (половодье, дождевые паводки, нагоны, заторы и пр.), составляет более 40 млн. гектаров.

Засоленные, солонцеватые земли, а также земли с солонцовыми комплексами занимают 20,1% площади сельскохозяйственных угодий. Засоленная пашня составляет 6,8% их площади. Наибольшие площади засоленных земель находятся в Южном (52,7%) и Сибирском (33,1%) федеральных округах, а наименьшие – в Северо-Западном (0,1%), Центральном (0,4%) и Дальневосточном (1,1%) округах.

Устойчивая тенденция *дегумификации* почв пашни отмечается во всех федеральных округах, при этом интенсивно снижается содержание питательных веществ, происходит закисление почв, что связано с истощительным использованием земель, прекращением в большинстве сельскохозяйственных предприятий внесения в почвы минеральных и органических удобрений, нарушением севооборотов, невыполнением почвозащитных, агрохимических и мелиоративных мероприятий. За период с 1990 года работы по химической мелиорации почв (гипсованию, известкованию, фосфоритованию и т.п.), повышающие их продуктивность и качественный уровень, уменьшились в десятки, а по некоторым позициям – в сотни раз. Вывозка торфа на поля сократилась примерно в 20 раз. В совокупности с аналогичным резким падением агротехнических почвозащитных мероприятий и приведенными выше данными о внесении удобрений это во многом объясняет регистрируемую органами Минсельхозпрода России устойчивую тенденцию по уменьшению содержания гумуса в почвах страны, особо ярко проявившуюся в середине 1990-х годов [8].

Продолжаются *загрязнение земель тяжелыми металлами* и другими химическими веществами, *захламливание земель отходами производства и потребления* (подробно см. п. 6.3, 6.4). Эти негативные воздействия наиболее характерны для территорий, примыкающих к промышленным предприятиям, автомобильным трассам, нефтепроводам.

Значительные площади земель выбывают из оборота в результате *разработки полезных ископаемых, проведения геологоразведочных, строительных* и других видов работ.

Заметный ущерб наносится *лесохозяйственными работами и лесными пожарами*, в результате которых происходят разрушение почв, их переуплотнение, минерализация лесной подстилки и гумусового горизонта, усиливаются эрозионные процессы и т.д.

Одновременно с этим на территории России отмечается активизация *экзогенных геологических процессов*, что негативно отражается на землях разных категорий. По данным Федерального агентства по недропользованию Министерства природных ресурсов Российской Федерации, к числу наиболее опасных экзогенных геологических процессов относятся: сели, оползни, подтопление, переработка берегов водохранилищ, абразия, эрозия, карст, суффозия и криогенные процессы (термокарст, термоэрозия, солифлюкция и др.)

Развитие *оползневых процессов* отмечается повсеместно, но с наибольшей интенсивностью они проявляются на территориях Южного, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

Карстовые процессы широко развиты в Северо-Западном, Центральном, Южном, Приволжском и Уральском федеральных округах.

Сейсмическая опасность отмечается в тех регионах России, которые расположены в сейсмоопасных зонах Дальневосточного, Южного и Сибирского федеральных округов.

Таким образом, приведенный анализ качественного состояния почв и земельных угодий показывает, что назрела крайняя необходимость в совершенствовании системы государственного регулирования деятельности в области охраны почв и земель, где основной акцент необходимо делать на недопустимости воздействий на почвы и земельные ресурсы, приводящих к деградации и ухудшению их качества.

За последние годы в большинстве субъектов Российской Федерации работы по изучению состояния и использования земель, в частности почвенные, геоботанические и другие специальные обследования, практически не проводятся. В обновлении в настоящее время нуждается более 60% имеющихся по этим видам обследований материалов, а в некоторых регионах – около 100%.

В настоящее время классификация земель является единственным объективным методическим инструментом, обеспечивающим возможность эффективно решать вопросы, связанные с оценкой качества сельскохо-

зяйственных земель, их зонированием для установления видов разрешенного использования, планированием сельскохозяйственного производства на различных уровнях управления, расчетом убытков при изъятии сельскохозяйственных земель для государственных и муниципальных нужд.

4.2.3. Природные воды

Ресурсы и запасы

Основой возобновляемой части ресурсов пресной воды в России является речной сток. В России насчитывается более 2,5 млн. рек, их общая протяженность – свыше 3 млн. километров. Среднемноголетние ресурсы речного стока России составляют около 4300 км³ местного стока в год плюс около 160 км³ – приток из соседних с Россией территорий. На долю России приходится 10% мирового речного стока (второе место в мире после Бразилии, имеющей 19%) [9]. Россия характеризуется достаточно высокой удельной водообеспеченностью – около 260 тыс. м³/км² в год и около 30 000 м³/год на одного жителя (среднемировой показатель – 8000 м³/год на одного жителя планеты). Для сравнения, показатель водообеспеченности других стран (в 1000 м³/км² в год): Украина – 350, Канада – 340, США – 330, Индия – 650, Бразилия – 920. Таким образом, несмотря на высокий абсолютный показатель стока, за счет большой площади территории по показателю удельной (на единицу площади территории) водообеспеченности Россия уступает даже Украине. Водно-ресурсный потенциал Российской Федерации оценивается примерно в 23 трлн. рублей [10].

Около 90% речного стока России приходится на бассейны Северного Ледовитого и Тихого океанов. В бассейнах Каспийского и Азовского морей, где проживает более 80% населения России и сосредоточен ее основной промышленный и сельскохозяйственный потенциал, общий годовой объем речного стока составляет менее 8% суммарного речного стока с территории страны. На сток семи наиболее крупных рек Европейской и Азиатской территорий России – Енисея, Лены, Оби, Амура, Волги, Печоры, Северной Двины – приходится более 55% всего речного стока [11].

В рассматриваемую категорию водных ресурсов не включены запасы пресной воды, содержащиеся в озерах и водохранилищах, хотя объем воды в них на три-четыре порядка больше, чем в руслах рек. Эти запасы также формируются за счет речного стока и являются, по существу, буферными емкостями на пути поверхностных континентальных вод в океаны и внутренние моря. В России 2,7 млн. озер, в которых сосредоточено 26 500 км³ пресных вод. Только в Байкале содержится около 23 000 км³ пресной воды, что составляет примерно 25% мирового запаса воды в пресных озерах и более 80% запаса пресной воды в поверхностных водах России. Важными аккумуляторами воды являются также болота, ледники, наледи и снежники. В них на территории страны сосредоточено около 45 000 км³ воды [12].

Потенциальные эксплуатационные ресурсы *подземных вод* России оцениваются в 316,8 км³/год (870·10⁶ м³/сут), в том числе на европейской и азиатской территориях России – соответственно 119,7 км³/год (37,8%) и 197,1 км³/год (62,2%). По территории страны запасы подземных пресных вод распределены довольно равномерно, ориентировочный модуль прогнозных ресурсов изменяется в пределах 0,45–2 л/с на 1 км², для центральных районов европейской территории России – в пределах 1,2–1,7 л/с на 1 км². Прогнозные ресурсы используются в наибольшей степени в Центральном экономическом районе (14,4%), в наименьшей – Северном, Западно-Сибирском, Восточно-Сибирском и Дальневосточном экономическом районах (0,5–1,9%). На территории России для хозяйственного, производственно-технического водоснабжения и орошения земель разведано 3752 месторождений подземных вод. В эксплуатации находятся 1765 месторождений с оборотом 5,8 км³/год. Суммарные эксплуатационные запасы разведанных месторождений подземных вод составляют 30,2 км³/год (9,5% прогнозного ресурса), из них для промышленного освоения подготовлено 19,8 км³/год. Степень освоения эксплуатационных запасов подземных вод в среднем по России не превышает 19%, изменяясь от 8% в Северном экономическом районе до 31% в Центрально-Черноземном [9].

Водопотребление и водоотведение

После 1991 года, когда объем водопотребления в России составил 108 км³, началось стабильное снижение объема изъятия и потребления водных ресурсов. В период с 1991 по 1996 год потребление свежей воды на производственные нужды сократилось на 40%. Сокращение водопотребления было обусловлено экономическим кризисом. После 2003 года наблюдалось некоторое увеличение водопотребления, связанное главным образом с ростом объема производства в электроэнергетике.

По данным государственного использования вод, суммарный забор воды из природных водных объектов в 2007 году составил 80,0 км³, из них 64,4 км³ пресной воды – из поверхностных источников (т.е. 1,5% речного стока), 10,2 км³ пресной воды – из подземных источников (34% освоенных запасов) и 5,3 км³ – из морских вод (см. табл. 4.2) [5]. Следует отметить, что забор поверхностных пресных вод характеризуется крайней неравномерностью. Наибольших значений он достигает на реках европейской территории России, где величина водозабора в бассейнах Дона и Урала составляет 50% и более, а в бассейне Кубани достигает до 111% среднегодового объема речного стока. Это означает, что даже в многоводные годы практически вся вода реки разбирается на хозяйственные нужды. При этом в указанных бассейнах наиболее значительно безвозвратное водопотребление, когда использованная вода не возвращается в источник даже в загрязненном виде. По этой причине экономика и население южных регионов России испытывают постоянный дефицит пресной воды.

Таблица 4.2. Показатели водопотребления и водоотведения в Российской Федерации в 2007 году, 10^6 м^3 [5]

Показатели	Всего по России	В том числе по разделам Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД)		
		производство и распределение электроэнергии, газа и воды	сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	обрабатывающие производства
Забрано воды из водных объектов, всего, в том числе:	79 985	43 287	18 875	66 13
пресной воды из поверхностных источников	64 410	32 722	18 038	5719
воды из подземных источников	10 223	5294	837	868
морской воды	5352	5271	0	26
Использовано воды, всего, в том числе на нужды:	62 506	41 114	9759	6118
хозяйственно-питьевые	11 627	9166	390	651
производственные	38 015	31 208	168	5303
орошения	8369	27	8107	15
сельскохозяйственного водоснабжения	596	29	477	16
прочие	3899	684	617	133
Потери при транспортировке	7897	2312	4869	97
Сброшено в поверхностные водные объекты, всего в том числе:	51 422	36 565	4229	4689
загрязненных	17 176	9014	1039	3295
нормативно чистых	32 199	26 205	3180	1049
нормативно очищенных	2047	1346	10	345

Всего в Российской Федерации в 2007 году использовано $62,5 \text{ км}^3$ свежей воды, в том числе: из поверхностных источников – $49,7 \text{ км}^3$, из подземных – $7,5 \text{ км}^3$, из морей – $5,3 \text{ км}^3$.

Структура водопотребления характеризуется следующими показателями:

- производственные нужды 60,8%
- хозяйственно-питьевые нужды 18,6%
- орошение 13,4%
- сельскохозяйственное водоснабжение 1,0%
- прочие нужды 6,2%

Таким образом, в России основная доля забранной из природных источников воды используется на нужды производства и жилищно-коммунального хозяйства, в то время как в мировом балансе водопотребления

до 65% изъятая вода тратится на нужды сельского хозяйства. В нашей экономике значительная часть забранной воды безвозвратно теряется, в основном при транспортировке от водоисточников до водопотребителей и в процессе промышленного производства вследствие несовершенства технологий и утечек в системах водоснабжения. Потери воды во внешних сетях при транспортировке от источников до потребителей в 2007 году составили 7,9 км³, т.е. около 11% забранного ресурса пресной воды. Безвозвратные потери воды пользователями, относящимися к разделу ОКВЭД «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», составили 25,8% объема забранной воды, в основном за счет орошения. В коммунальном хозяйстве из-за изношенности водопроводных сетей жилищного фонда теряется более 14% подаваемой воды, т.е. более 2 км³. Велики потери и непроизводительные затраты воды в орошаемом земледелии.

Объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты в 2007 году, составил 51,42 км³.

К категории загрязненных отнесено 17,18 км³ сточных вод (33% их общего объема). Основной объем загрязненных сточных вод сброшен водопользователями, относящимися к разделам ОКВЭД «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» (52,5%) и «Обрабатывающие производства» (19,2%). Кроме того, 2% загрязненных сточных вод приходится на сельское хозяйство, охоту и лесное хозяйство, 2% – на добычу полезных ископаемых и 4% – на удаление сточных вод, отходов и аналогичную деятельность (см. п. 6.2.1).

Стоит обратить внимание на величину водопотребления на единицу ВВП, характеризующую эффективность использования этого ресурса в экономике разных стран (в кубометрах на 1 долл. ВВП): Россия – 0,3; Беларусь – 0,22; Швеция – 0,012; Великобритания – 0,007 [13]. Комментарий явно не нужен.

Ядерная промышленность и энергетика

Наиболее водоемкой отраслью экономики является промышленность (табл. 4.2, 4.3), в которой наибольший объем использованной и сброшенной сточной воды приходится на предприятия электроэнергетики и ядерной энергетике. В структуре водопотребления всеми отраслями промышленности к 2000 году ядерная отрасль имела следующие показатели: общий объем забранной воды – 7,7 км³, или около 20% всего объема воды, забранной для нужд промышленности; из них 3,3 км³ – из поверхностных пресных водоемов (около 10% забранного объема для нужд промышленности); 0,5 км³ – из подземных источников (13%); около 4 км³ – из морских вод Финского залива, используемых для охлаждения на Ленинградской АЭС (100% забранного объема для нужд промышленности) [11].

Интересно оценить долю водопотребления предприятиями ядерной отрасли в балансе использования свежей пресной воды в областях (субъектах Федерации), где сосредоточены наиболее крупные объекты ядерной

Таблица 4.3. Использование и отведение воды по отраслям промышленности и энергетики Российской Федерации к 2000 году [9]

Отрасль	Использовано свежей воды, км³	Отведено в поверхностные водоемы, км³
Электроэнергетика (без ядерной энергетики)	22,3	19,3
Ядерная промышленность,	7,6	7,3
в том числе ядерная энергетика	5,9	5,7
Химическая и нефтехимическая промышленность	1,8	2,0
Машиностроение	1,8	0,9
Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	1,4	1,5
Черная металлургия	1,2	0,9
Цветная металлургия	0,9	0,8
Пищевая промышленность	0,6	0,2
Нефтедобывающая промышленность	0,6	<0,1
Нефтеперерабатывающая промышленность	0,2	0,4
Угольная промышленность	0,2	0,6
Газовая промышленность	<0,1	<0,1
Всего	38,6	33,9

энергетики и промышленности. Простой анализ показывает, что значительная (более 20%) доля потребления пресной воды предприятиями ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) от общего объема забора этого ресурса в области (субъекте Федерации) имеет место в Воронежской, Курской, Мурманской, Смоленской, Томской областях, Красноярском крае, Удмуртии; в Томской области эта доля достигает почти 80%.

В то же время реальные проблемы водоотведения пресной воды могут возникнуть только в Курской, Ленинградской, Московской (вместе с городом Москвой) и Челябинской областях, где общее водопотребление превышает 5% суммарных водных ресурсов, что вызывает постоянное напряжение в обеспечении экономики пресной водой нужного качества. В этих регионах размещения предприятий ЯТЦ только Курская АЭС является основным объектом водопотребления в Курской области (22% потребляемого ресурса пресной воды), в остальных областях ядерные объекты забирают менее 1% объема пресной воды, т.е. не могут быть причиной кризиса водопотребления. Потери в целом по ядерной отрасли составляют около 0,3% всего объема забранной воды, т.е. являются самыми низкими среди всех отраслей народного хозяйства.

Проблемы обеспеченности водой [12]

По мере роста численности народонаселения в течение XX века, интенсификации сельского хозяйства, развития промышленности и городов

даже наша богатая водными ресурсами страна стала испытывать все более острый дефицит качественной пресной воды, а обитатели рек и озер – страдать от возрастающей интоксикации и эвтрофикации. Проблемы водоснабжения характеризуются следующим перечнем:

- недостаток водных ресурсов в некоторых, как правило, наиболее населенных регионах с развитой промышленностью или сельским хозяйством;
- негативные последствия активного использования речного стока для ирригации;
- негативные последствия строительства водохранилищ, плотин, гидроэлектростанций и перераспределения стока;
- загрязнение поверхностных и подземных водных ресурсов разнообразными отходами промышленности, сельского хозяйства, бытовыми стоками и нефтепродуктами (см. п. 6.2);
- сокращение сети малых рек и осушение болот, что влечет за собой системные перестройки окружающих биогеоценозов и в целом сказывается на водном балансе и микроклимате.

Экологические ошибки природопользования, как правило, порождены узкоцелевыми хозяйственными решениями. В России с ее главенствующей в течение большей части XX века плановой централизованной экономикой такие решения хорошо прослеживаются по заданиям пятилетних планов экономического развития страны и масштабным целевым программам. Наряду с достижением намеченных экономических целей каждая программа сказалась на состоянии водных ресурсов. Каждый раз, как только проявлялись негативные экологические последствия грандиозных экономических преобразований, государство пыталось исправить положение соответствующими организационными и законодательными мерами (см. п. 5.5.2).

Приведенные выше данные дают представление о том, какую роль играет использование водных ресурсов, с одной стороны, в экономике, а с другой – в эколого-социальном благополучии России. Вода – это одно из главных национальных достояний. Стоимость его в ближайшие десятилетия будет неуклонно возрастать. По своим природным особенностям Россия имеет все основания быть надежно обеспеченной пресной водой на длительный исторический период времени при условии, что мы сами не навредим себе продолжающимся безответственным загрязнением поверхностных и грунтовых вод, истощением природных резервуаров.

4.2.4. Лесные ресурсы

Основное содержание этого параграфа представляют материалы, взятые из Государственных докладов [5, 6].

Общие сведения

Леса России составляют 22% лесов мира. Они остаются основным растительным покровом территории страны и, следовательно, важным

индикатором состояния национальных, региональных и местных растительных ресурсов. Общая площадь лесных земель Российской Федерации (включая лесные земли всех категорий земельных ресурсов, см. п. 4.2.2) на 1 января 2008 года составляла 1180 млн. гектаров, или 69% площади земельного фонда России. Общие сведения о лесном фонде представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4. Сведения о лесном фонде и лесах, не входящих в лесной фонд, на территории РФ на 1 января 2008 года [5]

Орган управления лесным фондом и лесами, не входящими в лесной фонд	Площадь земель лесного фонда и земель, не входящих в лесной фонд, 10 ³ га					Запас древесины, 10 ⁶ м ³		
	Общая площадь	Лесные земли	Лесопокрытые земли			Общий	из них спелые и перестойные	
			всего	из них спелые и перестойные дровостои			итого	из них хвойные
				итого	из них хвойные			
Лесной фонд (всего), в том числе:	1 174 675	880 233	777 174	334 344	254 720	82 474	44 717	33 987
Министерство природных ресурсов России	1 133 868	840 220	738 561	326 337	252 302	76 996	43 244	33 486
Минсельхоз России*	40 466	39 695	38 336	7 927	2 376	5 421	1 453	490
Минобразования России*	341	318	277	80	42	57	19	11
Леса, не входящие в лесной фонд (всего),* в том числе:	5 913	4 838	4 382	1 485	1 063	592	266	187
Минобороны России	4 736	3 822	3 434	1 352	985	466	238	169
Городские леса	1 177	1 016	948	134	79	126	29	18
Всего:	1 180 588	885 070	781 556	335 829	255 783	83 066	44 983	34 174

*По данным на 01.01.2003.

Лесистость (отношение площади, покрытой лесной растительностью, ко всей площади территории) Российской Федерации составляет 45,4%. Леса неравномерно распределены по территории, лесистость зависит от климатических и антропогенных факторов (рис. 4.5).

Леса России располагаются на землях лесного фонда и землях иных категорий. Лесной фонд занимает около 70% территории суши Российской Федерации и является наиболее важным стабилизирующим природным комплексом страны. Лесной фонд страны – объект федеральной собственности, представляющий совокупность лесов, лесных и нелесных зе-

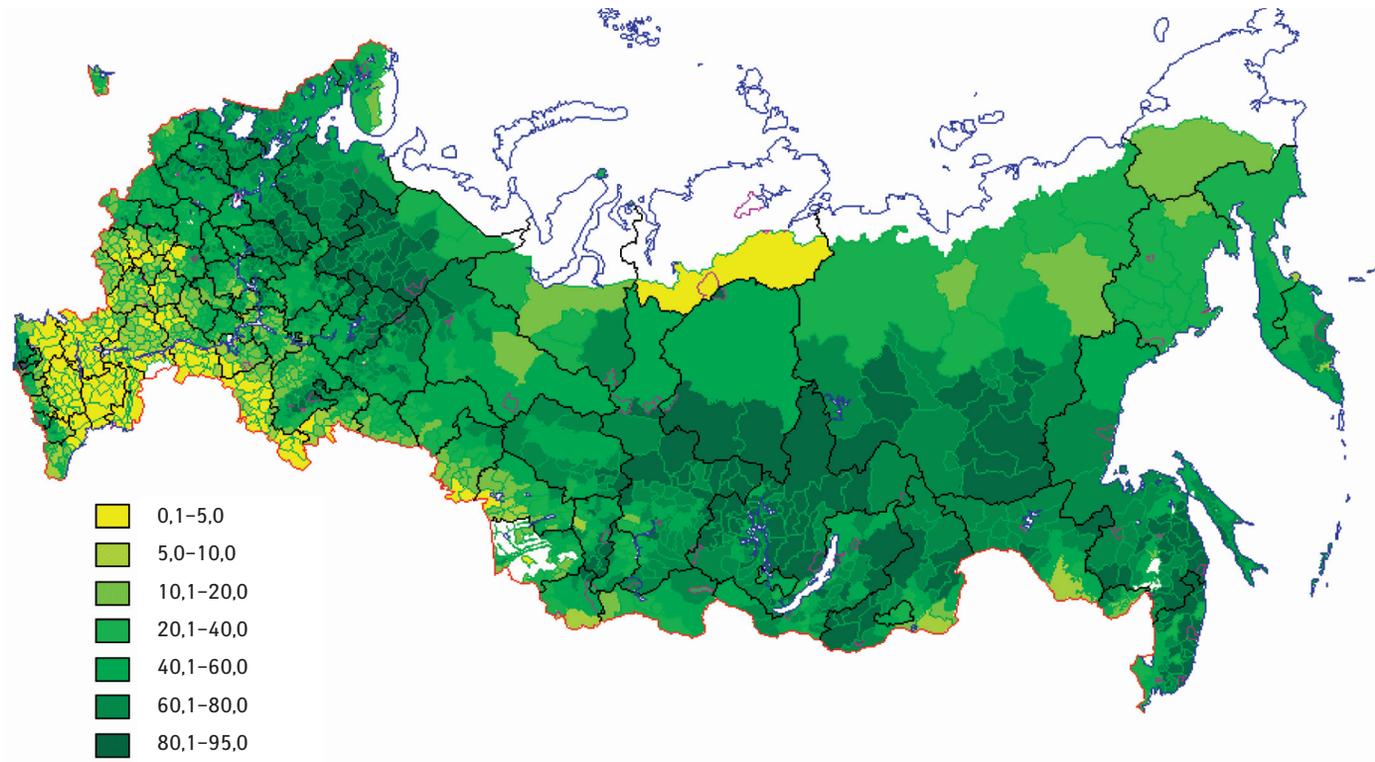


Рис. 4.5. Лесистость территории Российской Федерации, % [6]

мель в границах, установленных в соответствии с лесным и земельным законодательством. К лесному фонду относятся все леса, за исключением лесов на землях Министерства обороны Российской Федерации и населенных пунктов (городские леса). Общая площадь земель лесного фонда на 1 января 2007 года (табл. 4.4) составила 1174,7 млн. гектаров, в том числе в ведении Министерства природных ресурсов Российской Федерации – 1133,9 млн. гектаров. Общая площадь лесов, не входящих в лесной фонд, – 5,9 млн. гектаров. Лесные земли, составляющие 75% общей площади земель лесного фонда, делятся на покрытые и непокрытые лесной растительностью. Нелесные земли включают болота, луга, пески и прочие безлесные пространства.

В соответствии с Лесным кодексом 2006 года леса, расположенные на землях лесного фонда, по целевому назначению подразделяются на защитные, эксплуатационные и резервные. Леса, расположенные на землях иных категорий, могут быть отнесены к защитным лесам [5].

Площадь покрытых лесом земель стабильно растет (табл. 4.5). Леса России по преимуществу бореальные. Основные лесообразующие породы в лесном фонде Российской Федерации: лиственница, сосна, ель, кедр, дуб, бук, береза, осина. Они занимают более 90% земель, покрытых лесной растительностью. Прочие древесные породы (груша, каштан, орех грецкий, орех маньчжурский и др.) занимают менее 1% земель, остальная площадь занята кустарниками (кедровым стлаником, березой кустарниковой и др.) [6]. Около 50% площади хвойных пород представлено спелыми и перестойными насаждениями. В целом по Российской Федерации отмечается

Таблица 4.5. Динамика площадей основных лесообразующих пород, тыс. гектаров [6]

Основные лесообразующие породы	Год учета					
	1988*	1993*	1998	2003	2004	2005
<i>Хвойные</i>						
Сосна	113 564	114 326	116 740	117 473	117 205	117 295
Ель	78 810	75 866	77 658	77 198	76 737	76 417
Лиственница	277 898	263 348	265 719	264 287	263 986	264 270
Кедр	40 166	39 798	41 033	40 852	41 055	41 172
<i>Твердолиственные</i>						
Дуб высокоствольный	3 761	3 808	3 719	3 634	3 650	3 612
Дуб низкоствольный	3 198	2 971	3 110	3 200	3 170	3 161
Бук	698	701	786	790	790	793
<i>Мягколиственные</i>						
Береза	85 531	87 732	94 170	97 950	98 825	99 684
Осина	17 711	18 908	20 035	20 573	20 682	20 802

* Данные Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ) без лесов заповедников.

улучшение возрастной структуры хвойных лесов (приближение к нормальному распределению): площадь молодняков, средневозрастных и приспевающих насаждений увеличивается, площадь спелых и перестойных – сокращается. Нормальное (здесь – равномерное) распределение наиболее выгодно в лесохозяйственном отношении.

Более половины лесов России произрастает на вечномерзлотных почвах (Сибирь и Дальний Восток) в условиях сурового климата, что определяет их низкую продуктивность. Лишь 45% площади лесов представляет интерес и доступно для эксплуатации, но преобладающая их часть – на европейском Севере и вдоль Транссибирской магистрали – значительно истощена в результате интенсивной эксплуатации в течение прошлого столетия.

Лесопользование

Наиболее востребованные виды использования лесов – заготовка древесины, ведение охотничьего хозяйства и осуществление охоты, рекреационная деятельность, заготовка живицы, выполнение работ по геологическому изучению недр, разработка месторождений полезных ископаемых.

Общий запас древесины в лесном фонде Министерства природных ресурсов России на 1 января 2006 года составил 76,7 млрд. м³, в том числе спелых и перестойных 43,0 млрд. м³. В целом по стране средний запас древесины на 1 га в спелых и перестойных насаждениях (без кустарников) составляет 132 м³, а в лесах, пригодных для эксплуатации, – 162 м³. Ежегодный средний прирост запаса древесины в лесах России – 935 млн. м³, или 1,22 м³ на 1 га земель, покрытых лесной растительностью [6].

В лесах, находящихся в ведении Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоза), общие запасы древесины на 1 января 2005 года составили 74,49 млрд. м³, в том числе запас основных лесообразующих пород – 72,99 млрд. м³. Из этого объема запас, возможный для эксплуатации, равен 39,79 млрд. м³, а запас спелых и перестойных – 41,62 млрд. м³, из них спелых и перестойных насаждений, пригодных для эксплуатации, – 23,23 млрд. м³ [6]. По данным Рослесхоза, в 2005 году расчетный объем допустимых заготовок древесины (расчетная лесосека) составил около 696 млн. м³, т.е. около 1,6% запаса древесины в спелых и перестойных лесах. Объем заготовки древесины по всем видам рубок составил 160,1 млн. м³. Наряду с положительными тенденциями увеличения объемов заготовки древесины по главному пользованию (по сравнению с 2004 годом на 1 млн. м³) использование расчетной лесосеки в целом по Российской Федерации остается на низком уровне – 23% расчетной лесосеки. Сплошные лесосечные рубки проведены на площади 737,5 тыс. гектаров. Общий объем незаконных рубок в 2005 году составил 706 тыс. м³, т.е. около 0,4% объема заготовок.

Площадь участков лесного фонда, переданных в 2007 году в аренду для заготовки древесины, по Рослесхозу составила 118,1 млн. гектаров,

рост к уровню 2006 года – 5,4 млн. гектаров (на 5%). Установленный объем рубки древесины на арендованных участках – 148 млн. м³ – увеличился по сравнению с 2006 годом на 11,6 млн. м³ (на 8,5%) и составил около 16% ежегодного прироста древесины и менее 0,4% запаса древесины в спелых и перестойных насаждениях. Площади необлесившихся вырубок по стране стабилизировались на уровне 3,4 млн. гектаров [5].

Воспроизводство лесных ресурсов. В 2005 году на территории лесного фонда Рослесхоза лесовосстановительные работы были проведены на площади 757,9 тыс. гектаров, в том числе: посадка и посев леса – на 163,8 тыс. гектаров и содействие естественному возобновлению – на 594,2 тыс. гектаров. Притом что сплошные лесосечные рубки производились на площади 737,5 тыс. гектаров, лесовосстановительные работы компенсировали лишь примерно 1/5 потерь площади древостоев за счет сплошных рубок [6].

Лесные пожары. Лесные пожары остаются одним из наиболее опасных факторов, влияющих на состояние лесных экосистем. Средняя площадь, пройденная одним пожаром, не превышает 44 га. По данным Росстата, во всех лесах Российской Федерации в 2005 году возникло 19,2 тыс. пожаров, которыми пройдено 1145,9 тыс. гектаров лесных и нелесных земель, в том числе 845 тыс. гектаров лесных земель. Как и в предыдущие годы, наиболее распространенными были низовые пожары. Причиной 78% случаев возникновения лесных пожаров явился антропогенный фактор [6].

Насекомые-вредители, болезни леса, негативные воздействия природного и антропогенного характера. В табл. 4.6 показана динамика ущерба лесам от вредителей и болезней леса в 2001–2005 годах. В 2005 году насекомые-вредители и болезни леса оставались вторым по значению негативным фактором после лесных пожаров. Общая площадь очагов болезней леса на конец отчетного года составила 1465 тыс. гектаров и продолжала увеличиваться по сравнению с прошлыми годами. Как и в предыдущие годы, наибольшая часть очагов корневой губки – наиболее вредоносной для жизни леса болезни – приходится на леса центральных районов европейской части страны, Поволжья и Урала. Из других заболеваний леса наиболее распространены стволовые и комлевые гнили, а также некрозно-раковые заболевания.

Таблица 4.6. Динамика очагов вредителей и болезней леса, 103 га [6]

Показатель	Годы				
	2001	2002	2003	2004	2005
Очаги вредителей и болезней, всего, в том числе:	10484	8146	4392	3001	5143
очаги хвоегрызущих	7307	5239	2001	544	353
очаги листогрызущих	1269	1396	1128	956	1326
очаги прочих насекомых	805	310	310	530	1998
очаги болезней	1103	1201	952	971	1465

Общая площадь погибших лесных насаждений в 2005 году составляла 988,2 тыс. гектаров, 42% площади этих древостоев приходится на Архангельскую область. Размеры усыхания лесных насаждений в 2005 году в 2 раза больше прошлогодних. В 2005 году от пожаров погибло 465 тыс. гектаров лесов, или 47,1% площади всех погибших насаждений, что в абсолютном выражении почти в 3 раза больше, чем в предыдущем году. За последние годы отмечена тенденция снижения объема работ по борьбе с вредителями и болезнями леса [6].

Бюджет углерода

Выполнение Российской Федерацией обязательств по Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Киотскому протоколу предусматривает депонирование углерода и увеличение естественных стоков углерода: выделена квота сокращения выбросов парниковых газов, которая составляет 605 млн. тонн CO_2 -экв. на период 2008–2012 годы.

По последним расчетам Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ), проведенным в 2005 году по методике ФАО ООН (ЕСЕ/ТИМ/SP/17 – 2000), на всех лесных землях лесного фонда и в лесах, не входящих в лесной фонд, на площади 880 млн. гектаров накоплено около 106 млрд. тонн биомассы, или 53 млрд. тонн углерода, в том числе 36 млрд. тонн углерода в живой и 17 млрд. тонн углерода в мертвой фитомассе (включая сухостой, валежник и лесную подстилку).

Ежегодное депонирование углерода в живой и мертвой биомассе лесов России – около 610 млн. тонн в год. Потери углерода (эмиссия CO_2) в результате рубок, лесных пожаров, сжигания отходов и дров, в очагах вредителей и болезней леса составляют приблизительно 100 млн. тонн в год (расчет по официальным источникам). Таким образом, чистое ежегодное депонирование (баланс) углерода в живой и мертвой биомассе лесов страны примерно равно 510 млн. тонн в год, что составляет около трети углеродного баланса, рассчитанного для всех лесов земного шара. Известно, что бореальные леса накапливают значительно больше углерода древесины в годичном приросте, чем тропические леса (ЕСЕ/ТИМ/SP/17 – 2000). В таком объеме депонирования леса России полностью компенсируют промышленные выбросы углекислого газа в стране [6].

Красная книга Российской Федерации, Красные книги субъектов Российской Федерации

В 2005 году активизировалась работа в области сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов растительного мира. В новом списке объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу РФ (по состоянию на 1 июня 2005 года), содержится 676 видов (подвидов) растений и грибов. Важной новацией нового списка является вклю-

чение в его состав водорослей (морских водорослей – 30 таксонов; пресноводных водорослей – 5 таксонов) [6].

Оценка состояния лесных ресурсов

Общее состояние лесных ресурсов РФ в 2005–2007 годах можно характеризовать как удовлетворительное, имея в виду прежде всего значительный положительный баланс запаса, прироста и расхода ресурса в целом по стране. Это заключение не снимает остроты проблемы ущерба лесонасаждениям в результате незаконных и браконьерских порубок леса (по некоторым данным, до 25% объема заготовок товарной древесины), а также гибели и повреждения леса пожарами и вредителями [5, 6].

4.2.5. Животный мир, в том числе рыбные ресурсы [5]

Охотничьи животные

На территории Российской Федерации обитает около 60 видов млекопитающих и 70 видов птиц, являющихся постоянными объектами охоты. Данные государственного учета охотничьих животных свидетельствуют о том, что в период 2006–2007 годов в Российской Федерации наблюдался рост численности некоторых особо ценных видов охотничьих животных (табл. 4.7). Численность *благородного оленя* стабильна и в большинстве регионов близка к средней многолетней. Численность *кабарги* в России также относительно стабильна; при имеющемся уровне эксплуатации ущерб ресурсам кабарги легальной охотой не наносился, перепромысел был возможен на локальных территориях вследствие, как правило, нелегальной добычи. На уровне ниже среднемноголетнего находилась численность *белки*; численность *горностая* и *колонка* уменьшилась. Данным видам свойственны значительные естественные колебания численности. В настоящее время их популяции на большей части территории России находятся либо в фазе депрессии, либо в начальной стадии выхода из нее, однако в связи с ослаблением исполнительской дисциплины возможен значительный недоучет.

В то же время в хорошем состоянии находится поголовье многих ценных пушных видов охотничьих животных. Численность *бобра* продолжает возрастать в связи с сокращением промысла, что нежелательно, провоцирует конфликты с лесным хозяйством и т.д. На стабильно высоком уровне в настоящее время находится численность *соболя*. В последние годы значительно возросла добыча этого животного, шкурки которого пользуются спросом на мировом рынке. Объемы добычи *соболя* превысили среднемноголетний уровень 1970-х годов. Численность *куницы* стабильна или несколько сократилась. Численность *лисицы* несколько сократилась, что можно связать с регуляцией ее численности как носителя бешенства.

Численность *бурого медведя* в России стабильна и сохраняется на высоком уровне. Ресурсы этого вида все еще недоиспользуются. Числен-

Таблица 4.7. Численность основных видов охотничьих животных в Российской Федерации (по данным ФГУ "Центрохотконтроль" Минсельхоза России) [5]

Вид животного	Численность, тыс. особей		Изменение численности в 2007 году по сравнению с 2006 годом, %
	2006 год	2007 год	
Благородный олень*	176,9	176,9	0
Дикий северный олень	879,2	893,2	2
Кабан*	285,5	330,0	16
Кабарга*	121,2	124,4	3
Кавказский тур*	45,8	47,5	4
Косули*	784,6	809,8	3
Лось*	595,7	604,7	2
Пятнистый олень*	19,6	21,46	9
Сибирский горный козел	16,5	16,3	-1
Снежный баран*	56,5	54,5	-4
Овцебык***	6,3	7,4	16
Белка*	8086,6	8106,9	0
Бобр**	438,6	464,3	6
Выдра**	77,1	76,7	-1
Горностай*	1015,5	958,4	-6
Заяц-беляк*	5102,9	4803,6	-6
Заяц-русак*	787,5	799,1	2
Колонок*	169,1	159,4	-6
Корсак*	33,2	33,6	1
Куница*	234,8	220,8	-6
Лисица*	590,5	586,4	-1
Росомаха	22,1	23,4	6
Рысь*	23,2	21,83	-6
Соболь**	1259,3	1432,0	14
Хорек*	80,6	82,0	2
Бурый медведь***	160,0	160,5	0
Волк*	45,0	44,5	-1
Глухарь*	4181,4	3933,4	-6
Тетерев*	10 226,3	9423,2	-8
Рябчик*	24 511,4	24 886,4	2
Белолобый гусь	—	2400,0	—
Гуменник	—	2 100,0	—
Серый гусь	—	700,0	—
Кряква	—	19 000,0	—
Шилохвость	—	15 000,0	—
Чирок-свистунук	—	14 000,0	—

* Численность на 1 марта 2007 года.

** Численность на 1 октября 2007 года.

*** Численность на II квартал 2007 года.

ность *белогрудого медведя* стабильна (на уровне 4–4,5 тыс. особей). Численность *волка* в целом по России остается стабильной, хотя в последние годы во многих регионах Центрального, Северо-Западного, Приволжского

федеральных округов она снижена до допустимого уровня. В то же время в части сибирских регионов «проблема волка» по-прежнему остра.

После депрессии 1994–1995 годов в 2003–2007 годах до среднемноголетнего уровня восстановилась численность *тетеревиных*. Массовым объектом охоты являются *водоплавающие* птицы. По экспертным оценкам, численность основных объектов охоты на водоплавающих птиц (*белолобый гусь, серый гусь, гуменник, кряква, шилохвость, широконоска, чирок-свиистунок* и др.) в целом по России заметно возросла и превышает 70 млн. особей.

Рыбные ресурсы в морях [5]

Баренцево море. В 2007 году биоресурсы Баренцева моря и сопредельных вод не претерпели существенных изменений. Вклад *донных рыб* в общий вылов составил 286 тыс. тонн. Промысел *пелагических рыб* по-прежнему был представлен в основном *сайкой* – 26,9 тыс. тонн. Промысловый запас основного промыслового вида – *трески* – увеличился до 1504 тыс. тонн. С 2001 года сохраняется тенденция увеличения промыслового запаса *пикши*, на начало 2007 года запас составлял 580 тыс. тонн, российская квота увеличена до 65,5 тыс. тонн. На третье место по значимости в отечественном промысле на Севере в 2007 году вышла *сайда* (почти 12 тыс. тонн), опередив *зубатку* (8,8 тыс. тонн). Низкий отечественный вылов *морской камбалы* в 2007 году (1,9 тыс. тонн) по сравнению с выделенной квотой (4,15 тыс. тонн) обусловлен недостаточностью промысловых усилий. Состояние запаса этого вида вполне благополучное. Промысловый запас *морской камбалы* на начало 2008 года оценивается в 73,5 тыс. тонн, нерестовый – в 60 тыс. тонн, каких-либо негативных изменений в состоянии запаса за 2007 год не отмечено. На промысел *черного палтуса* с 1992 года продолжается официальный запрет, хотя состояние запаса (100–120 тыс. тонн) вполне позволяет отказаться от запрета. Нерестовый запас *мойвы* увеличился до 844 тыс. тонн. Результаты промысла *сайки* в 2007 году с выловом 26,9 тыс. тонн расцениваются как достаточно успешные. Биомасса *сайки* на всей акватории составила 1061,4 тыс. тонн, из них нерестовый запас – 649,7 тыс. тонн. Все больший интерес рыбодобывающих организаций проявляется к *гидробионтам*, которые прежде не относились к промысловым. Некоторые из них становятся объектами регулярных исследований (*пинагор, песчанка, колючий скат, полярная акула*).

Белое море. Промысловая биомасса *беломорской сельди* в 2007 году составила 9,6 тыс. тонн, запасы этого вида находятся в стабильно благополучном состоянии. Низкие показатели вылова (по официальной статистике – 265 т) объясняются как недостаточностью промыслового усилия, так и значительным объемом теневого вылова. Береговой промысел *чешскопечорской сельди* (запас – около 15 тыс. тонн) нерентабелен в связи с дороговизной ее вывоза и практически свернут. Условия естественного воспро-

изводства *семги* на большинстве рек Кольского полуострова нормальные, ситуация с ее запасом не вызывает опасений.

Балтийское море. Основными видами, определяющими российский промысел в Балтийском море, являются *восточно-балтийская треска, балтийская сельдь (салака), балтийский шпрот и лосось*. Вылов *трески* России в 2007 году составил 3,38 тыс. тонн. Российский промысел *сельди* базируется в основном на популяции *прибрежной весенне-нерестующей сельди* на акватории Калининградского подрайона, включая Вислинский залив, и в последние годы составляет 6,5–8,7 тыс. тонн. Запасы *балтийского шпрота* в последние годы достаточно стабильны, в 2007 году вылов России составил 23,9 тыс. тонн. Запасы *балтийского лосося* зависят в основном от масштабов его искусственного воспроизводства и находятся в относительно устойчивом состоянии.

Каспийское море. Вылов всех видов рыб в водах Российской Федерации в 2007 году составил 55,91 тыс. тонн. Комплекс полупроходных и речных рыб обеспечил 41,09 тыс. тонн (73,5% всего улова). Недостаточный контроль на промысле приводит к значительному неучтенному (браконьерскому) изъятию практически по всем видам этой группы рыб (*вобла, лещ, судак, сазан, сом, щука, красноперка, линь, карась*). Их теневой вылов оценивается в 18,6 тыс. тонн. Вылов мелких пресноводных рыб (*красноперка, линь, карась, густера, окунь, чехонь, синец, рыбец, плотва*) составил в 2007 году 12,79 тыс. тонн, их промысловый запас – 49,4 тыс. тонн, а в последующие годы ожидается его незначительное увеличение. Промысловый запас *проходной сельди* в 2007 году оценен в размере 0,600 тыс. тонн, в ближайшие годы тенденция дальнейшего увеличения запасов сохранится. Запасы *морских сельдей (долгинская сельдь, каспийский и большеглазый пузанки)* относительно стабильны, биомасса промыслового запаса в 2007 году оценена на уровне 105,8 тыс. тонн, в том числе на воды России приходится 57,5 тыс. тонн. Интенсивность современного промысла сельдей очень низка, запасы их практически не используются. Основная причина низкого освоения ориентировочно-допустимого уровня (ОДУ) на Дагестанском побережье заключается в отсутствии специализированного флота. Сохраняется напряженная ситуация на промысле *килек*. Квота России в 2007 году (56,2 тыс. тонн) освоена всего на 25,9%, вылов *килек* составил 14,68 тыс. тонн, в том числе *анчоусовидной* – 12,0 тыс. тонн, *большеглазой* – 0,32 тыс. тонн, *обыкновенной* – 2,28 тыс. тонн. Эти показатели самые низкие за весь период мониторинга промысла. Одна из основных причин – снижение числа добывающих судов. Биомасса популяции основного объекта килечного промысла – *анчоусовидной кильки* – неуклонно снижалась и в 2007 году составила 192,3 тыс. тонн (на 9,5% меньше, чем в 2006 году). Воспроизводство популяции остается на низком уровне, по-прежнему значительное негативное влияние на формирование численности *анчоусовидной кильки* оказывает *гребневик-мнемиопсис*. Перспек-

тивы промысла глубоководной *большеглазой кильки* остаются неблагоприятными, биомасса популяции определена на уровне 10,4 тыс. тонн, в том числе промыслового запаса – 7,1 тыс. тонн (в водах России – 3,45 тыс. тонн). На фоне неблагоприятной ситуации с *анчоусовидной* и *большеглазой кильками* прибрежная *обыкновенная килька* характеризуется стабильностью запасов и высоким уровнем численности. Промысловый запас в 2007 году определен в объеме 384,1 тыс. тонн, в том числе в российских водах – 260 тыс. тонн, вылов ее составил 2,28 тыс. тонн. Промысловый запас трех видов *килек (анчоусовидной, большеглазой и обыкновенной)* в 2007 году оценивался в объеме 583,5 тыс. тонн, в том числе в российских водах – 339 тыс. тонн.

Черное море. Запасы *шпрота* в пределах российских вод находятся в настоящее время на уровне 130–140 тыс. тонн. В 2007 году российскими рыбаками поймано 6,0 тыс. тонн черноморского *шпрота*. Промысловый запас *мерланга* в 2007 году оценивался на уровне 1,86 тыс. тонн. Принятые с 2000 года меры по обеспечению свободного прохода производителей *камбалы-калкана* к местам нереста способствовали сохранению и стабилизации его запаса, который в 2007 году в российских водах составил около 1,2 тыс. тонн. *Барбуля* – ценный объект ставникового промысла, основная добыча которого приходится на долю России. Общая биомасса *барбули* осенью 2007 год составляла 1,3 тыс. тонн, вылов России за год – 94,6 т (среднегоголетний – 110 т), запас оценивается на уровне 8–8,5 тыс. тонн. К 2007 году промысловый запас азово-черноморских *кефалей* стабилизировался на уровне около 4 тыс. тонн, однако вылов снизился до 0,035 тыс. тонн (7,0% ОДУ). В 2007 году вылов *акулы-катран* составил 32,6 т. Специализированного промысла *скатов* в Черном море не проводится.

Азовское море. В последние годы уловы *тюльки* держатся на низком уровне, запас стабилизировался на среднем уровне 400 тыс. тонн. В 2007 году вылов *тюльки* составил около 8 тыс. тонн, или 20% квоты России. Промысловый запас *хамсы* в 2007 году составил 70 тыс. тонн, квота России – 15,0 тыс. тонн, в 2007 году выловлено около 5 тыс. тонн. Стабильно низкий промысловый запас *проходного леща* в 2007 год оценивался в 1,4 тыс. тонн, объемы вылова *леща* в Таганрогском заливе и Азовском море остаются на низком уровне: в 2007 году – около 4 т при ОДУ в 90 т. Численность промысловой части популяции *полупроходного судака* неуклонно сокращается в последние пять лет. Промысловый запас в 2007 году оценен в 3,3 тыс. тонн, вылов *судака* Россией составил около 193 т. Состояние популяции *судака* – неудовлетворительное, возможна потеря *судака* как основного промыслового объекта Азовского бассейна. Промысловый запас *пиленгаса* имеет тенденцию к увеличению, в 2007 году он составил 50 тыс. тонн, вылов *пиленгаса* – около 3 тыс. тонн. Практически потеряны промысловые запасы *ставриды* и *осетровых* видов рыб вследствие браконьерского и ненормативного лова. Популяции *осетровых рыб*

сохраняются только благодаря искусственному разведению, в целом состояние популяций оценивается как критическое. В 2005 году запас *осетра* промысловых размеров оказался на самом низком уровне за весь период наблюдений. Общая численность *севрюги* составила около 30 тыс. штук, из них рыб промысловых размеров всего около 4 тыс. штук, численность *осетра* около 600 тыс. штук, из них взрослых рыб около 18 тыс. штук [6]. Крайне актуальна проблема охраны *осетровых* от нелегального лова.

Моря Дальнего Востока. В 2007 году в морях Дальнего Востока было выловлено 2048 тыс. тонн рыбы (75,9% ОДУ). Запасы *минтая*, наиболее массового объекта промысла, стали восстанавливаться, общий вылов *минтая* составил 1211 тыс. тонн. Запасам *тихоокеанской сельди* свойственны значительные колебания, обусловленные природными факторами, вылов составил в 2007 году 164 тыс. тонн, вылов *трески* – 53 тыс. тонн. Важным для промысла представителем *тресковых рыб* является также *навага*. Ее вылов в 2007 году составил 24,7 тыс. тонн. Отмечена тенденция роста запасов *камбалы*, что обусловлено природными факторами, промыслом освоено 70,7 тыс. тонн. Запасы *палтуса* относительно стабильны, суммарный вылов в 2007 году составил 14,1 тыс. тонн. Многочисленны в морях Дальнего Востока также *терпуги*, в основном это северный и южный виды; в целом по бассейну вылов *терпугов* составил 34,4 тыс. тонн. Промыслом, который ведется в Южно-Курильской зоне и примыкающих к ней районах открытого океана, охвачено лишь часть ареала *сайры*. Запасы *сайры* находятся на очень высоком уровне. Важнейшими объектами промысла в дальневосточном регионе являются *тихоокеанские лососи*. Запасы этих весьма ценных в промысловом отношении видов находятся на очень высоком уровне. Вылов *лососей* в 2007 году достиг рекордного уровня – 340 тыс. тонн. Основная доля уловов приходилась на самый массовый вид дальневосточных лососей – *горбушу*, вылов ее в 2007 году был равен 246 тыс. тонн. Второе место в общем вылове тихоокеанских *лососей* в 2007 году занимает *кета*, ее вылов составил 57 тыс. тонн. На третьем месте наиболее ценный объект промысла – *нерка*, вылов которой достиг 30 тыс. тонн. Общий вылов других, менее значимых для промысла видов дальневосточных лососей – *чавычи*, *кижуча*, *симы*, *гольцов* и *кунджи* – составил 7 тыс. тонн.

Таким образом, состояние морских рыбных ресурсов, на которые приходится более 95% добычи рыбы в стране, в целом характеризуется как удовлетворительное с учетом природных колебаний запасов массовых видов промысловых рыб, а также снижения объемов лова в связи с введением экономических механизмов регулирования.

Морские млекопитающие [5]

Исследования популяций морских млекопитающих России в 2007 году позволяют судить об относительной стабильности популяционных показателей в последнее десятилетие, что в значительной степени связано

с повсеместным сокращением промышленной добычи морских млекопитающих до минимума по причине нерентабельности. Однако в таких регионах, как Чукотский и Корякский автономные округа, где продукты из морского зверя исконно используются коренным населением в пищу и для изготовления предметов быта, промысел морского зверя по-прежнему сохраняет свою актуальность.

Белое, Баренцево и Карское моря. Состояние беломорской популяции *гренландского тюленя*, общая численность которой составляет сейчас не менее 1,5 млн. голов, оценивается как стабильно благополучное. Общая численность *кольчатой нерпы* в Белом и Баренцевом морях составляет около 50 тыс. голов, в Карском море – не менее 100 тыс. голов. Численность беломорского *морского зайца* превышает 6,5 тыс. голов. Самым многочисленным видом *китообразных* в Белом и Баренцевом морях является *белуха*, общая численность которой составляет 15–20 тыс. голов, в Карском море обитает еще порядка 20 тыс. *белух*. *Белуху* отлавливают лишь в научных и культурно-просветительских целях. Численность остальных видов *китообразных* точно не известна.

Западная часть Берингова моря. Общая численность *ластоногих* в данном регионе превышает 1 млн. голов, в том числе *лахтаки* – около 250 тыс., *морских котиков* – 230–240 тыс., *моржа* – около 200 тыс., *акибы* – 130 тыс., *крылатки* – 117 тыс. и *ларги* – 107 тыс. голов. Цифры характеризуют состояние популяций на конец 1980-х годов, когда в последний раз удалось провести авиаучет этих видов. Учитывая, однако, что судовой промысел ледовых *ластоногих* в Дальневосточных морях полностью прекратился еще в середине 1990-х годов, можно предположить, что современная численность их популяций наверняка не ниже прежней. Наиболее многочисленны в данном регионе *серый кит* чукотско-калифорнийской популяции, численность которого, по оценкам, составляет около 17,5 тыс. голов, *белуха* – более 10 тыс. голов и *полярный (гренландский) кит* – свыше 9 тыс. голов. Промысловые ресурсы западной части Берингова моря позволяют добывать здесь ежегодно более 33 тыс. морских млекопитающих разных видов, однако в связи с экономическими трудностями в последние годы не осваивается и половины выделяемых квот. С прежней интенсивностью продолжается лишь прибрежный аборигенный промысел *ластоногих* и *китов* на Чукотке и, в меньшей степени, добыча *котиков* на Командорских островах.

Охотское море. Общая численность *ластоногих* в Охотском море составляет свыше 1,3 млн. голов, в том числе *акибы* – 545 тыс., *крылатки* – 405 тыс., *лахтаки* и *ларги* – по 180 тыс. голов, *морского котика* (на о. Тюленьем и Курильских островах) – более 100 тыс. голов. В отсутствие судового промысла состояние популяций ледовых форм *тюленей*, судя по всему, вполне стабильно. Численность *морских котиков* на о. Тюленьем увеличилась с 1995 года более чем в 2 раза, что позволяет устанавливать все

большие объемы возможной добычи. Среди крупных и средних видов *китообразных*, представляющих интерес для промысла, значительную численность имеют в Охотском море лишь *белуха* (около 25 тыс. голов) и *малый полосатик* (в летне-осенние месяцы сюда мигрирует до 5–6 тыс. этих китов). Популяции остальных крупных видов, численность которых резко снизилась в прошлом в результате крупномасштабного промысла (*полярные и серые киты, кашалоты, сейвалы, финвалы и японские гладкие киты*), пока находятся в состоянии депрессии, хотя, по данным российско-японских учетных рейсов, наметилась тенденция ускоренного восстановления *финвалов и гладких китов*. Состояние *серых китов* охотско-корейской популяции (насчитывающей немногим более 100 голов), оценивается как стабильное, но требует постоянного интенсивного мониторинга в связи с активным освоением нефтегазовых месторождений на шельфе северо-восточной части Сахалина, где располагается единственный летне-осенний нагульный ареал этой популяции. Общие ресурсы морских млекопитающих Охотского моря позволяют ежегодно добывать здесь более 60 тыс. животных, однако в силу сложившейся экономической обстановки добыча составляет менее 5 тыс. голов ластоногих.

Каспийское море. Численность *каспийского тюленя* оценивается в 360 тыс. голов. Популяция его продолжает восстанавливаться после депрессии, вызванной неблагоприятной экологической обстановкой в регионе, обусловленной, в частности, интенсивным освоением нефтегазовых ресурсов шельфа, а также климатическими факторами.

Промысловые беспозвоночные [5]

Баренцево море и примыкающие акватории. В 2007 году промысел *северной креветки* – традиционного нерыбного объекта российского промысла в Северном бассейне – составил 191 т у Шпицбергена и 170 т – на банке Флемиш-Кап при разрешенном к вылову объеме только у Шпицбергена 11,1 тыс. тонн. С 2004 года открыт промышленный лов *камчатского краба*, промысловый запас которого в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) России в Баренцевом море оценен в 10,689 млн. экз.; фактический вылов составил 2365 тыс. экз. Промысел *исландского гребешка* в 2007 году был 2872 т.

Волго-Каспийский регион и бассейны Черного и Азовского морей. Запасы *брюхоногого моллюска рапаны* в Сочинском и Керченско-Таманском районах Черного моря в 2007 году оставались на низком уровне, промысловый запас определен в 24,5 тыс. тонн, вылов составляет менее 1 тыс. тонн.

Дальневосточные моря. Из-за большого числа промысловых видов беспозвоночных в дальневосточных морях России характеристика состояния их запасов дается ниже только для наиболее важных объектов. Основные запасы наиболее ценного вида крабов – *камчатского краба* –

находятся в Охотском море у побережья Западной Камчатки. Нелегальный браконьерский промысел значительно превышает легальный, что из года в год приводит к многократному превышению фактического вылова относительно ОДУ. В 2007 году вылов *камчатского краба* по официальной статистике составил 697 т в Камчатско-Курильской подзоне и 930 т – в Западно-Камчатской подзоне. Учетные съемки краба в 2006–2007 годах показали, что началось медленное восстановление его запасов. В Японском море численность *камчатского краба* по-прежнему низкая, и запрет на его промышленный лов должен быть продлен. В 2007 году отмечено некоторое увеличение запаса *синего краба* в Западно-Беринговоморской зоне, вылов краба за 2007 год составил 1 183 т. В северной части Охотского моря и у Западной Камчатки в 2005 году запасы *синего краба* стабилизировались. Запасы *колючего краба*, обитающего в прибрежной зоне дальневосточных морей, повсеместно недоиспользуются.

В 2006–2007 годах отмечены признаки увеличения численности глубоководного *равношипного краба* у Северных Курил, в северо-западной части Охотского моря состояние промысловой части популяции *равношипного краба* можно считать удовлетворительным, его запас определен в 46,737 тыс. тонн. Запасы *стригуна-опилио* в Беринговом море и у Восточной Камчатки находятся в удовлетворительном состоянии. Запасы *стригуна-опилио* в северной части Охотского моря, основном промысловом районе этого вида, эксплуатируются весьма интенсивно; по оценкам, до 40% реального вылова краба составляет браконьерский лов; в последние два года запасы его снижаются. Промысел *стригуна-опилио* в Западно-Камчатской подзоне практически прекращен.

В Японском море в хорошем состоянии остаются запасы только глубоководного *красного краба-стригуна*. Возможный годовой вылов этого вида на 2008 год оценен в 8,611 тыс. тонн при изъятии в последние годы около 2 тыс. тонн в год. Запасы *креветок* в традиционном районе их промысла – в Татарском проливе Японского моря – позволяют вылавливать здесь суммарно порядка 2,3 тыс. тонн, еще 2,2 тыс. тонн может добываться в районах Южного Приморья. Значительные запасы *узлохвостой креветки* позволяют добывать не менее 1 тыс. тонн в Беринговом море и 3 тыс. тонн в Охотском море, однако запасы этого вида практически не осваиваются из-за мелких размеров креветки.

Из моллюсков на первом месте по промысловой значимости стоят *кальмары*, потенциальный вылов которых в дальневосточных морях может быть увеличен до 300 тыс. тонн и более. Отечественный вылов *тихоокеанского кальмара* не превышает нескольких сотен тонн. Запас *командорского кальмара* в Беринговом море практически не освоен, хотя ОДУ здесь оценивается в объеме 40 тыс. тонн.

Из двустворчатых моллюсков наиболее значимыми промысловыми объектами являются *морские гребешки*. Их запас в основном промысло-

вом районе у о. Онекотан (Северные Курилы) находится в стабильном состоянии; ОДУ на 2008 год оценен в объеме 2,73 тыс. тонн. Больше 1000 т наиболее ценного *приморского гребешка* можно добывать у Южных Курил. В целом ресурсы двустворчатых моллюсков, несмотря на их разнообразие и обилие в прибрежной зоне, недоиспользуются. Из иглокожих добывают в основном *морских ежей*, районами их промысла являются Южные Курилы и Приморье. Запасы *обычной и японской кукумарии (голотурии)* в Японском море, на Курилах и у Южной части Камчатки используются крайне слабо. Самый ценный вид дальневосточных *голотурий, трепанг*, длительное время чрезмерно эксплуатировался. Наибольший урон ему был нанесен браконьерским промыслом. Запасы этого вида в Приморье и у Южного Сахалина находятся в критическом состоянии, и промысловое изъятие его запрещено.

Рыбные ресурсы в пресноводных водоемах

По предварительным оценкам, официальный вылов рыбы в пресноводных водоемах Российской Федерации в 2007 году составил около 66,5 тыс. тонн. На большинстве водоемов продолжается сокращение запасов ценных хищных видов рыб – *судака, щуки, налима, сома* – вследствие чрезмерной промысловой нагрузки на их популяции. Сохраняется стабильная тенденция снижения запасов наиболее ценных видов – *осетровых и пресноводных лососевых*. Интенсивность браконьерского вылова этих видов намного превышает воспроизводственные возможности популяций, что приводит к их подрыву. В настоящее время специализированный промысел *осетра, калуги и стерляди* повсеместно запрещен, вылов их осуществляется только в целях мониторинга и искусственного воспроизводства. Основной объем вылова *осетровых* в пресноводных водоемах осуществляется браконьерами. Численность популяций пресноводных видов *осетровых* в последующие годы будет снижаться.

В табл. 4.8 приведены данные о вылове рыбы в крупнейших пресноводных водоемах Российской Федерации в 2004–2007 годах, дающих основной объем добычи пресноводной рыбы.

Общая оценка рыбных ресурсов [6]

Состояние морских рыбных ресурсов, на которые приходится более 95% добычи, в целом характеризуется как удовлетворительное с учетом природных колебаний запасов массовых видов промысловых рыб, а также снижением объемов лова в связи с введением экономических механизмов регулирования. Рыбные запасы большинства внутренних водоемов за последние десятилетия сократились до предельно низкого уровня под прессом загрязнения природных вод взвешенными веществами и химическими токсикантами (в составе промышленных и коммунальных стоков), регулирования речного стока для нужд ГЭС, ненормативного и браконьер-

Таблица 4.8. Уловы рыбы в наиболее крупных пресноводных водоемах России в 2004–2007 годах, тыс. тонн [5]

Водоем	2004 год	2005 год	2006 год	2007 год
Обь-Иртышский бассейн	16,8	19,2	14,03	14,1
Бассейн р. Енисей	1,57	1,15	1,45	1,35
Озера:				
Ладожское	2,8	2,9	2,80	2,9
Онежское	1,88	2,1	2,20	2,3
Чудско-Псковское	3,6	4,0	4,50	4,3
Ильмень	1,2	1,38	1,50	1,56
Байкал	2,5	2,5	2,00	1,95
<i>Водохранилища</i>				
Рыбинское	1,3	1,04	1,00	1,1
Куйбышевское	1,94	2,11	2,62	2,7
Саратовское	0,67	0,6	0,69	0,7
Волгоградское	1,69	1,72	2,17	2,05
Цимлянское	6,3	6,9	6,85	6,9

ского лова, судоходства и других негативных факторов хозяйственной деятельности. В результате хищнического лова произошли негативные количественные и качественные изменения видового состава ихтиофауны внутренних водоемов, подорвано воспроизводство наиболее ценных пород осетровых и лососевых рыб в бассейнах Белого, Балтийского, Азовского и Каспийского морей.

4.3. Минеральное сырье

Доля России в мировой добыче полезных ископаемых оценивается величиной около 14%. Во многих горнодобывающих районах страны (Кольский полуостров, Северный Кавказ, Урал, Восточная Сибирь, Дальний Восток) добывают руды с промышленным содержанием практически всех металлов таблицы Менделеева: алюминия, вольфрама, железа, кобальта, ниобия, меди, молибдена, металлов платиновой группы, никеля, олова, редкоземельных металлов, свинца, тантала, титана, цинка [14–17]. По оценкам российских экспертов (2000 год), при сохранении уровня добычи 1995–2000 годов запасов железной руды хватит на 15–20 лет, других металлических руд – на 10–30 лет. Значительная доля разведанных рудных запасов находится в труднодоступных и малоосвоенных северных и восточных регионах страны, в которых отсутствует необходимая транспортная и промышленная инфраструктура.

Алюминий. Россия производит около 11% мировой выплавки алюминия и находится на втором месте по производству алюминия после США. При этом лишь 40% производства обеспечено отечественным сырьем, так как в России находится только 1% мировых запасов бокситов. Ситуация может улучшиться со строительством алюминиевого комплекса «Коми Алю-

миний», работающего на месторождении бокситов в Среднем Тимане с разведанным запасом 260 млн. тонн руды, крупнейшим в Евразии.

Железная руда. Россия владеет 30% мировых запасов железной руды. Производство железорудного сырья (концентрат и пеллеты) для черной металлургии в 2004 году было на уровне 120 млн. тонн, из которых около 10% уходило на экспорт.

Медь, никель и другие металлы. Россия дает 20% мирового производства никеля, 50% палладия, 10% кобальта, 10% бора, 5% кадмия и 4% вольфрама. Залежи никелевых руд на Таймыре (комбинат «Норильский никель», 96% производства никеля в России) обеспечат его добычу на 30 лет, однако оценки прогнозных запасов дают намного больший период обеспеченности добычи. Объем годовой добычи медно-никелевых руд в Норильском месторождении в 2003 году прогнозировался на уровне 4 млн. тонн в 2004 году с планируемыми ростом до 8 млн. тонн в 2009 году. По более поздним оценкам в связи с ростом спроса и цен на никель и медь рост добычи планируется довести в будущем до 20–22 млн. тонн в год.

Россия владеет около 10% мировых запасов меди, большей частью в медно-никелевых сульфидных рудах (до 70%) и пиритах. Основной производитель меди – Норильский комбинат – выплавляет до 70% российской меди из медно-никелевых сульфидных руд. Залежи пиритовых руд расположены в основном на Урале и Северном Кавказе. На Северном Кавказе они близки к истощению, однако на Урале есть перспективы освоения глубоких залежей пирита под существующими открытыми разработками. Производство меди может возрасти за счет разработки большого Удоканского месторождения (Читинская обл.) с разведанными запасами 20 млн. тонн руды со средним содержанием 5% меди.

Россия испытывает недостаток в хrome и марганце для производства ферросплавов. Основные поставщики этих металлов – Казахстан и Украина. Уровень добычи и выплавки свинца ниже уровня потребности, в то время как производство цинка удовлетворяет спрос.

В целом, Россия обладает достаточными рудными запасами практически всех необходимых для нужд экономики металлов и химических элементов, однако обеспеченность добычи разведанных ресурсов этих ископаемых не превышает 30 лет.

4.4. Энергетические ресурсы

4.4.1. Уголь и углеводородное топливо

Россия располагает полным набором первичных ресурсов углеводородного топлива: нефтью и газовым конденсатом, газом, углем, сланцем и торфом [18–23]. С учетом объемов производства (добычи) и внутреннего потребления три первых вида топлива являются основными, составляя около 90% в современном топливно-энергетическом балансе России (ТЭБ, табл. 4.9, 4.10, рис. 4.6).

Таблица 4.9. Динамика добычи и потребления угля и углеводородного топлива в России [18–23]

Год	Уголь, млн. тонн		Нефть с конденсатом, млн. тонн		Газ, млрд. м ³	
	Добыча	Потребление	Добыча	Потребление	Добыча	Потребление
1990	395	—	516	297	641	461
1995	263	250	307	195	595	395
1998	232	230	303	133	591	385
2000	258	239	324	173	584	398
2002	253	210	380	185	595	416
2005	300	217	470	207	641	442
2008	326	149*	471	130*	664	430*

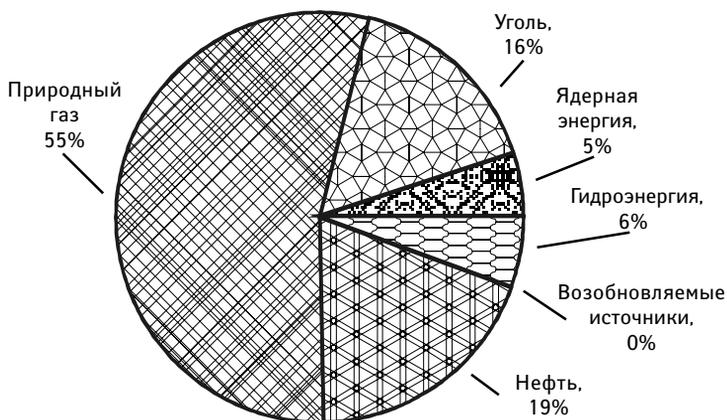
* По оценкам, приведенным в [23].

Таблица 4.10. Потребление энергетических ресурсов в России в 1998 и в 2008 годах [22, 23]

Ресурс	Уголь		Нефть и нефтепродукты		Газ		АЭС (уран)		ГЭС		Прочие		Всего	
	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008
Объем, млн. ТУТ*	230	149	190	186	480	531	32	40**	48	60**	20	20**	1000	986
Доля, %	23	15	19	19	48	54	3	4**	5	6**	2	2**	100	100

*ТУТ – тонна условного топлива, используемая для энергетического сравнения резервов и ежегодного расхода топлива. Одна тонна условного топлива эквивалентна 1,0 т угля, 0,7 т нефти, 800 м³ газа, 0,37 г ²³⁵U, около 50 г природного урана.

**Наша оценка.

**Рис. 4.6.** Структура потребления энергоресурсов в России в 2004 году (по данным EIA – International Energy Annual) [16]

За 1990-е годы добыча и потребление нефти, газа и угля в России значительно сократились (табл. 4.9). Структура потребления ТЭР к 2008 году изменилась в сторону значительного уменьшения доли угля, в основном за счет увеличения доли газа при некотором снижении общего объема потребления первичных ТЭР (табл. 4.10). По потреблению жидкого топлива на душу населения (нефть с конденсатом, 1,4–1,5 т/чел.) Россия находится во втором десятке стран, значительно уступая США, Канаде, Японии и всем нашим северным соседям; по потреблению газа (~ 3000 м³/чел.) Россия занимает одно из лидирующих мест в мире (табл. 4.11) [19]. При

Таблица 4.11. Душевое потребление энергоресурсов в России и ведущих индустриальных странах мира в 1995 и в 2005 годах [19]

Страна	Всего энергоресурсов, ТУТ/чел.		Нефть и нефтепродукты, т/чел.		Газ, 10 ³ м ³ /чел.	
	1995	2005	1995	2005	1995	2005
Россия	7,0*	8,3*	1,4*	1,5*	2,7*	3,1*
США	11,3	—	3,0	—	2,3	—
Канада	10,9	—	2,6	—	2,5	—
Япония	5,1	—	2,1	—	0,5	—
Германия	5,6	—	1,6	—	1,2	—
Англия	5,3	—	1,4	—	1,3	—

*Наша оценка.

этом экономика России характеризуется высокими затратами энергоресурсов на единицу продукции (низкой энергоэффективностью, см. п. 4.4.5).

В проекте Энергетической стратегии на период до 2030 года [23] приведены данные по динамике добычи (производства) и потребления первичных ТЭР в России в период 2000–2008 годы в сравнении с динамикой ВВП и с планируемыми показателями принятой в 2003 году Энергетической стратегии на период до 2020 года (ЭС-2002) [18]. При фактическом росте ВВП страны на 167% в 2008 году к уровню 2000 года (при отклонении от прогнозов ЭС-2020 на 12,5%) фактический рост добычи и производства общего объема ТЭР (млн. ТУТ/год) составил 26% к уровню 2000 года при отклонении от прогнозов ЭС-2020 всего на 3%. При этом внутреннее потребление ТЭР выросло на 10% по сравнению с уровнем 2000 года (при отклонении от прогнозов ЭС-2020 на 4,3%) – практически за счет роста потребления газа.

Начиная с 1990-х годов мировой, в том числе российский, спрос на уголь сокращается. Как следствие, падает его добыча в большинстве угольных бассейнов РФ. Но в долгосрочной перспективе, с точки зрения диверсификации ТЭБ России, не говоря уже о социально-экономической значимости этой отрасли почти для 30 субъектов Федерации, угольная промышленность «обречена» на развитие [24]. Потребление угля имеет два принципиальных направления: энергетическое (85–87%) и коксование

(13–15%). В обоих случаях из-за внешних факторов наблюдается спад потребности в угле (табл. 4.9). В энергетике таким фактором выступает газ, который по ряду критериев является более эффективным энергоносителем и вытесняет уголь в районах централизованного газоснабжения с электростанций и из коммунально-бытового сектора. Тем не менее Энергетическая стратегия ЭС-2020 предписывает изменение структуры расходуемого топлива на тепловых электростанциях в сторону уменьшения доли газа к 2020 году и увеличения доли угля, причем соотношение между газом и углем будет определяться складывающейся конъюнктурой цен на природный газ и уголь. Топливо-энергетическое использование коксующихся углей в коксохимической и металлургической промышленности также нестабильно из-за сокращения потребности в черных металлах, общего уменьшения металлоемкости промышленного производства и снижения удельного расхода кокса на выплавку чугуна (от 485 до 445 кг на 1 т чугуна на расчету за 1994–2000 годы) за счет модернизации технологии [18].

Запасы нефти в мире с трудом поддаются надежным оценкам. Экономисты и политики называют разные цифры, видимо, каждая в своих интересах. По официальным данным Минтопэнерго РФ найденные запасы нефти составляют (млрд. тонн): в Северной Америке – 11,5 (8% мировых запасов); в России – 6,7 (4,6%); в Европе – 2,7 (2%). Самая большая часть мировых запасов нефти сконцентрирована на Ближнем Востоке (64%). Что касается наличия нефти в ведущих нефтедобывающих странах, то специалисты приводят следующие данные: США имеют 3% мировых запасов нефти (при этом потребляют 25%); Саудовская Аравия – 26%; Ирак – 10%; Кувейт – 10%; Абу Даби – 9%; Иран – 9%; Венесуэла – 6%; Россия – 4,6%; Мексика – 5%. На втором месте по потреблению нефти после США стоит Япония – 8%. Далее следуют Китай – 5%, Германия и Россия – по 4%, Южная Корея, Италия, Франция, Англия – по 3% [25].

В апреле 2004 года председатель Федеральной резервной системы США Алан Гринспен произнес слова, которые через четыре года перевернули весь мир и поставили его на грань экономической катастрофы. Аналитик сказал, что мировая экономика вступила в эпоху устойчивого роста цен и о дешевой нефти можно забыть. Мир в это поверил, поверило этому и российское правительство. Однако немалому числу аналитиков было понятно, что мировые цены на нефть не являются отражением реального соотношения спроса и предложения: цены на нефть «не послушались» и в 2008 году буквально рухнули в три-четыре раза, а к концу 2009 года поднялись до уровня 60–70 долл. за баррель [26].

В структуре потребления добываемой в России нефти выделяются два главных сектора – переработка и экспорт, а другие статьи расхода (использование нефти в качестве топлива, потери) имеют резко подчиненное значение. В 1990-е годы на переработку поступало от 55 до 75% добываемой нефти, при этом глубина переработки нефти (доля полученных нефтепро-

дуктов за вычетом мазута относительно общего объема переработанной нефти) в течение 1990–1998 годов составляла 63–61%, что значительно ниже зарубежных показателей (до 90–93%). На производство химической и нефтехимической продукции использовано 4,5–6% нефти, поступившей в переработку, в то время как в среднем для мира на нужды нефтехимии поставляется ежегодно 7–8% перерабатываемой нефти, а в странах развитой нефтехимии – 10–12%. Вероятная доля ежегодных потерь добываемой нефти составляет 2–3%, но это значение имеет тенденцию к увеличению ввиду старения оборудования [25]. В последующем первом десятилетии XXI века эти структурные показатели мало изменились.

По последним оценкам, Россия располагает $48,14 \cdot 10^{12}$ м³ природного газа (32,9% мировых запасов), США – $8,35 \cdot 10^{12}$ м³ (5,6%), страны Ближнего Востока – $49,3 \cdot 10^{12}$ м³ (33,8%) [25]. Потребление газа в России имеет преимущественную энергетическую направленность. На тепловых электростанциях (ТЭС) и в котельных используется 62% газа, остающегося в России, причем по прогнозным оценкам эта величина возрастет к 2010 году до 68–69%. Примерно по 10% потребляемого газа идет на нужды всех отраслей промышленности (строительных материалов, металлургической, химической) и коммунально-бытового сектора.

4.4.2. Ядерное топливо

В России к 2003 году доля ядерной энергетики составляла 3,5% потребления всех ТЭР, 11% установленной мощности и 16% производства электроэнергии [18]. Согласно Энергетической стратегии ЭС-2020 [18], мощность АЭС к 2020 году должна увеличиться почти в 2 раза, а доля АЭС в производстве электроэнергии возрастет до 23%. Эти показатели обеспечиваются различного рода ресурсами ядерного топлива – такими, как:

- уран в месторождениях;
- природный и обогащенный уран на складах;
- обедненный уран как отвал обогатительных производств;
- уран и плутоний из отработавшего ядерного топлива;
- плутоний и высокообогащенный уран из ядерных боезарядов.

Потребление условного топлива в России в 1998 году на АЭС достигло 32 млн. ТУТ, что соответствует 1600 т природного урана (табл. 4.10). По другим оценкам ежегодная потребность современной ядерной энергетики России составляет примерно 2800–3300 т природного урана при получении энергии в реакторах на тепловых нейтронах, а с учетом экспортных поставок ядерного топлива – примерно 6000–7700 т [27].

По классификации МАГАТЭ природные запасы урана разделяются на категории в зависимости от степени надежности оценки запаса:

1. RAR (Reasonably Assured Resources) – достоверно разведанные запасы, оцениваемые с высокой степенью надежности по характеристикам образцов и по параметрам пластов залегания урана.

2. EAR-I (Estimated Additional Resources – Category I) – дополнительные разведанные запасы, оцениваемые по имеющимся или похожим образцам с меньшей степенью надежности, чем RAR.

3. EAR-II (Estimated Additional Resources – Category II) – дополнительные предполагаемые запасы, оцененные главным образом по тенденциям и характеристикам подобных хорошо известных залегающих; степень надежности оценок ниже, чем для EAR-I.

4. SR (Speculative Resources) – в дополнении к предыдущей категории EAR-II предполагается, что эти ресурсы существуют главным образом на базе косвенных свидетельств и геологических экстраполяций.

Согласно данным, приведенным в «Красной книге» ОЭСР и МАГАТЭ «Уран. Ресурсы, производство и потребности», суммарные запасы природного урана в России при стоимости добычи до 80 долл. за 1 кг оцениваются на уровне 240 тыс. тонн (RAR + EAR-I,II), причем запасы, оцененные с высокой степенью достоверности (RAR), составляют около 150 тыс. тонн (табл. 4.12). В сумме по всем категориям, к началу нынешнего столетия природные ресурсы урана в России оценивались в размере около 1 млн. тонн [18], т.е. около 10% потенциальных мировых запасов [27].

Таблица 4.12. Ресурсы урана в Российской Федерации в залежах руды, т [27]

Категория залежей урана по классификации МАГАТЭ	Стоимость добычи 1 кг урана, долл. США		
	<40	<80	<130
Достоверные запасы (RAR)	66 100	145 000	Нет данных
Дополнительные-I (EAR-I)	17 200	36 500	Нет данных
Дополнительные-II (EAR-II)	0	56 300	104 500
Ненадежные ресурсы (SR)	Нет данных	Нет данных	550 000 (+ 450 000)*

*Без определения стоимости добычи.

4.4.3. Гидроресурсы и другие возобновляемые источники энергии

Гидроресурсы

Гидроэлектростанции (ГЭС) являются весьма эффективными источниками энергии, поскольку используют возобновляемые ресурсы, обладают простотой управления и имеют высокий КПД (более 80%). В результате себестоимость производимой на ГЭС энергии в 5–6 раз ниже, чем на ТЭС [28].

Потенциальные гидроэнергетические ресурсы рек планеты оцениваются величиной мощности около 1000 млн. кВт и годовой выработки энергии 34 920 млрд. кВт·ч/год. На территорию России приходится соответственно 330 млн. кВт и 2 896 млрд. кВт·ч/год, т.е. около 8,3% мировых потенциальных ресурсов. Технические гидроэнергетические ресурсы (технический гидроэнергетический потенциал) учитывают все неизбежные потери в расходах воды (на испарение из водохранилищ, холостые сбросы,

фильтрацию и т.п.), в напорах (гидравлические в водотоках, кроме того, часть падения рек в верховьях и приустьевых участках не может быть использована), электромеханические потери в оборудовании. На территории России технический гидроэнергетический потенциал рек оценивается величиной 1670 млрд. кВт·ч (58% величины потенциальных) [29].

Практическую ценность на современном этапе развития общества имеет экономический гидроэнергетический потенциал, т.е. та часть технического потенциала, которую экономически целесообразно использовать в обозримой перспективе. Экономический гидроэнергетический потенциал может составлять от 15 до 25% общего гидроэнергетического потенциала стока рек в зависимости от природных условий и экономической конъюнктуры. Суммарно экономические гидроэнергетические ресурсы мира равны 9800 млрд. кВт·ч. Для использования этого потенциала на ГЭС мира требуется установить 2340 млн. кВт мощности. Территория России имеет высокие абсолютный и относительный показатели экономического гидроэнергетического потенциала рек: 850 млн. кВт·ч, 29% общего гидроэнергетического потенциала стока рек России, 8,7% мировых экономических гидроэнергетических ресурсов. Экономический потенциал гидроэнергетических ресурсов наиболее крупных бассейнов рек (млрд. кВт·ч/год): Амур – 60, Лена – 230, Енисей – 290, Обь – 95. Для сравнения, экономический гидроэнергетический потенциал рек (млрд. кВт·ч): в США – 705, в Бразилии – 657, Канаде – 535. Степень освоения экономического потенциала в разных странах сильно различается: в России – около 20%, в США и Канаде – 55–65%, в Японии, Франции и Швейцарии – почти 100%, в Италии – 75%, в Швеции – 66%. По состоянию на 2007 год производство электроэнергии на ГЭС России было около 170 млрд. кВт·ч, 17% общего производства электроэнергии в стране. Таким образом, показатели использования гидроэнергетических ресурсов в России близки к среднемировым показателям: степень освоения мировых экономических гидроэнергетических ресурсов немногим больше 20%, доля гидроэнергетики в мировом производстве электроэнергии – около 15% [29].

Освоение гидроресурсов наиболее эффективно в восточных районах страны, что определяется сочетанием многоводности рек, горного рельефа территории и узости скальных русел и создает большой напор воды. В результате себестоимость электроэнергии в 4–5 раз ниже, чем в европейской части страны. Крупнейшими гидроэлектростанциями являются ГЭС Восточно-Сибирского экономического района: Саяно-Шушенская, Красноярская, Братская, Усть-Илимская. Мощные ГЭС европейской части страны созданы на равнинных реках, в условиях мягких грунтов. Это прежде всего ГЭС на Волге: в Волгограде, Самаре, Саратове, Чебоксарах, Воткинске и др., всего 13 гидроузлов общей мощностью 11,5 млн. кВт.

В европейской части страны перспективно развитие нового вида гидроэлектростанций – гидроаккумулирующих (ГАЭС). Электроэнергия на

ГАЭС производится за счет перемещения массы воды между двумя бассейнами, размещенными в разных уровнях и соединенными водопроводами. Это один из немногих способов аккумуляции электроэнергии, и поэтому ГАЭС строятся в районах ее наибольшего потребления.

В современных российских условиях, когда постоянно дорожают добыча и доставка ископаемого сырья, в том числе на электростанции, комплексное использование гидроэнергоресурсов, позволяющее помимо всего прочего создавать многие сотни новых стабильных рабочих мест, вновь становится одним из приоритетов в развитии энергетики России

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)

По оценкам, приведенным в Энергетической стратегии-2020 [18], технический потенциал возобновляемых источников энергии составляет порядка 4,6 млрд. ТУТ в год, т.е. в 5 раз превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов России, а экономический потенциал определен в 270 млн. ТУТ в год, что немногим более 25% годового внутреннего потребления энергоресурсов в стране. В настоящее время экономический потенциал возобновляемых источников энергии существенно увеличился в связи с подорожанием традиционного топлива. Внедрение в энергетику экологически чистых технологий для государства – приоритетная задача. Связано это как с необходимостью экономии энергоресурсов, так и с защитой окружающей среды – проблемой, которая еще более обострится в связи с сокращением подачи природного газа на электростанции России и возрастанием потребления угля. Энергетики считают, что электростанции, использующие возобновляемые источники энергии (не обязательно ветер, это может быть энергия приливов и отливов, торф и так далее, см. п. 1.3.5), практически не требуют дополнительного землеотвода, потребляемые ими ресурсы неисчерпаемы, а по себестоимости произведенного киловатт-часа они уже вплотную приблизились к традиционной генерации. Нельзя сказать, что этого не понимают в России. Но пока бытует представление, что проще и дешевле использовать газ по устаревшим, но действующим технологиям, чем вкладывать довольно большие средства в ветряные установки и торфяные ТЭС. В 2009 году специалисты РусГидро обсуждали возможность строительства 36 ветродизельных комплексов в наиболее удаленных населенных пунктах Камчатского края и Якутии. При реализации этих проектов уже в 2013 году возможно введение до 200 МВт мощностей возобновляемой энергетики. Впрочем, не так-то все в ветряной энергетике просто. Одна из основных проблем – отсутствие в России производственного оборудования для современных ветряных станций [30].

Согласно данным, представленным в Российском национальном докладе «Использование возобновляемых источников энергии в России» [31], полное количество энергии, производимой за счет ВИЭ в конце 1990-х годов, в общем энергетическом балансе страны было пренебрежимо мало,

изменяясь от 1 млн. ТУТ в 1994 году (при общем производстве энергии от всех источников 1410 млн. ТУТ) до ожидаемого уровня 10 млн. ТУТ (при общем производстве 1810 млн. ТУТ) в 2010 году. По уровню использования наиболее доступного вида ВИЭ – энергии ветра, Россия находится на одном из последних мест в Европе, имея в 2004 году общую установленную мощность ветроэлектростанций около 13 Мвт, в то время как Германия имела около 12 000 МВт, Испания – 4800 МВт (к концу 2006 года – 20 500 МВт, см. п. 1.3.5) и т.д., с высокими темпами наращивания мощностей – до 100% в год (Испания) [32].

4.4.4. Обеспеченность энергоресурсами

Следует напомнить значение терминов: *ресурс* – это понятие, описывающее суммарное количество определенного вещества в земной коре; *запас* – понятие, описывающее разведанное или предполагаемое количество вещества, которое можно извлечь или использовать по приемлемой цене (см. п. 1.3).

Ископаемое топливо

Россия является одной из немногих крупных стран мира, полностью обеспеченных собственными ресурсами минерального топлива. При этом что население страны составляет около 2% населения планеты, на долю России приходится 11–13% мировых прогнозных ресурсов нефти, 42% ресурсов газа, 12% – угля, 10% – урана [19, 27]. Прогнозные ресурсы нефти оцениваются в 44 млрд. тонн, газа – 48 трлн. м³, угля – более 200 млрд. тонн (геологические ресурсы угля – 4450 млрд. тонн, 30% мировых), урана – около 1 млн. тонн [18, 27].

За 150 лет человечество успело использовать 65% мировых ресурсов нефти, ежедневный мировой расход нефти в 5 раз превышает количество, которое удастся найти в новых месторождениях. Ученые считают, что Персидский залив – последний самый большой резерв нефти. Мир конечен и запасы природных ископаемых – тоже. Все крупнейшие месторождения уже найдены и использованы, поэтому вполне возможно, что в скором времени мусульманские страны будут контролировать 100% мирового экспорта нефти. В настоящее время идет добыча остатков нефти как в США, так и во всем мире. Кувейт, чья территория меньше территории любого из штатов Америки, обладает втрое большим запасом нефти, чем все североамериканские штаты [24].

Современное состояние ресурсной базы углеводородного сырья характеризуется снижением разведанных запасов нефти и газа и низкими темпами их воспроизводства. Нефть рассматривается как наиболее дефицитный вид минерального топлива ввиду роста объемов трудно извлекаемых запасов – более половины разведанных запасов. Структура запасов газа в России более благоприятная, чем нефти, однако также наблюдается тенденция увеличения доли сложных и трудно извлекаемых запасов. Соглас-

но анализу, сделанному в Энергетической стратегии-2020 [18], к 2000 году было добыто более 60% ресурсов российского газа, и дебет продолжает снижаться. Показатели обеспеченности достигнутой добычи газа разведанными запасами в 1999 году составили в среднем по России 81 крат (лет), по углю – свыше 600 крат (лет) [19, 22, 27].

Что касается нефти, то показатели расходятся: одни специалисты утверждают, что нефти хватит еще лет на 15–20, другие продлевают срок жизни нефтяным магнатам до 50 лет. Экономисты British Petroleum (BP) подсчитали, что нефти у России осталось ровно на 21 год, газа – примерно на 50 лет [24].

По типам углей в структуре разведанных запасов Российской Федерации преобладают бурые – 51,2%, на долю каменных углей приходится 45,4%, антрацитов – 3,4%. Запасы коксующихся углей составляют 40 млрд. тонн, из них запасы особо ценных марок углей – 20 млрд. тонн (в том числе промышленных категорий, вовлеченных в разработку, – свыше 6 млрд. тонн), которые сосредоточены в основном на глубоких горизонтах (более 300 м) и требуют дополнительного геологического изучения и значительных капитальных затрат для освоения. Средняя обеспеченность шахт запасами коксующихся углей в настоящее время составляет не более 13 лет [18].

Прогноз динамики запасов и добычи нефти, газа и угля базируется на материалах многофакторного геологического и геолого-экономического анализа запасов и ресурсов этих полезных ископаемых с учетом предполагаемых моделей долгосрочного развития экономики и энергетики России [9, 16, 18]. При этом учитывается, что разведанные запасы не исчерпывают геологического потенциала нефтяных, газовых и угольных ресурсов России, т.е. в недрах страны сохраняются крупные, обоснованные количественно неразведанные ресурсы, за счет которых при производстве необходимых геологоразведочных работ будут открыты новые месторождения. Исходя из этих прогнозов, можно сделать оценку обеспеченности нефтяной, газовой и угольной промышленности России разведанными запасами этих ресурсов до 2010 года (табл. 4.13).

Таблица 4.13. Прогнозные оценки обеспеченности России разведанными запасами энергетических ресурсов до 2010 года

Год	Нефть и конденсат, млн. тонн	Газ, млрд. м ³	Уголь, млн. тонн	Уран, тыс. тонн
<i>Добыча [19, 22, 27]</i>				
2000	324	584	258	~ 1000
2005	470	595	300	
2010	445-490	645-665	310-330	
<i>Обеспеченность добычи разведанными запасами, крат*</i>				
2010	70	80	780	~ 100

*Наша оценка.

Приведенные соотношения запасов и добычи нефти, газа и угля в России нужно рассматривать как сугубо ориентировочные, поскольку реальная ресурсная обеспеченность каждой из добывающих отраслей значительно ниже и зависит от размещения разведанных месторождений, состояния промышленного освоения и сложности геологического строения месторождений, качества минерального сырья и других факторов, влияющих на экономику и государственную целесообразность разработки.

Согласно выводам, сделанным в Энергетической стратегии-2020 [18], прогнозные запасы топливно-энергетических ресурсов в РФ достаточны для необходимого развития ТЭК, «однако время дешевых энергоресурсов в стране закончилось». Возвращение к прошлым рекордным объемам добычи представляется, по мнению большинства экспертов, нереальным даже в долгосрочной перспективе. В любом случае, даже поддержание сегодняшних объемов добычи органического топлива требует весьма значительных капиталовложений из-за выработанности старых месторождений и неосвоенности новых, расположенных к тому же зачастую в труднодоступных районах. Добыча ресурсов перемещается в районы с трудно извлекаемыми запасами, что требует больших затрат за счет интенсификации геологоразведки, применения более сложных технологий нефте- и газодобычи с учетом возрастающих требований к охране окружающей среды. «Газовая пауза», основанная на интенсивном использовании сравнительно дешевого газа, завершилась, так как для поддержания современных объемов добычи на период до 2020 года необходимо, как минимум, трехкратное увеличение инвестиций для освоения перспективных газовых месторождений.

Ядерное топливо

Ежегодная потребность ядерной энергетики России (по состоянию на 2003 год) в природном уране составляет 2800–2300 т, а с учетом экспортных поставок ядерного топлива – 6000–7000 т. Отечественные эксперты ядерной отрасли делают довольно бодрые оценки обеспеченности ядерной энергетики запасами природного урана: разведанные запасы природного урана (стоимостью до 80 долл./кг) и даже его дешевые запасы (до 40 долл./кг) способны обеспечить реалистичные (по срокам реконструкции действующих, завершения начатых и строительства новых АЭС) темпы развития ядерной энергетики – 140–200 млрд. кВт·ч в 2010 году и 150–330 млрд. кВт·ч в 2020 году [18, 27]. Однако независимые эксперты делают вывод о недостатке запасов природного урана в России для обеспечения заявленных темпов развития ядерной энергетики. Так, авторы обзора [15] (со ссылкой на Interfax Metals & Mining Weekly. – 2005. – Vol. 14. – Issue 47. – P. 25) прогнозируют более чем трехкратный рост потребности в уране в России в ближайшие десятилетия для выполнения заявленных планов развития ядерной энергетики и экспортных поставок: с 9000 т/год

в 2004 году до 29000 т/год к 2050 году. Эти потребности могут быть покрыты за счет собственных ресурсов примерно на 60%.

Возможным способом увеличения ресурсной базы ядерной энергетики является повторное использование ядерного топлива, а именно, выделенного из отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в реакторах на тепловых нейтронах. Оценки показывают, что замыкание топливного цикла по урану позволит увеличить мощность ядерной энергетики примерно на 13%, а замыкание по урану и плутонию вместе – на 17% [33]. Однако это не изменит общего вывода о том, что *российские и мировые запасы природного урана не могут обеспечить устойчивого и долговременного развития ядерной энергетики на тепловых нейтронах* [27].

В какой-то мере потребности в ядерном топливе могут быть удовлетворены за счет использования оружейного плутония, высвобождаемого в связи с сокращением ядерных вооружений. Россия и США взяли на себя обязательства поэтапно изъять из своих ядерных оружейных программ около 50 т плутония и переработать его так, чтобы никогда не было возможности его использования в ядерном оружии. Однако вовлечение этого плутония в ядерный топливный цикл на современном этапе встречает большие финансовые и технологические трудности, но в будущем утилизацию оружейного плутония следует рассматривать в качестве первого этапа создания технологии замкнутого ядерного топливного цикла с реакторами на быстрых нейтронах [18].

Гидравлическая энергия и ВИЭ

По мнению многих экспертов, потенциал гидроэнергии в европейской части России практически исчерпан. Сооружение крупных ГЭС на великих сибирских реках связано с большими экологическими рисками и с потерей основного конкурентного преимущества ГЭС – низкой себестоимости энергии, ввиду необходимости строить дорогостоящие ЛЭП с большими потерями при передаче энергии.

В этой ситуации более привлекательным становится интенсивное освоение так называемых альтернативных ВИЭ, таких как энергия ветра, биомассы и т.п. Несмотря на низкие относительные показатели в энергетическом балансе России, ВИЭ имеют огромный неиспользуемый потенциал – порядка 25% потребности в энергии в 2000 году. Более 99% потенциала ВИЭ приходится на солнечную энергию; потенциал ветровой энергии, энергии биомассы и малых рек в 70 раз ниже солнечной энергии. В энергетической стратегии России намечено несколько национальных проектов внедрения ВИЭ для решения важных энергетических задач – таких, как энергообеспечение северных территорий, энергоснабжение Камчатки на базе геотермальной энергии, использование энергии биомассы в сельских районах, развитие новых конкурентоспособных технологий солнечной энергетики [31].

Эксперты считают, что для оживления «экологической» энергетики нужно законодательно оформить меры экономического стимулирования – такие, как гарантии инвесторам, специальные надбавки к рыночной цене «экологической» электроэнергии и т.п. В ряде стран Европы такие схемы давно и успешно действуют. Кроме того, необходимо ввести ограничения на выброс вредных веществ в атмосферу, причем не на уже построенных станциях, а на вводимых вновь [30].

4.4.5. Энергоэффективность экономики и экологическая безопасность энергетики

В отличие от большинства стран мира Россия обладает практически всеми видами энергетических ресурсов, необходимых для устойчивого роста экономики. Однако по ряду исторических причин потребление природных ресурсов в экономике России намного превышает средний по миру уровень потребления на единицу производимой продукции.

Энергоэффективность экономики оценивается по показателям энергоёмкости – затратам энергии (кВт·ч) или энергоресурсов (обычно в тоннах нефтяного эквивалента, тнэ) на единицу (в долларах США) ВВП. Показателем экологической безопасности экономики в наше время может служить карбоноёмкость – выброс CO₂ на 1 долл. ВВП.

Энергоэффективность экономики

По показателям энергоэффективности Россия, как и другие страны бывшего СССР (Украина, Казахстан), выглядит безнадежно отставшей. В то время как энергоёмкость ВВП в среднем по миру за период 1980–2000 годы снизилась на 19% (в развитых странах – на 21–27%), в России за этот период энергоёмкость ВВП возросла на 18%. Согласно оценкам отечественных экспертов, в конце 1990-х годов потребление энергоресурсов на единицу национального дохода превысило показатели для развитых стран до 10 раз (табл. 4.14). Те же показатели в 2008 году выглядели

Таблица 4.14. Удельные показатели энергопотребления по некоторым странам (тонн в нефтяном эквиваленте на 1 тыс. долл. ВВП, по состоянию на 1999 год) [22]

Страна	Общие затраты энергоресурсов	Затраты электроэнергии
Россия	1,59	0,17
Канада	0,38	0,08
США	0,35	0,05
Великобритания	0,22	0,03
Германия	0,20	0,03
Франция	0,19	0,03
Япония	0,15	0,02

следующим образом (тнэ на 1000 долл. ВВП): Россия – 0,61; США – 0,28; Германия – 0,21; Япония – 0,17. На современном этапе (2007 год) энергоемкость экономики России в 2,3 раза превышает среднемировой показатель и в 3,1 раза – для стран ЕЭС. По данным Международного энергетического агентства (2006 год), Россия является одной из самых энергоемких стран мира; притом, что в РФ потребляется порядка 6% мировой энергии, энергоемкость ВВП России в 11 раз выше, чем в Германии, в 6 раз выше, чем в Канаде, в 4 раза больше, чем в Польше [22, 34, 35].

Эта катастрофическая ситуация для страны, претендующей на достойное место в ряду экономически развитых государств, связана прежде всего с нарастающей технологической отсталостью энергоемких отраслей промышленности и автотранспортной инфраструктуры, на которые приходится 2/3 всего потребления энергии, и крайне неэффективным коммунальным хозяйством. Например, в СССР отсутствовал стандарт энергоэффективности строящихся зданий, в результате сейчас на отопление 1 м² жилой площади в России уходит в 20 раз больше тепловой энергии, чем в Дании. Другие серьезные причины отсталости – экономический кризис 1990-х годов, а также недооценка стоимости энергоресурсов, прежде всего газа, не стимулирующая энергосбережение [34].

По приведенным в Энергетической стратегии-2020 [18] оценкам, в 2003 году потенциал энергосбережения составил 360–430 млн. ТУТ энергоресурсов, из которых, по мнению экспертов, более 35% теряются из-за использования давно устаревших технологий и изношенного оборудования. Потери электроэнергии происходят на всех стадиях – от производства (20% всех потерь), через распределение (40% потерь) до потребления (40%). Внедряя освоенные в отечественной и мировой практике организационные и технологические меры по энергосбережению, можно сократить расход энергоресурсов в среднем на 40%, или на 350 млн. ТУТ. Из них порядка 130 млн. ТУТ можно сэкономить, снизив непроизводительные энергопотери в зданиях, 80 млн. ТУТ – в промышленности, примерно столько же при производстве, передаче и распределении тепловой энергии и около 60 млн. ТУТ – при производстве электроэнергии. Эти цифры сравнимы с годовым энергопотреблением развитых европейских государств [36].

Энергосбережение имеющихся ресурсов, а также поиск альтернативных источников энергии становятся актуальными национальными задачами. Согласно директивам действующей Энергетической стратегии-2020 [18], предполагается существенное повышение эффективности потребления топлива и электроэнергии в экономике и ЖКХ: перестройка структуры экономики и технологические модернизации должны уменьшить энергоемкость ВВП на 26–27% к 2010 году и до 55% к 2020 году.

По мнению специалистов Центрального экономико-математического института РАН (ЦЭМИ), повышение внутренней цены на природный газ в целом должно иметь положительный эффект для экономики, поскольку

заниженная цена на этот вид сырья создает у потребителей неверное представление о его дешевизне, что в свою очередь лишает стимула для внедрения менее энергоемких технологий производства. В долгосрочной перспективе это может привести к снижению конкурентоспособности российских предприятий. По расчетам экспертов ЦЭМИ, до 2010 года с повышением внутренних цен на природный газ и, следовательно, на электроэнергию возможен рост ВВП порядка 6% [35].

Надежду внушает перспектива трансформации энергобаланса России в сторону газа, ядерной энергетики и возобновляемых («альтернативных») источников энергии в сочетании с модернизацией энергогенерирующего оборудования (парк турбин) и технологий и внедрением энергосберегающих технологий во всех отраслях хозяйства. С начала 1980-х годов Россия поддерживает четырехкомпонентную структуру электроэнергетики – природный газ, уголь, ядерная и гидроэнергия, при этом российская электроэнергетика остается зависимой от одного вида топлива – природного газа. Основная причина доминирующей роли газа в структуре топливного баланса – ошибочная политика ценообразования на энергоносители для электростанций, когда цены на уголь в 1,5 раза превышают цены на газ. Директивы Энергетической стратегии-2020 [18] предписывают в период с 2006 по 2020 год за счет роста суммарной доли выработки электроэнергии на ядерных и гидроэлектростанциях (с 32 до 36%) медленную трансформацию структуры потребления топлива на тепловых электростанциях: снижение доли газа с 68 до 56%, снижение потребления мазута с 3,6 до 1,6%; интенсивный рост доли угля – с 25,3 до 39,5%.

Экологическая безопасность энергетики

Экологически ответственное использование природных ресурсов позволит существенно снизить уровень негативного воздействия на окружающую среду, поскольку сегодня именно добыча, транспортировка и использование энергоресурсов формируют более 50% общего загрязнения атмосферы, водных объектов и земель. Наибольшая угроза связана с выбросами парниковых газов, прежде всего диоксида углерода (CO_2).

Экологические аспекты производства энергии становятся важным элементом при определении направлений развития энергетики. В этой связи большое значение имеют показатели воздействия различных энергетических технологий на окружающую среду, такие как карбоноёмкость экономики, определяемая в основном выбросами CO_2 в энергетическом секторе. По этому показателю Россия превышает страны с развитой промышленностью в 2–6 раз (рис. 4.7). При выборе перспективных направлений развития ТЭК необходимо рассматривать экологическое воздействие энергетических технологий в числе основных показателей их социально-экономической эффективности. Например, при анализе воздействия ядерной энергетики на окружающую среду основное внимание традиционно уделя-

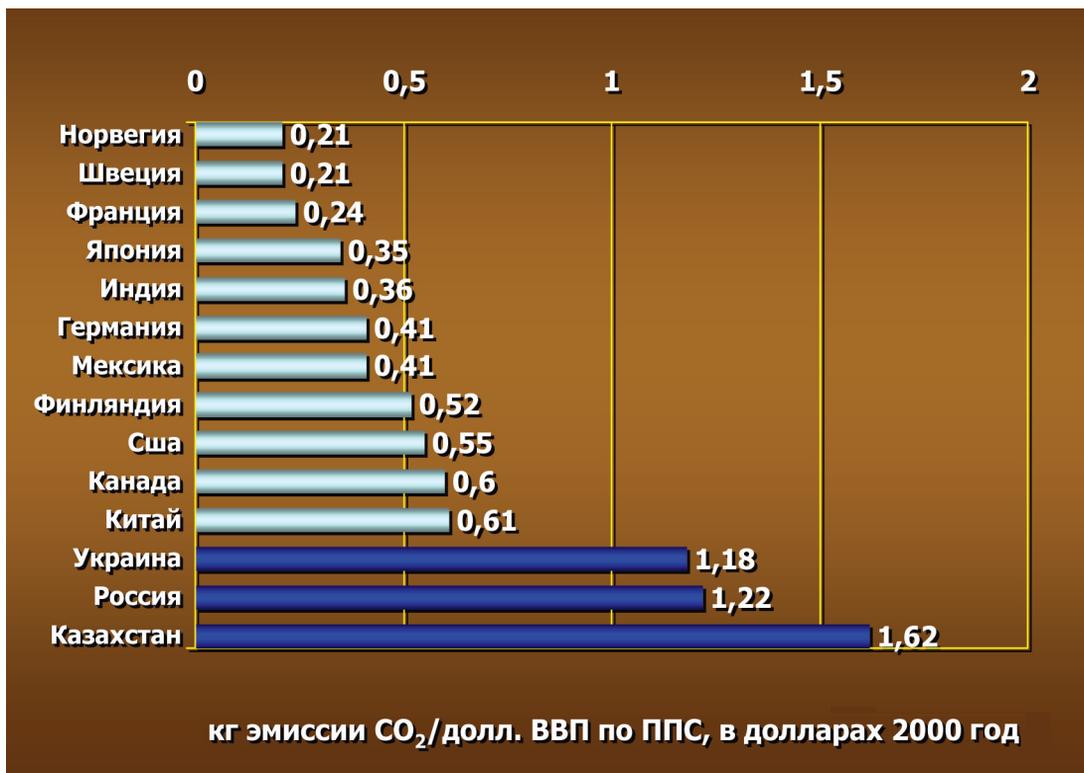


Рис. 4.7. Карбоноёмкость ВВП различных стран [34]

ют проблеме обращения с радиоактивными отходами. Однако такое же внимание следует уделить проблеме выбросов в атмосферу и поверхностные воды при экологическом анализе энергетики на углеводородном топливе. Учет экологических эффектов – таких, как эмиссия парниковых газов (в особенности CO_2), делает ядерную энергетику и ВИА наиболее перспективными альтернативами при решении глобальной проблемы изменения климата.

4.5. Резюме. Состояние природных ресурсов России в современный период

Состояние природных ресурсов оценивается по их запасам, потреблению и степени деградации (истощения) в 2006–2008 годах [5, 6].

Возобновляемые ресурсы

Атмосферный воздух. Кислород – важный экологический ресурс, требующий учета и нормирования наряду с другими природными ресурсами. По сравнению с массой кислорода в атмосфере ($\sim 10^{15}$ т), его годовой антропогенный сток ($\sim 10^{10}$ т/год), с учетом обратного потока от источников, можно охарактеризовать как ничтожно малый ущерб. В то же время антропогенный сток O_2 становится вполне значимой величиной (5–6%) в суммарном глобальном естественном стоке кислорода за счет процессов дыхания и деструкции живого вещества ~ 300 Гт кислорода в год. Баланс кислорода рассматривается рядом авторов при оценке экологического состояния регионов [3, 4].

Земельный фонд. Площадь *земельного фонда* Российской Федерации на 1 января 2008 года составила 1709,8 млн. гектаров, из них:

- земли сельскохозяйственного назначения 403,2 млн. гектаров (в их составе площадь сельскохозяйственных угодий 195,6 млн. гектаров);
- земли поселений – 19,2 млн. гектаров;
- земли промышленности, энергетики, транспорта, связи и земли иного специального назначения – 16,7 млн. гектаров;
- особо охраняемые территории – 34,4 млн. гектаров;
- земли лесного фонда – 1105,0 млн. гектаров, т.е. почти 2/3 всего земельного фонда России;
- земли водного фонда – 27,9 млн. гектаров;
- земли запаса – 103,4 млн. гектаров.

В результате неудовлетворительного экономического состояния сельского хозяйства и деградации земель в период с 1990 по 2007 годы площадь всех сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации сократилась на 1841 тыс. гектаров. На 1 января 2006 года общая площадь нарушенных земель составила 1116,7 тыс. гектаров. Более половины земель этой категории (55,4%) нарушены при разработке месторождений полезных ископаемых и проведении геологоразведочных работ, 20% – при торфоразработке, 11,9% – при строительстве [5].

Почвенный покров сельскохозяйственных угодий, особенно пашен, практически во всех субъектах Российской Федерации по-прежнему подвергается деградации, загрязнению, захламлению и уничтожению. *Водной эрозии* подвержено 17,8% площади сельскохозяйственных угодий, *ветровой эрозии* – 8,4%, *переувлажненные и заболоченные земли* занимают 12,3%, засоленные и солонцеватые – 20,1% сельскохозяйственных угодий. Продолжаются *загрязнение земель тяжелыми металлами* и другими химическими веществами, *захламление земель* отходами производства и потребления (см. п. 6.3, 6.4).

В настоящее время классификация земель является единственным объективным методическим инструментом, обеспечивающим возможность эффективно решать вопросы, связанные с оценкой качества сельскохозяйственных земель, их зонированием для установления видов разрешенного использования.

Природные воды. Основой возобновляемой части ресурсов *пресной воды* в России является речной сток: около 4300 км³ местного стока, или 10% мирового речного стока. Россия характеризуется достаточно высокой удельной водообеспеченностью – около 260 000 м³/км² в год и около 30 000 м³/год на одного жителя (среднемировой показатель – 8000 м³/год на одного жителя планеты) [5, 9].

В ресурс *пресной воды* не включены запасы, содержащиеся в озерах и водохранилищах, хотя объем воды в них на три-четыре порядка больше, чем в руслах рек. В озерах России сосредоточено 26 500 км³ (в Байкале – около 23 000 км³). Важными аккумуляторами воды являются также болота, ледники, наледи и снежники – около 45 000 км³ воды [12].

Потенциальные эксплуатационные ресурсы *подземных вод* России оцениваются в 316,8 км³/год (870·10⁶ м³/сут), в том числе на ЕТР и АТР – соответственно 119,7 км³/год (37,8%) и 197,1 км³/год (62,2%). Ориентировочный модуль прогнозных ресурсов изменяется в пределах 0,45–2 л/с на 1 км², для центральных районов европейской территории России – в пределах 1,2–1,7 л/с на 1 км². На территории России для хозяйственного, производственно-технического водоснабжения и орошения земель разведано 3752 месторождений подземных вод. В эксплуатации находятся 1765 месторождений с оборотом 5,8 км³/год. Суммарные эксплуатационные запасы разведанных месторождений подземных вод составляют 30,2 км³/год (9,5% прогнозного ресурса), из них подготовлено для промышленного освоения 19,8 км³/год. Степень освоения эксплуатационных запасов подземных вод в среднем по России не превышает 19%, изменяясь от 8% в Северном экономическом районе до 31% в Центрально-Черноземном [9].

Суммарный забор воды из природных водных объектов в 2007 году составил 80,0 км³, из них 64,4 км³ пресной воды из поверхностных источников (т.е. 1,5% речного стока), 10,2 км³ пресной воды из подземных источников (34% освоенных запасов) и 5,3 км³ морских вод [5].

Структура водопотребления характеризуется следующими показателями: производственные нужды – 60,8%; хозяйственно-питьевые нужды – 18,6%; орошение – 13,4%; сельскохозяйственное водоснабжение – 1,0%; прочие нужды – 6,2%. В 2007 году суммарные потери забранной воды только при транспортировке составили более 8 км³, т.е. около 11% забираемого запаса пресной воды. Наибольшие потери воды – 26% объема забираемой воды в год – происходят в орошаемом земледелии [5].

Объем *сточных вод*, сброшенных в поверхностные водные объекты, в 2007 году, составил 51,4 км³. К категории загрязненных отнесено 17,18 км³ сточных вод (33% их общего объема). Основной объем загрязненных сточных вод сброшен водопользователями, относящимися к разделам ОКВЭД «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» (52,5%) и «Обрабатывающие производства» (19,2%).

Эффективность использования водного ресурса в экономике разных стран характеризует величина водопотребления на единицу ВВП (м³ на 1 долл. ВВП): Россия – 0,3; Беларусь – 0,22; Швеция – 0,012; Великобритания – 0,007 [13]. Комментарий явно не нужен.

Основная доля объема использованной и сброшенной сточной воды приходится на предприятия электроэнергетики и ядерной энергетики. К 2000 году на ядерную отрасль приходилось около 20% (7,7 км³) всего объема воды, забранной для нужд промышленности [11]. Значительная (более 20%) доля потребления пресной воды предприятиями ЯТЦ от общего объема забора этого ресурса в области (субъекте Федерации) имеет место в Воронежской, Курской, Мурманской, Смоленской, Томской областях, Красноярском крае, Удмуртии; в Томской области эта доля достигает почти 80%. В остальных областях, где расположены объекты ЯТЦ, они забирают менее 1% объема пресной воды, т.е. не могут быть причиной регионального кризиса водопотребления. Потери в целом по ядерной отрасли составляют около 0,3% всего объема забранной воды, т.е. являются самыми низкими среди всех отраслей народного хозяйства.

Проблемы обеспеченности водой сводятся в основном к следующим:

- недостаток водных ресурсов в некоторых, как правило, наиболее населенных регионах с развитой промышленностью или сельским хозяйством;
- негативные последствия активного использования речного стока для ирригации;
- негативные последствия строительства водохранилищ, плотин, гидроэлектростанций и перераспределения стока;
- загрязнение поверхностных и подземных водных ресурсов разнообразными отходами промышленности, сельского хозяйства, бытовыми стоками и нефтепродуктами;
- сокращение сети малых рек и осушение болот, что влечет за собой системные перестройки окружающих биогеоценозов и в целом сказывается на водном балансе и микроклимате [12].

Россия имеет достаточные ресурсы пресной воды на длительный исторический период времени при условии сохранения ресурсов от продолжающегося безответственного загрязнения и истощения региональных природных запасов.

Лесные ресурсы. Леса России составляют 22% лесов мира. Общая площадь лесных земель РФ на 1 января 2008 год – 1180 млн. гектаров (69% площади земельного фонда России), лесистость территории России – 45,5%, площадь покрытых лесом земель стабильно растет [5].

Леса России по преимуществу бореальные. Основные лесообразующие породы в лесном фонде РФ: *лиственница, сосна, ель, кедр, дуб, бук, береза, осина*; они занимают более 90% земель, покрытых лесной растительностью. Около 50% площади хвойных пород представлено спелыми и перестойными насаждениями. В целом по РФ отмечается улучшение возрастной структуры хвойных лесов (приближение к нормальному распределению). Лишь 45% площади лесов представляет интерес и доступно для эксплуатации, но преобладающая их часть – на Европейском Севере и вдоль Транссибирской магистрали – значительно истощена в результате интенсивной эксплуатации в XX столетии.

К концу 2005 года общий запас древесины в лесном фонде составил 76,7 млрд. м³, в том числе спелых и перестойных 43,0 млрд. м³. В целом по стране средний запас древесины на 1 га в спелых и перестойных насаждениях (без кустарников) составляет 132 м³/га, а в лесах, возможных для эксплуатации, 162 м³/га. Ежегодный средний прирост запаса древесины в лесах России – 935 млн. м³, или 1,22 м³ на 1 га земель, покрытых лесной растительностью. Запас древесины, возможный для эксплуатации, – около 40 млрд. м³, а запас спелых и перестойных насаждений, возможных для эксплуатации, – около 23 млрд. м³. Расчетный объем допустимых заготовок древесины (расчетная лесосека) составляет около 700 млн. м³, т.е. около 1,6% запаса древесины в спелых и перестойных лесах. Площадь участков лесного фонда, переданных в 2007 год в аренду для заготовки древесины, составила 118 млн. гектаров; установленный объем рубки древесины на этих участках – 148 млн. м³, т.е. около 21% расчетной лесосеки, 16% ежегодного прироста древесины и менее 0,4% запаса древесины в спелых и перестойных насаждениях [5, 6].

Пожары и вредители. Общая площадь погибших лесных насаждений в 2005 год составила 988,2 тыс. гектаров. Во всех лесах России в 2005 году возникло 19,2 тыс. пожаров, которыми пройдено 845 тыс. гектаров лесных земель, от пожаров погибло 465 тыс. гектаров лесов – менее 0,1% площади древостоев или 47,1% площади всех погибших насаждений. Причиной 78% случаев возникновения лесных пожаров явился антропогенный фактор. В 2005 году *насекомые-вредители* и *болезни леса* остаются вторым по значению негативным фактором после лесных пожаров [6].

Бюджет углерода. Чистое ежегодное депонирование (баланс) углерода в живой и мертвой биомассе лесов страны примерно равно 510 млн. тонн в год. Это составляет около трети углеродного баланса, рассчитанного для всех лесов земного шара. В таком объеме депонирования леса России полностью компенсируют промышленные выбросы углекислого газа в стране [6].

Общее состояние лесных ресурсов РФ в 2005 году можно характеризовать как удовлетворительное, имея в виду прежде всего значительный положительный баланс запаса, прироста и расхода ресурса в целом по стране. Это заключение не снимает остроты проблемы ущерба лесонасаждениям в результате незаконных и браконьерских порубок леса (по некоторым данным, до 25% объема заготовок товарной древесины), а также гибели и повреждения леса пожарами и вредителями [6].

Животный мир, в том числе рыбные ресурсы. Животный мир [5]. На территории Российской Федерации обитает около 60 видов млекопитающих и 70 видов птиц, являющихся постоянными объектами охоты. В 2004–2007 годы наблюдался рост численности большинства особо ценных видов охотничьих животных. Объемы добычи пернатой дичи в большинстве регионов России существенно ниже предельно допустимой величины и не истощают ресурсы охотничьих птиц [5].

Морские рыбные ресурсы [5]. **Баренцево море.** Промысловый запас основного промыслового вида – *трески* – в 2007 году составил 1504 тыс. тонн, *пикши* – 580 тыс. тонн, *морской камбалы* – 73,5 тыс. тонн.

Белое море. Промысловый запас *беломорской сельди* в 2007 году оценивался на уровне 10,2 тыс. тонн, общий вылов – 265 т. Условия естественного воспроизводства *семги* на большинстве рек Кольского полуострова нормальные.

Балтийское море. Основными видами являются *восточно-балтийская треска*, *балтийская сельдь (салака)*, *балтийский шпрот* и *лосось*. Запасы *балтийского шпрота* в последние годы достаточно стабильны, в 2007 году вылов России составил 23,9 тыс. тонн. Запасы *балтийского лосося* зависят в основном от масштабов его искусственного воспроизводства и находятся в относительно устойчивом состоянии.

Каспийское море. Снижение рыбных запасов в российской экономической зоне Каспия связано с общим ухудшением экологической обстановки, резким сокращением кормовой базы в 1990-х годах, а также растущим прессом браконьерства. Численность *осетровых* продолжает сокращаться и находится на катастрофически низком уровне. Вылов всех видов рыб в водах Российской Федерации на Каспийском море в 2007 году составил 60 тыс. тонн. Наибольший промысловый запас имеет *килька* – более 1 млн. тонн.

Черное море. Запасы *шпрота* в пределах российских вод составляют не менее 130 тыс. тонн, улов достиг лишь 26% ОДУ, равного 50 тыс. тонн. Усилилась тенденция увеличения запаса *ставриды*. К 2007 году промыс-

ловый запас азово-черноморских кефалей стабилизировался на уровне около 4 тыс. тонн.

Азовское море. Практически потеряны промысловые запасы ставриды и осетровых видов рыб вследствие браконьерского и ненормативного лова. В последние годы запас *тюльки* находится на стабильном, относительно высоком уровне ~ 400 тыс. тонн. Промысловый запас *хамсы* в 2007 году составил 70 тыс. тонн, *полупроходного судака* – 3,3 тыс. тонн. Из-за несоблюдения научных рекомендаций и высокого уровня неучтенного вылова возможна потеря *судака* как основного промыслового объекта Азовского бассейна.

Моря Дальнего Востока. В 2007 году в морях Дальнего Востока было выловлено 2048 тыс. тонн рыбы. Вылов *минтая*, наиболее массового объекта промысла, составил 1211 тыс. тонн, *тихоокеанской сельди* – 164 тыс. тонн, *трески* – 53 тыс. тонн, *наваги* – 24,7 тыс. тонн. Отмечена тенденция роста запасов *камбал*, запасы *палтусов* относительно стабильны, запасы *сайры* находятся на очень высоком уровне. Важнейшими объектами промысла в дальневосточном регионе являются тихоокеанские лососи, запасы которых находятся на очень высоком уровне; вылов лососей в 2007 году достиг рекордного уровня – 340 тыс. тонн.

Морские млекопитающие [5]. Результаты осуществлявшегося до 2007 года мониторинга популяций морских млекопитающих России не выявили в большинстве случаев каких-либо принципиальных изменений в их состоянии. Это в значительной степени связано с сокращением промышленной добычи морских млекопитающих до минимума по причинам нерентабельности.

Промысловые беспозвоночные [5]. Баренцево море и прилегающие акватории. С 2004 года открыт промышленный лов *камчатского краба*, промысловый запас которого в ИЭЗ России в Баренцевом море оценен в 10,7 млн. экз.; фактический вылов составил 2365 тыс. экз. Промысел *исландского гребешка* в 2007 году составил 2872 тонн.

Дальневосточные моря. Запасы *камчатского краба* используются очень интенсивно, причем нелегальный браконьерский промысел значительно превышает легальный, что из года в год приводит к многократному превышению фактического вылова по отношению к ОДУ. В Японском море в хорошем состоянии остаются запасы только глубоководного красного краба-стригуна, ОДУ ~ 14 тыс. тонн при фактическом изъятии около 2 тыс. тонн. В дальневосточных морях запасы *северной креветки* находятся в стабильном состоянии и позволяют добывать здесь примерно 5,7 тыс. тонн ежегодно. Из моллюсков на первом месте по значимости стоят кальмары, потенциальный вылов которых в дальневосточных морях России может быть увеличен до 300 тыс. тонн и более.

Рыбные ресурсы в пресноводных водоемах [5, 6]. Официальный вылов рыбы в пресноводных водоемах Российской Федерации

в 2007 году составил около 66,5 тыс. тонн. На большинстве водоемов продолжается сокращение запасов ценных хищных видов рыб – *судака, щуки, налима, сома* вследствие чрезмерной промысловой нагрузки на их популяции. Интенсивность браконьерского вылова *осетровых и пресноводных лососевых* намного превышает воспроизводство, что приводит к подрыву популяций.

Общая оценка рыбных ресурсов [6]. Состояние морских рыбных ресурсов, на которые приходится более 95% добычи, в целом характеризуется как удовлетворительное. Рыбные запасы большинства внутренних водоемов за последние десятилетия сократились до предельно низкого уровня вследствие загрязнения природных вод промышленными и коммунальными стоками, регулирования речного стока для нужд ГЭС, ненормативного и браконьерского лова, судоходства и других негативных факторов хозяйственной деятельности. В результате хищнического лова произошли негативные количественные и качественные изменения видового состава ихтиофауны внутренних водоемов, подорвано воспроизводство наиболее ценных пород осетровых и лососевых рыб в бассейнах Белого, Балтийского, Азовского и Каспийского морей.

Минеральное сырье

Доля России в мировой добыче полезных ископаемых оценивается величиной около 14% [14–17]. Значительная доля разведанных рудных запасов находится в труднодоступных и малоосвоенных северных и восточных регионах страны, в которых отсутствует необходимая транспортная и промышленная инфраструктура. Россия производит около 11% мировой выплавки *алюминия* (второе место после США), при этом в России находится только 1% мировых запасов бокситов. Россия владеет 30% мировых запасов *железной руды*, при сохранении уровня добычи 1995–2000 годов запасов *железной руды* хватит на 15–20 лет. Россия производит 20% мирового рынка *никеля*, 50% *палладия*, 10% *кобальта*, 10% *бора*, 5% *кадмия* и 4% *вольфрама*. Россия владеет около 10% мировых запасов *меди*. Страна испытывает недостаток в *хроме* и *марганце* для производства ферросплавов. Уровень добычи и выплавки *свинца* ниже уровня потребности, в то время как производство *цинка* удовлетворяет спрос.

В целом, Россия обладает достаточными рудными запасами практически всех необходимых для нужд экономики металлов и химических элементов, однако обеспеченность добычи разведанных ресурсов этих ископаемых невелика: запасов металлических руд при сохранении уровня добычи в 2000 году хватит от 10 до 30 лет.

Энергетические ресурсы

Уголь и углеводородное топливо [18–23]. Россия полностью обеспечена ресурсами углеводородного топлива: *нефтью* и *газовым конденсатом*.

том, газом, уголем, сланцами и торфом. Три первых вида топлива являются основными, составляя около 90% в современном топливно-энергетическом балансе России. Найденные запасы нефти достигают 6,7 млрд. тонн (4,6% мировых запасов). Прогнозные ресурсы нефти оцениваются в 44 млрд. тонн, газа – 48 трлн. м³, угля – более 200 млрд. тонн, что составляет соответственно 11–13% (нефть), 42% (газ) и 12% (уголь) мировых прогнозных ресурсов. Структура потребления основных видов углеводородного топлива имеет в целом стабильные показатели. Потребление газа в России имеет преимущественную энергетическую направленность. Современное состояние ресурсной базы углеводородного сырья характеризуется снижением разведанных запасов нефти и газа и низкими темпами их воспроизводства. Считается, что прогнозные запасы ТЭР в РФ достаточны для необходимого развития ТЭК, *однако время дешевых энергоресурсов в стране закончилось*. С учетом текущего (2007 год) и прогнозируемого уровня потребления нефти, газа и угля обеспеченность их добычи оценивается соответственно в 70, 80 и порядка 1000 лет.

Ядерное топливо [15, 18, 27]. Ежегодная потребность современной (2007 год) ядерной энергетики России оценивается в 2800–3300 т/год природного урана при получении энергии в реакторах на тепловых нейтронах, а с учетом экспортных поставок ядерного топлива – около 6000–7700 т. Суммарные запасы природного урана в России при средней стоимости добычи оцениваются на уровне 240 тыс. тонн. В сумме по всем категориям к началу нынешнего столетия природные ресурсы урана в России оценивались в размере около 1 млн. тонн, т.е. около 10% потенциальных мировых запасов. Независимые эксперты делают вывод о недостатке запасов природного урана в России для обеспечения заявленных темпов развития ядерной энергетики на «тепловых» реакторах: с 9000 т/год в 2004 году до 29 000 т/год к 2050 году; эти потребности могут быть покрыты за счет собственных ресурсов примерно на 60%. Общий вывод: **имеющиеся российские и мировые запасы природного урана не могут обеспечить устойчивого и долговременного развития ядерной энергетики на тепловых нейтронах [27].** В будущем утилизацию оружейного плутония следует рассматривать в качестве первого этапа создания технологии замкнутого ядерного топливного цикла с реакторами на быстрых нейтронах.

Гидроресурсы и другие возобновляемые источники энергии. Гидроресурсы. На территорию России приходится около 8,3% мировых потенциальных гидроэнергетических ресурсов рек планеты, т.е. 330 млн. кВт и 2896 млрд. кВт·ч/год. Технический гидроэнергетический потенциал рек России оценивается величиной 1670 млрд. кВт·ч [29], экономический гидроэнергетический потенциал – 850 млрд. кВт·ч, 29% общего гидроэнергетического потенциала стока рек России, 8,7% мировых экономических гидроэнергетических ресурсов. Степень освоения экономического потенциа-

ла в России – около 20%, доля гидроэнергетики в производстве электроэнергии – 17%. Эти показатели использования *гидроэнергетических ресурсов* в России близки к среднемировым: степень освоения мировых гидроресурсов немногим больше 20%, доля гидроэнергетики в мировом производстве электроэнергии – около 15% [29]. Освоение *гидроресурсов* наиболее эффективно в восточных районах страны, поскольку себестоимость электроэнергии там в 4–5 раз ниже, чем в европейской части страны. При этом потенциал гидроэнергии в европейской части России практически исчерпан. Сооружение крупных ГЭС на великих сибирских реках связано с большими экологическими рисками и с потерей основного конкурентного преимущества ГЭС – низкой себестоимости энергии, ввиду необходимости строить дорогостоящие ЛЭП с большими потерями при передаче энергии. В европейской части страны перспективно развитие гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС).

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ). Технический потенциал возобновляемых источников энергии в России составляет порядка 4,6 млрд. ТУТ в год, т.е. в 5 раз превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов страны, а экономический потенциал определен в 270 млн. ТУТ в год, т.е. порядка 25% годового внутреннего потребления энергоресурсов в стране [18]. Полное количество энергии, производимой за счет ВИЭ, в общем энергетическом балансе страны пренебрежимо мало – порядка 0,1–0,6%. По уровню использования наиболее доступного вида ВИЭ – энергии ветра – Россия находится на одном из последних мест в Европе, отставая от лидеров (Германия, Испания) по использованию ветроэлектростанций в тысячу раз [32]. Одна из основных проблем – отсутствие в России производственного оборудования для современных ветряных станций. Для оживления «экологической» энергетики нужны меры экономического стимулирования, а также ограничения на выброс вредных веществ в атмосферу на вводимых вновь электростанциях [30].

Энергоэффективность экономики и экологическая безопасность энергетики. Энергоэффективность экономики. Энергоэффективность экономики оценивается по показателям энергоемкости – затратам энергии (кВт·ч) или энергоресурсов (тнэ) на 1 долл. ВВП. По показателям энергоэффективности Россия выглядит безнадежно отставшей. В конце 1990-х годов энергоемкость экономики России превысила показатели для развитых стран до 10 раз. Те же показатели в 2008 году выглядели следующим образом (тнэ на 1000 долл. ВВП): Россия – 0,61; США – 0,28; Германия – 0,21; Япония – 0,17. На современном этапе (2007 год) энергоемкость экономики России в 2,3 раза превышает среднемировую показатель и в 3,1 раза – для стран ЕЭС [22, 34, 35].

Эта катастрофическая ситуация связана прежде всего с нарастающей технологической отсталостью энергоемких отраслей промышленности и автотранспортной инфраструктуры, на которые приходится 2/3 всего по-

требления энергии, и крайне неэффективным коммунальным хозяйством. Другая серьезная причина отсталости – недооценка стоимости энергоресурсов, прежде всего газа, не стимулирующая энергосбережение. В 2003 году потенциал энергосбережения в России оценивался в 360–430 млн. тут энергоресурсов, что сравнимо с годовым энергопотреблением развитых европейских государств [34, 36].

Энергосбережение и развитие возобновляемых («альтернативных») источников энергии становятся актуальными национальными задачами. Перестройка структуры экономики и технологические модернизации должны уменьшить энергоемкость ВВП на 26–27% к 2010 году и до 55% к 2020 году [18].

Экологическая безопасность энергетики. Показателем экологической безопасности экономики в наше время может служить карбоноёмкость – выброс CO_2 на 1 долл. ВВП, поскольку в наше время наибольшая угроза природному равновесию связана с выбросами парниковых газов, прежде всего CO_2 в энергетическом секторе. Карбоноёмкость экономики России превышает этот показатель для стран с развитой промышленностью в 2–6 раз. При выборе перспективных направлений развития ТЭК учет экологических эффектов, таких, как эмиссии парниковых газов (в особенности CO_2), делает ядерную энергетiku и ВИА наиболее перспективными альтернативами способов производства энергии [34].

Список литературы

1. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: ИЦ "Россия молодая", 1992. – 363 с.
2. Семенов С.М. Парниковые газы и современный климат Земли. – М.: ИЦ "Метеорология и гидрология", 2004. – 145 с.
3. Хлобыстов Е.В. Методология анализа и нормирования экологической безопасности промышленного производства // Экология городов и рекреационных зон: Матер. междунар. научн.-практ. конф. – Одесса, 1998. – С. 87–94.
4. Руководство по охране окружающей среды в районной планировке / В.В. Владимиров и др. – М.: Стройиздат, 1986 – 160 с.
5. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году». Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: АНО «Центр международных проектов», 2008. – 502 с.
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2005 году». Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: АНО «Центр международных проектов», 2006. – 500 с.
7. Ретеюм А.Ю. Двенадцать лет из жизни страны. – М.: Хорион, 2004.
8. Романенко Г.А., Тютюнников А.И., Сычев В.Г. Удобрения. Значение, эффективность применения: Справочное пособие. – М.: Российская академия сельскохозяйственных наук, 1998.
9. Охрана окружающей среды в России: Статистический сборник. – М.: Госкомстат России, 2001. – 229 с.

10. Population Reference Bureau, 2001; Окружающая среда в Содружестве Независимых Государств. – М.: Статкомитет, 1996. – 204 с.

11. Государственный водный кадастр. Изд. официальное. – М., 2000.

12. Алексеевский Н.И., Гладкевич Г.И. Водные ресурсы в мире и в России за 100 лет // Россия в окружающем мире: 2003 (Аналитический ежегодник). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. – 336 с.

13. Барановская Т. По регламенту не выпьешь // Российская газета. – 2009. – № 112. – 23 июня. Экономика (Экология).

14. Levine R.M., Wallace G.J. Armenia, Azerbaijan, Belarus, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Russia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine and Uzbekistan // U.S. Geological Survey Minerals Yearbook, 2000.

15. Levine R.M., Wallace G.J. The Mineral Industries of The Commonwealth of Independent Armenia, Azerbaijan, Belarus, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, Russia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine and Uzbekistan // U.S. Geological Survey Minerals Yearbook, 2004.

16. Resource Extraction and Export in Russia // <http://www.sras.org/news2.phtml?m=656,04.09.2007>.

17. The World Factbook // <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/rs.html#Econ>.

18. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. – Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 1234-р от 23 августа 2003 года.

19. Нефтегазовая промышленность России в 1990 годах: Сб. статей. – М.: АО ВНИОЭНГ, 1999; Бюллетень иностранной коммерческой информации. – 2000. – 16 марта.

20. Баранов А.И. Накануне "большого передела". – Недра России. – 1999. – №6. – С. 38–43.

21. Производство важнейших видов промышленной продукции в 2008 году. – М.: Росстат, 2009.

22. Путь в XXI век: Стратегические проблемы и перспективы российской экономики – М.: Экономика, 2000. – С. 377–378.

23. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года (проект) // Рабочая группа по энергоэффективности и развитию возобновляемой энергетики Комитета по энергетической политике Российского союза промышленников и предпринимателей. – М., 2008.

24. Стратегический ресурс // Российская газета. – 2009. – № 6. – 8 апреля. Экономика (Топливо-энергетический комплекс).

25. http://statistika.ru/nature/2007/11/19/nature_9324.html.

26. Сутурин А. Баррель уходит в запас // Российская газета. – 2009. – № 6. – 8 апреля. Экономика (Топливо-энергетический комплекс).

27. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века (Основные положения) // Бюллетень ЦОИ Миантома России. – 2000. – № 6. – С. 4–17.

28. Батенин В.А., Масленников В.М. Проблемы российской энергетики // Энергия: экономика, техника, экология. – 1999. – № 10. – С. 7–13.

29. Евстигнеев В.М. Гидроэнергия: статья на сайте Научный портал ВИНТИ (<http://science.viniti.ru>).

30. Зыков С. Деньги на ветер. // Российская газета. 2009. – № 112. – 23 июня. Экономика (Экология), с. А11.

31. Использование возобновляемых источников энергии в России (Российский национальный доклад) // Бюллетень ЦОИ Минатома. – 1998. – № 10. – С. 53–60.

32. Тарараева Е. Перспективы ветроэнергетики в странах Европы // Бюллетень по атомной энергии. – 2004. – № 12. – С. 42–43.

33. Разработка стратегии развития подотрасли атомной энергетике в рамках долгосрочной комплексной государственной топливно-энергетической программы Российской Федерации на период до 2010 года «Энергетическая стратегия России». Минатомэнерго РФ, ЦНИИАтоминформ, Инв. № 378/0. – М., 1993.

34. Милов В. Эффективность – вот главная альтернатива // Le Monde diplomatique. – 2007. – № 2 (февраль). – С. 12 (русское издание: Новая газета. – 2007. – № 15).

35. Анисимова А. Энергосбережение в России – успеть, чтобы выжить // ИТАР-ТАСС. 2007. 8 октября (http://www.itartass.spb.ru/?url=articleread&article_id=80).

36. Комарова Н. Беспроигрышное решение // Российская газета. – 2009. – № 112 (23 июня). Экономика (Экология).

5. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Не грубые заблуждения, а тонкие неверные теории – вот что тормозит обнаружение научной истины.

Г.Х. Лихтенберг

5.1. Ограниченность ресурсов

По Н.Ф. Реймерсу, экономика, основанная на принципах экстенсивного воспроизводства, неограниченного потребления и изъятия возобновляемых и невозобновляемых ресурсов, всегда противостоит принципам сохранения природы. Этот вывод имеет силу закона природы, поскольку он следует из второго закона термодинамики, примененного к процессам потребления вещества и энергии (природных ресурсов) для обеспечения экономических потребностей человека:

Любая (неограниченно растущая) открытая система может развиваться только за счет (деструкции) окружающей среды. Как следствие, экономическое (и любое другое) развитие человечества возможно при обязательном условии разрушения окружающей его природы, т.е. ускорения естественных темпов роста энтропии экосистем всех рангов [1].

На этом фоне отдельные всплески негэнтропии в краткосрочном отрезке времени – лишь флуктуации общего долгосрочного (вечного) стремления живых систем к достижению максимума энтропии. Пока развитие антропосистемы неизбежно разрушает природную среду, можно рассчитывать лишь на относительно кратковременные (в историческом масштабе) негэнтропийные успехи [1].

Необходимость ограничений в природопользовании обычно не осознается вплоть до того момента, когда стоимость природного ресурса превысит предел рентабельности (экономической выгоды) его эксплуатации.

Ресурсосбережение, т.е. снижение потребления сырьевых ресурсов при сохранении или увеличении объемов производства энергии и материальной продукции, – одно из важнейших условий устойчивого развития, поскольку понятие природного капитала лежит в основе концепции устойчивого развития. Ограничение и стабилизация потребления ресурсов наряду с ограничением роста народонаселения Земли и борьбой с загрязнением окружающей среды являются ключевыми проблемами, от которых зависит будущее человечества. Понятно, что наиболее остро задача ресурсосбережения стоит в отношении потребления невозобновляемых ресур-

сов, в особенности ископаемых энергоносителей – нефти, газа, угля и ядерного топлива. По этой причине одним из основных критериев, которые применяются при оценке эффективности различных производственных технологий, становится уровень потребления возобновляемых и невозобновляемых ресурсов – с учетом времени, за которое последние могут быть исчерпаны. Избитый тезис о «полной обеспеченности России природными ресурсами» следует воспринимать весьма относительно, о чем свидетельствует содержание гл. 4.

По мнению некоторых исследователей глобальных балансов, в настоящее время биосфера интенсивно разрушается, так как потребление энергии (изъятие органического вещества биоты) в целом в мире примерно в 10 раз выше допустимого уровня, обеспечивающего стабильность природных циклов (см. п. 3.2) [2].

Энергия, а с ней и топливно-энергетические ресурсы играют центральную роль в достижении целей устойчивого развития. Ископаемые виды топлива по-прежнему доминируют в глобальном использовании энерго-ресурсов (источников энергии). Как уже отмечалось выше (см. п. 4.4.5), потребление энерго-ресурсов в экономике России намного (до 10 раз) превышает уровень потребления в развитых странах на единицу производимой продукции (ВВП). Время дешевых энерго-ресурсов в стране закончилось. Положение усугубляет резкая диспропорция в соотношении разных видов топлива в суммарных разведанных запасах энерго-ресурсов и их долями в производстве энергии (табл. 5.1) – следствие отживающей сырьевой парадигмы экономики стран третьего мира, для которых экспорт природных ресурсов остается основным источником формирования ВВП [3].

Таблица 5.1. Прогнозные оценки обеспеченности России разведанными запасами и структура топливных ресурсов в производстве энергии [3]

Показатели	Нефть и конденсат	Газ	Уголь	Уран
Обеспеченность добычи в 2010 году разведанными запасами, крат	70	80	780	~ 100
Доля в разведанных запасах, условное топливо, %	10	14	40	36
Доля в производстве энергии, %	> 80		< 13	

Экономика не может существовать вне природных и трудовых (людских) ресурсов. Однако налицо абсурдная ситуация, когда важнейшие для экономики ресурсные циклы воспроизводства природного сырья и трудового населения оказываются вне производственной (экономической) сферы. Отсюда следует фундаментальный вывод о глубокой методологической связи и взаимозависимости экологии, экономики и социологии [4].

«Жесткое» (прямолинейное, «волевое») регулирование природных процессов всегда рискованно для экологии и экономики, а в итоге неэффективно в долгосрочном плане. На вид простые решения прямого использования природного ресурса на основе экономических критериев (без оценки долгосрочных экологических последствий) часто приводят к катастрофическому разрушению природных систем с огромными экономическими потерями, которые провоцируют новый виток «простых» решений возникших социально-экономических проблем. Примеров тому в истории человечества немало, один из самых ярких в современной истории – регулирование (по существу, безвозвратное отведение для орошения) водного стока рек Амударья и Сырдарья, приведшее к экологической катастрофе озера Арал и прилегающего региона. В качестве «очевидного» («простого») решения проблемы предлагался (и предлагается до сих пор) проект переброски значительной части стока сибирских рек в южные регионы России и в Среднюю Азию, т.е. очередное «простое» решение, чреватое новым витком экологических и экономических катастроф.

Для многих жизненно важных ресурсов отсутствуют достаточно точные количественные оценки запасов и темпов потребления, нет надежных моделей их расчета и изменения. Например, отсутствуют развитая модель для оценки динамики запаса кислорода в атмосфере Земли и соответственно прогноз изменения концентрации кислорода в приземном воздухе; по некоторым источникам, за 100 лет концентрация кислорода снизилась с 20,948% (норма) до 20,5%, т.е. почти на 0,5% [5].

Основной возобновляемый ресурс, жизненно необходимый для человека, – сама природа. Воспроизводство на научной основе природы для человека и оптимальное воспроизводство самих людей стали необходимостью [1].

С начала 1990-х годов, после краха коммунистических режимов, процесс унификации общемирового экономического пространства получил колоссальное ускорение. Конечная цель этого процесса – создать единый, унифицированный глобальный рынок производства продукции и товарооборота. Как это ни парадоксально, но одновременно с этим процессом экологическое движение шло в противоположном направлении. Для тех, кто предан делу защиты биосферы, рынок как ценообразующий механизм не предоставлял и не будет предоставлять большой помощи до тех пор, пока действующая структура самого ценообразования не станет надлежащим образом отражать стоимость объектов среды – потребляемых, используемых или просто имеющих. Вот почему экологическое движение в значительно большей степени опирается на госрегулирование и авторитет государства как арбитра в то время, когда страны выступают за отмену госрегулирования и полное или частичное отстранение государства от участия в производстве и торговле [6].

Рынки и системы учета зачастую не признают природные ресурсы, например воздух или воду, как активы в сугубо экономическом смысле этого слова и не дают правильной оценки основанной на этих ресурсах товарам и услугам. Причинами такого непризнания являются неправильные представления о ценностях тех или иных ресурсов в условиях их дефицита. В свою очередь, это делает порочным процесс принятия решений в отношении управления природными ресурсами, их рационального использования и возобновления. Если природные ресурсы должны наиболее эффективным образом содействовать устойчивому развитию, то их цена призвана полностью отражать всю совокупность расходов, связанных с их использованием, включая расходы на добычу, переработку и потребление, а также стоимость их последующего дефицита [6].

Таким образом, ограниченность природных ресурсов привела к пониманию того, что для рационального их использования следует прекратить бесплатную эксплуатацию природных богатств и безнаказанное загрязнение окружающей среды. Экономическая наука предлагает различные подходы к монетарной оценке природных ресурсов и установлению размеров платы за их использование. Ниже предлагается краткий обзор существующих подходов [7] к оценке стоимости природных ресурсов, используемых в области экономики природопользования в России.

5.2. Стоимость природных ресурсов

5.2.1. Существующие подходы

Затратный подход. В соответствии с ним стоимость природного ресурса определяется по величине затрат на его добычу, освоение или использование. Компания Watertech подсчитала среднюю стоимость добычи, обработки и доставки 1 м³ воды в офисные здания, расположенные в городах. В Германии 1 м³ воды стоит 1,91 долл. США, во Франции – 1,23, в Италии – 0,76, в Финляндии – 0,69, в Испании – 0,57, в США – 0,51, в Канаде – 0,40 долл. США [8].

На этом принципе основан расчет платы за забор воды промышленными предприятиями, действующий в настоящее время. Основным недостатком этого подхода является то, что ресурс лучшего качества, расположенный в более удобном для освоения месте, получает меньшую стоимость, в то время как его потребительская стоимость будет выше, чем стоимость менее «качественного» ресурса. Таким образом, данный подход не применим для стимулирования рационального природопользования.

Результативный подход. Согласно этому широко распространенному подходу экономическую стоимость имеют лишь те природные ресурсы, которые приносят доход. Другими словами, стоимость ресурса определяется денежным выражением первичной продукции, получаемой от эксплуатации природного ресурса, либо разницей между полученным доходом и

текущими затратами. Такой подход также имеет много недостатков с точки зрения рационального природопользования.

Во-первых, не для любого природного ресурса можно определить стоимость первичной продукции. К примеру, сырая нефть, добытая из скважины, имеет вполне определенную товарную стоимость, в то время как выделение доли дохода от воды в первичном продукте представляет сложную проблему, если это не товарная продукция (например, минеральная вода, используемая для непосредственного потребления).

Во-вторых, доход от использования ресурса может быть как прямым, так и косвенным, который очень сложно оценить адекватно. Это относится, в частности, к использованию природных объектов в рекреационных целях, к климатическим ресурсам территории и т.п.

В-третьих, при таком подходе не учитывается фактор времени. Неиспользуемый ресурс, не имеющий в соответствии с данным подходом стоимости, может быть использован и даже стать дефицитным в процессе освоения территории, развития новых технологий и производства в целом. Поэтому оценки потенциального эффекта на перспективу необходимы для планирования природопользования.

Затратно-ресурсный подход. В этом подходе при определении стоимости природного ресурса соединяются затраты на его освоение и доход от его использования. Данная концепция имеет то достоинство, что оценка природного ресурса, полученная таким способом, выше, чем в предыдущих случаях, что позволяет стимулировать его рациональное использование. Однако этому подходу присущи и все недостатки первых двух подходов.

Рентный подход. Большинство ученых использование теории ренты при оценке природных ресурсов признает наиболее верным. Например, авторы учебного пособия «Экономика природных ресурсов» [9] рассматривают теорию ренты в качестве главного методического подхода для объяснения важнейших понятий экономики природных ресурсов. Однако трактовки этой теории очень разнообразны, а предлагаемые способы исчисления ренты достаточно сложны и для многих природных ресурсов не разработаны. Эта сложность и неопределенность затрудняет внедрение рентных оценок и платежей в практику оценок природных ресурсов. Не вдаваясь в теоретические дискуссии, отметим лишь те позитивные моменты рентного подхода, которые направлены на рациональное использование природных ресурсов:

- а) лучший ресурс (использование которого дает относительно больший доход при одинаковых затратах) получает большую стоимость;
- б) затраты на освоение ресурса ориентированы на некий средний уровень, и, следовательно, их оценка более объективна;
- в) обоснована необходимость разделения собственника ресурса и его пользователя для возникновения категорий рентных платежей;
- г) рентные оценки учитывают факт ограниченности природного ресурса.

Отмеченные особенности рентного подхода необходимы для понимания принципов определения платы, которые будут сформулированы ниже.

Воспроизводственный подход. Данный подход сравнительно нов, поскольку связан с экологическим кризисом. Суть его состоит в том, что совокупность средообразующих (возобновляемых и невозобновляемых) природных ресурсов на определенной территории и состояние окружающей среды, приближенное к естественному (заданному) уровню, рассматриваются как некий стандарт, отправной уровень. В таком случае использование какого-либо природного ресурса должно подразумевать либо его восстановление в прежнем качестве и количестве (для возобновляемых ресурсов), либо компенсацию с учетом неухудшения стандарта качества окружающей среды в данном месте (для невозобновляемых ресурсов). Стоимость природного ресурса в данном случае определяется как совокупность затрат, необходимых для воспроизводства (или компенсации потерь) ресурса на определенной территории.

Подобный подход предполагает потенциальную дефицитность природных ресурсов и во многих случаях может привести к их завышенным оценкам. Однако, принимая во внимание тот факт, что в основных сырьевых регионах резервы экстенсивной эксплуатации природных ресурсов исчерпаны, а состояние окружающей среды близко к катастрофическому, именно подобный подход представляется нам наиболее верным.

Монопольно-ведомственный подход. В принципе, этот подход является разновидностью затратного. Считается, что именно данный подход был характерен для России в начале 1990-х годов, в той политической и экономической ситуации. Задача регулирования состоит в том, чтобы размер платежей за пользование природными ресурсами соответствовал потребностям финансового обеспечения деятельности специализированных федеральных служб, осуществляющих в текущее время монопольное распоряжение (управление) природными ресурсами. Этот принцип был положен в основу первого закона РСФСР об охране природной среды [10]. Платежи за пользование природными ресурсами играют двойственную роль. С одной стороны, в условиях перехода к рыночным отношениям уровень этих платежей должен коррелировать с рыночными ценами на соответствующее сырье и по этой причине реагировать на изменение конъюнктуры рынка, подчиняться закону спроса и предложения (т.е. соответствовать кадастровым оценкам). С другой стороны, платежи за пользование природными ресурсами должны служить эффективным рычагом управления и способствовать прежде всего целям ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Другими словами, на региональном уровне при установлении ставок платы необходимо учитывать эколого-экономическую эффективность добычи (использования) природных ресурсов именно для конкретного региона, влияя тем самым на конъюнктуру рынка.

Таким образом, в платежах за природные ресурсы, основанных на монопольно-ведомственном подходе, присутствуют две составляющие:

1) плата за право пользования природными ресурсами, которая должна зависеть от условий, определяющих спрос и предложение на этот ресурс на конкретной территории, и изыматься в виде прямого налога или платы за лицензию, дающую такое право, либо в виде арендной платы. При этом данный вид (или данная составляющая) платежа не несет в себе ресурсосберегающей или иной функции;

2) плата за воспроизводство (компенсацию) природного ресурса, которая должна зависеть от его средообразующей роли и определяться затратами на поддержание заданного уровня качества окружающей среды с учетом установленных для данного региона приоритетов развития и фактора времени. Учитывая сказанное выше, вторая составляющая должна оказывать на первую управляющее воздействие, поэтому ставки платежей за пользование природными ресурсами не могут быть постоянной величиной в условиях рыночной экономики.

Понятно, что такой подход выглядит весьма субъективным и искусственным, хотя в переходный период стремление к его использованию нетрудно объяснить. Понятно также, что применение данного подхода не соответствует стратегическим целям улучшения состояния окружающей среды и снижению ресурсоемкости общественного продукта.

Таким образом, из всего разнообразия теоретических подходов к оценке природных ресурсов *воспроизводственный подход* представляется нам наиболее верным, поскольку он в наибольшей степени отвечает задачам рационального использования природных ресурсов и сохранению природной среды.

5.2.2. Методы оценки ущерба биоресурсам

Анализируя существующие методы расчета ущерба различным объектам живой природы [11], можно сделать следующие выводы.

1. В подавляющем большинстве методик полностью игнорируются последствия хозяйственной деятельности для воспроизводственного потенциала объектов животного и растительного мира. Учитывается лишь вред, наносимый популяции в момент воздействия, и только. То обстоятельство, что наносимый вред скажется на воспроизводстве популяции в будущем, в результате чего замедлится ее прирост, будет недополучено определенное количество особей в будущем, игнорируется.

2. Используемые в формулах расчета ущерба биоресурсам экономические показатели не согласовываются с нормативной налоговой и бухгалтерской документацией по их применению (например, норматив приведения применим только к капитальным вложениям, но никак не к величине дохода или прибыли и т.п.).

3. Предлагаемые формулы не позволяют рассчитывать потери конкретного вида животных непосредственно «по факту» гибели особей из-за нерегламентированной хозяйственной деятельности.

4. Существует большое разнообразие параметров, как экологических, так и экономических, которые используются в официально принятых сегодня методиках, что делает весьма проблематичным унификацию расчетных показателей ущерба.

В существующих и предлагаемых методических разработках оценки величины ущерба биоресурсам лучше всего алгоритм расчета отработан для водных ресурсов (рыба, другие гидробионты, морской зверь), а также для лесной растительности. В этом случае ущерб, связанный с деградацией, уничтожением и ухудшением качества ресурса, определяется как суммарная величина компенсации затрат на ликвидацию последствий негативного воздействия и недополучения дохода.

Еще одной проблемой, влияющей на объективность оценок ущерба, является то, что в современных правовых и нормативных актах не содержится приемлемого стоимостного эквивалента, который мог бы использоваться при расчете ущерба любым природным комплексам и их компонентам. Сейчас употребляются самые разнообразные ценовые величины:

- уровень штрафных санкций;
- коммерческие цены на ресурс;
- уровень минимальной заработной платы;
- специальный расчет затрат на восстановление ущерба или на мероприятия по сохранению и восстановлению единицы ресурса.

Чаще всего в официально принятых методиках при расчете ущерба используется размер минимальной заработной платы как единица отчета штрафов или компенсаций за ущерб природным ресурсам. Эта оценка удобна в инфляционных условиях, когда периодически производится индексация минимальной зарплаты. Однако ее размер никак не связан с оценкой реального ущерба объектам среды. Не всегда приемлем при этом и расчет ущерба в мировых ценах (например, в долларах США), ибо при решении проблем индексации эти цены все же оторваны от реалий состояния окружающей среды.

Для большинства же объектов, в первую очередь из числа животных и растений, вообще отсутствуют какие-либо ценовые прикидки. Эту проблему можно решить, используя цены на аналогичные по систематике или экологии виды, которые уже имеют стоимостную оценку.

Но наиболее прогрессивным, на наш взгляд, подходом к оценке ущерба может быть использование величины стоимости восстановления численности животных до того состояния, в котором находилась популяция на момент начала воздействия. При этом единицей измерения стоимости может быть, например, величина затрат по выращиванию одной особи

данного вида в неволе. В принципе, стоимостные оценки должны учитывать такой аспект проблемы, как соответствие затратам на мероприятия по полной компенсации потерь биологического вида. Имеется в виду то, что штрафы, взимаемые за ущерб, должны давать такую денежную сумму, которой было бы достаточно для проведения мероприятий по восстановлению потерь, понесенных популяцией животных или растений.

До настоящего времени существует представление о том, что все те явления, которые происходят в естественной природной среде и в которые не вложен человеческий труд, не имеют стоимостной оценки. Однако изменение функционирования экосистем в результате хозяйственной деятельности, даже если это не целенаправленные трудовые затраты, может и должно иметь стоимостную оценку. И критерием такой оценки могут быть полные денежные затраты на практические мероприятия по ликвидации последствий для экосистем конкретного хозяйственного воздействия. Если это загрязнение среды, то имеется в виду стоимость по ликвидации загрязнения до уровня, когда в природных комплексах не будет ощущаться это влияние. Если же это снижение численности животных, то стоимость оценивается в суммах, необходимых для проведения биотехнических мероприятий по восстановлению численности до исходного состояния.

То, что мы ставим в число наиболее важных аспектов проблемы оценки ущерба именно вопрос о стоимостных параметрах, обусловлено важнейшим предназначением данного расчета, а именно, выделением отдельной строкой сумм, предназначенных на проведение природоохранных мероприятий, а при невозможности их проведения (отсутствие эффективных мер и способов) – на компенсацию. В последнем случае это является своеобразной платой за нарушение продуктивности экосистем.

На основании опыта, полученного в связи с участием в различных экологических экспертизах технико-экономических обоснований (ТЭО) проектов строительства хозяйственных объектов, авторы сборника [11] пришли к выводу, что для объективной оценки ущерба необходимо проведение экологического анализа на принципах, адекватных классическому подходу к изучению естественных процессов взаимоотношения живых организмов со средой их обитания. В таком исследовании крайне важно использовать классические представления, принятые в экологии, и на их основе проводить оценку изменений в исконных экосистемах (на момент практической реализации проекта), которые происходят под влиянием хозяйственной деятельности. Авторы обзора [11] делятся весьма полезным наблюдением: «...на месте естественных природных комплексов в результате строительства промышленного объекта обычно формируется новая, хотя и сильно трансформированная экосистема, которая, однако, будет функционировать по общим экологическим законам». Это наблюдение вполне соответствует нашим представлениям о необходимости создания классификации экосистем по степени их удаления от естественного

(начального) состояния под воздействием человеческой («хозяйственной») деятельности (см. п. 2.2.1).

Для описания процессов антропогенной трансформации экосистем целесообразно использовать традиционные экологические понятия, а именно:

- изменение биоразнообразия;
- изменение круговорота вещества и энергии в экосистеме.

Для оценки изменений биоразнообразия сообществ организмов исходных экосистем используются сведения о видовом составе животных и растений на каждом из этапов проектирования и строительства. Биоразнообразие отражает видовое богатство сообщества и характеризует обычность или редкость видов. Для оценки биоразнообразия в анализируемой ситуации достаточно получить расчет индекса видового разнообразия Симпсона, который представляет собой интегральную величину таких характеристик сообщества, как видовой состав, численность или биомасса видов [12]. Получаемые значения характеризуют различные по составу и численности сообщества в едином измерении. Сравнивая индекс разнообразия Симпсона исходных сообществ и сообществ, появляющихся на их месте в результате возведения хозяйственного объекта, можно получить качественную оценку происходящих изменений природных комплексов и их компонентов.

Для количественной оценки происходящих процессов используют расчеты нарушения круговорота веществ в экосистемах. Эти нарушения определяются по потерям численности или биомассы организмов исходных сообществ на всех этапах их трансформации и формирования новых экосистем.

Еще один, не менее важный, методический аспект решения проблемы объективности при расчете ущерба биоресурсам – это обязательное наличие исходной информации о факторах воздействия, вызываемых проектируемым объектом, о состоянии природных комплексов в районе воздействия и о реагировании компонентов природных комплексов на факторы воздействия.

5.3. Проблема собственности природных ресурсов

Система платежей за пользование природными ресурсами должна включать в себя не только способы определения размеров платы, но также и механизмы ее установления, изъятия и использования [7]. При этом возникает проблема собственности на природные ресурсы. Из трех аспектов права собственности (владение, распоряжение, пользование) наибольшие проблемы в современной политической ситуации в России (на начало XXI века) вызывает право распоряжения природными ресурсами, поскольку в сложившихся условиях от того, кто управляет (распоряжается) природными ресурсами, в большей степени зависят как размеры получаемых от их использования доходов, так и их распределение.

Большинство природных ресурсов остается на сегодняшний день в государственной собственности. Однако в условиях процесса децентрализации экономики и политики проблемы возникают при разграничении единой государственной собственности по уровням управления – федеральному, региональному (субъекты Федерации) и местному (административные районы). Попытка учета этих факторов сделана при введении платы за право пользования природными ресурсами. Так, в законе «О недрах» предусмотрено распределение платы за право пользования ресурсами недр по бюджетам федерального, областного и местного уровней. Однако само такое распределение устанавливается только на федеральном уровне законодательными актами Российской Федерации. Поскольку в соответствии с законодательством природопользование относится к совместной компетенции Федерации и ее субъектов, каждая из сторон претендует на свое понимание путей управления и подходов к нему. Сложность установления платы за пользование биоресурсами и водными ресурсами обусловлена их динамичностью. Границы водных бассейнов и ареалы обитания животных в большинстве случаев не совпадают, а регулирование происходит в рамках административных границ. Из этого отнюдь не следует, что распоряжение данными природными ресурсами возможно лишь на федеральном уровне, как это обычно представляют ведомства-монополисты. Если контроль и учет во многих случаях более эффективно осуществлять исходя из бассейнового или популяционного подхода, то использование налоговых рычагов, в том числе и установление ставок платы за пользование природными ресурсами, должно быть достаточно гибким, что, по мнению экспертов, легче организовать на уровне субъектов Федерации.

5.4. Законодательная и нормативно-правовая база

Платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» декларируются в числе основных принципов природопользования (ст. 3 ФЗ [13]). При этом в Законе к «объектам охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности...» относятся: земли, недра, почвы, поверхностные и подземные воды; атмосферный воздух, озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство; леса и иная растительность, животные и другие организмы и их генетический фонд (ст. 4). К полномочиям федеральных органов государственной власти отнесена «экономическая оценка природных и природно-антропогенных объектов» (ст. 5).

Таким образом, действующий Закон в неявной форме вводит принцип платности за пользование любыми видами природных ресурсов, включая энергетические, к которым можно применить такие понятия, как «дег-

радация», «истощение», а также совершенно эластичное «иное негативное воздействие».

Основные принципы экономического регулирования в области охраны окружающей среды перечислены в гл. IV Закона [13]. К методам экономического регулирования относятся: установление платы за негативное воздействие на ОС; проведение экономической оценки природных объектов и природно-антропогенных объектов; проведение экономической оценки воздействия хозяйственной и иной деятельности на ОС. При этом к видам негативного воздействия на ОС (за которые устанавливается плата) относятся (ст. 16):

- выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ и иных веществ;
- сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади;
- загрязнение недр, почв;
- размещение отходов производства и потребления;
- загрязнение окружающей среды шумом, теплом, электромагнитными, ионизирующими и другими видами физических воздействий; иные виды негативного воздействия на окружающую среду.

Как и в ст. 5, самым примечательным в этом перечне можно считать последний пункт в части «иные виды негативного воздействия на окружающую среду», который дает возможность неограниченного толкования понятия «негативное воздействие». Однако самым существенным установлением гл. IV Закона [13] служит п. 3 ст. 16, который определяет, что «порядок исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду устанавливается законодательством Российской Федерации», т.е. федеральными законами. Это требование Закона при отсутствии в настоящее время (на 2005 год) пакета соответствующих ему федеральных законов на практике регулируется постановлениями Правительства РФ.

5.5. Основные виды платежей за использование природных ресурсов

Прежним Законом [10] были предусмотрены *два вида платежей* за природные ресурсы: за право пользования ресурсами и за загрязнение окружающей природной среды. При этом *плата за использование природных ресурсов* включала:

- плату за право пользования ресурсами;
- выплаты за сверхлимитное и нерациональное использование природных ресурсов;
- выплаты на воспроизводство и охрану природных ресурсов.

Ввиду отсутствия федеральных законов, регламентирующих порядок начисления и взимания платежей в сфере действия нового Закона [13],

имеет смысл кратко обозреть основные виды платежей, предусмотренных прежними законами и постановлениями.

5.5.1. Плата за землю

Плата за землю производится в трех формах:

- земельный налог;
- арендная плата;
- нормативная цена земли.

Ставки налога на сельскохозяйственные земли устанавливаются с учетом состава, качества и местоположения земель. Средние ставки дифференцируются субъектами Федерации, а по городским землям – местными органами самоуправления.

Налог за земли лесного фонда взимается в составе платы за пользование лесами, где производится заготовка древесины – в размере 5% таксовой стоимости древесины на корню.

Нормативная цена земли указывается в Законе РФ об оплате за землю. Помимо нормативной существуют *договорная цена земли* (по договору купли-продажи), *конкурсная* (при продаже по конкурсу) и *аукционная* (при продаже на аукционе).

5.5.2. Плата за пользование водными ресурсами

По отраслям экономики платежи по ставкам водного налога распределяются следующим образом: в промышленности – 0,06%, в электроэнергетике – 0,6%, в жилищно-коммунальном хозяйстве – около 1%. Так, в общей сумме платы за водоснабжение, производимой гражданами, стоимость воды составляет только 7 копеек за один кубометр. Остальная часть суммы складывается из затрат жилищно-коммунальных организаций на водоподготовку, транспортировку воды по внешним сетям, распределение ее по внутридомовым сетям (в том числе на потери в водораспределительных сетях). Обычно рациональное использование возникает тогда, когда ресурс стоит дорого. Но сегодня в нашей стране ставки платы морально и экономически устарели [14].

Плата за воду – один из видов обязательных неналоговых платежей за пользование природными ресурсами. В соответствии с ФЗ РФ от 6 мая 1998 года № 71-ФЗ «О плате за пользование водными объектами» плательщиками за воду являются организации и предприниматели, непосредственно осуществляющие пользование водными объектами с применением сооружений, технических средств или устройств, подлежащие лицензированию в порядке, установленном законодательством РФ. Предусмотрены две формы платы:

- за право пользования водными ресурсами;
- на восстановление и охрану вод.

Плата за право пользования вносится потребителями в виде регулярных платежей в течение срока водопользования; порядок и размеры платы определяет Правительство РФ.

Плата на восстановление и охрану водных объектов устанавливается правительством согласно Основам водного законодательства. В части подземных вод «Основы» предписывают плату за их пользование перечислять в государственный внебюджетный фонд воспроизводства минерально-сырьевой базы, что противоречит Закону о недрах, поскольку последний не рассматривает подземные воды как составную часть недр, а пользование ими – как вид недропользования. Основы водного законодательства включают подземные воды в состав государственного водного фонда, потому платежи за пользование подземными водами правильнее было бы направлять в фонды восстановления и охраны водных объектов.

5.5.3. Плата за пользование лесными и растительными ресурсами

Формы *платы за пользование лесными ресурсами* установлены Основами лесного законодательства РФ в виде лесных податей, арендной платы, отчислений в государственные внебюджетные фонды воспроизводства, охраны и защиты леса.

Плата за пользование растительными ресурсами регламентируется Основами лесного законодательства, постановлениями Правительства, нормативными актами Министерства природных ресурсов и экологии РФ. Это плата за сбор лекарственных трав, плодов, ягод, технического сырья и т.п.

5.5.4. Плата за пользование ресурсами животного мира

Этот вид отчислений предусматривается в виде разнообразных выплат за пользование животным миром в виде охоты, отлова животных, использования животных продуктов и т.п. Другой формой платы служит арендная плата за право пользования охотничьими угодьями. Сумма средств от сбора платы за лицензии всегда была ниже затрат на охрану и воспроизводство диких животных, разница компенсировалась из федерального бюджета. Затраты на эти цели составляли около 0,5% всех затрат на охрану окружающей среды [7].

5.5.5. Плата за использование недр

Прежним Законом РСФСР [10] были предусмотрены три формы платы за право:

- на поиск и разведку полезных ископаемых;
- на их добычу;
- на использование недр для иных целей, не связанных с добычей минерального сырья.

Необходимо отметить, что в новом Законе [13] в числе методов экономического регулирования в области охраны окружающей среды (гл. IV) отсутствует прямое указание на необходимость платы за использование недр, как, впрочем, и других категорий природных ресурсов.

5.5.6. Плата за размещение и захоронение отходов

На практике в рамках старого законодательства *плата за захоронение отходов*, размеры и порядок отчислений которой устанавливались правительственными постановлениями, относилась к категории отчислений «за право использования недр для иных целей, не связанных с добычей минерального сырья». В то же время *размещение отходов* рассматривалось как один из видов ущерба, наносимого окружающей природной среде в результате загрязнения (см. п. 8.1).

Удельные затраты на размещение отходов (в ценах 1990 года), рассчитанные учеными Института экономики природопользования, составляют:

- 0,1 р./т нетоксичных отходов добывающей промышленности;
- 4,6 р./м³ нетоксичных отходов перерабатывающей промышленности;
- 80 р./т токсичных отходов IV класса.

Нормативы платы за размещение отходов определяются как произведение удельных затрат единицы отхода IV класса токсичности на показатели, учитывающие классы токсичности отходов при размещении в окружающей природной среде, и на коэффициенты индексации платы. Класс токсичности отходов определяется в соответствии с «Временным классификатором токсичных промышленных отходов» и «Методическими рекомендациями по определению класса токсичности промышленных отходов», утвержденными в 1987 году.

В связи с отсутствием действующих нормативов предельно допустимых объемов размещения отходов нормативы платы за размещение отходов устанавливаются за объемы размещения в пределах принятых лимитов.

Как было отмечено выше, в Законе [13] отсутствует прямое указание на необходимость платы за использование недр. Единственное исключение сделано для *размещения отходов производства и потребления*, которое (размещение) включено в перечень видов негативного воздействия на окружающую среду и, следовательно, должно быть платным (ст. 16, п. 1, 2). Поскольку «порядок исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду устанавливается законодательством РФ» (ст. 16, п. 3), с введением в действие Закона [13] в январе 2002 года был автоматически отменен прежний порядок, основанный на правительственных постановлениях и ведомственных подзаконных актах.

5.6. Макроэкономика: экологические коррективы

Переход к устойчивому развитию делает необходимым включение экологического фактора в систему основных социально-экономических пока-

зателей развития. Традиционные макропоказатели (ВВП, ВНП, национальный доход и пр.) не отражают экологическую ситуацию, и за их ростом может скрываться экологическая деградация [15]. В мире активно идет разработка критериев и индикаторов устойчивого развития, содержащих нередко весьма сложную систему показателей. Этим занимаются ведущие международные организации: ООН (система интегрированных экологических и экономических счетов, *Integated Enviromental and Economic Accounting*), Всемирный Банк (показатель истинных сбережений, *genuine savings*), ОЭСР, Европейское сообщество (проекты GARP 1, GARP2, TEPI) и др. Принципиальным моментом в этих подходах является попытка учесть ущерб от загрязнения среды и истощения природных ресурсов на макроэкономическом уровне, экологически скорректировать основные экономические показатели развития.

Например, проведенные Всемирным Банком на основе методики истинных сбережений расчеты для России показали значительное расхождение традиционных и экологически скорректированных экономических показателей. Если с формальных позиций в 2000 году российская экономика процветала (рост ВВП составил около 9%), то показатель истинных сбережений отражал противоположную тенденцию – истинные сбережения снизились на 13%, главным образом за счет истощения сырьевой базы. Аналогичная ситуация сохранялась и в последующие годы. С позиций теории устойчивого развития это означает, что истощение природного капитала не компенсируется ростом физического и человеческого капиталов и совокупный капитал общества уменьшается во времени.

В настоящее время экологическому фактору уделяется недостаточное внимание в структурах власти различных уровней, в основных документах развития страны, правительственных программах, планах дальнейших реформ в экономике России. Важной причиной подобной ситуации является макроэкономическая политика, которая приводит к росту нагрузки на окружающую среду, истощению природных ресурсов. Начавшийся подъем экономики в России может еще более усугубить данные процессы. Это во многом объясняется тем, что во время экономического кризиса 1990-х годов выжили загрязняющие и ресурсоемкие секторы экономики, тогда как многие ресурсосберегающие и высокотехнологичные производства деградировали. Формирование в стране антиустойчивого типа экономического развития, базирующегося на росте удельного веса природоэксплуатирующих отраслей в народном хозяйстве, ведет к обострению экологических проблем. Несбалансированная инвестиционная политика увеличивает диспропорции между ресурсоэксплуатирующими и обрабатывающими отраслями экономики. В отсутствие эколого-экономических барьеров и стимулов критерием эффективности стало получение значительной и быстрой прибыли, что возможно в стране прежде всего на основе эксплуатации и/или продажи природных ресурсов (нефти, газа, леса, руды и пр.).

Для России в ближайшее время будет, видимо, актуальна ситуация, когда при формальном экономическом росте (рост ВВП, промышленности и пр.) будет происходить экологическая деградация.

Таким образом, недоучет экологического фактора осложняет процедуру принятия эффективных экономических и социальных решений на макроуровне. Ряд проектов и программ неэффективны при экономическом учете экологического ущерба. Отмеченные выше негативные эколого-экономические тренды могут стать важным аргументом для лиц, принимающих решения, для коррекции экономической политики.

5.7. Резюме. Экономические механизмы регулирования потребления природных ресурсов

Ограниченность ресурсов

Любая (неограниченно растущая) открытая система может развиваться только за счет (*деструкции*) окружающей среды. Как следствие экономическое (и любое другое) развитие человечества возможно при обязательном условии разрушения окружающей его природы, т.е. ускорения естественных темпов роста энтропии экосистем всех рангов [1]. Ресурсосбережение – снижение потребления сырьевых ресурсов при сохранении или увеличении объемов производства энергии и материальной продукции – одно из важнейших условий устойчивого развития, поскольку понятие природного капитала лежит в основе концепции устойчивого развития.

Энергия играет центральную роль в достижении целей устойчивого развития. Ископаемые виды топлива по-прежнему доминируют в глобальном использовании энергоресурсов (источников энергии). Потребление энергоресурсов в экономике России намного (до 10 раз) превышает уровень потребления в развитых странах на единицу производимой продукции. Резкая диспропорция между долей разных видов топлива в суммарных разведанных запасах и их долей в производстве энергии в России – следствие отживающей сырьевой парадигмы экономики стран третьего мира, для которых экспорт природных ресурсов остается основным источником формирования ВВП.

Налицо абсурдная ситуация, когда важнейшие для экономики ресурсные циклы воспроизводства природного сырья и трудового населения оказываются вне производственной (экономической) сферы. Отсюда следует фундаментальный вывод о глубокой методологической связи и взаимозависимости экологии, экономики и социологии [4].

«Жесткое» (прямолинейное, «волевое») регулирование природных процессов всегда рискованно для экологии и экономики, а в итоге неэффективно в долгосрочном плане. Основной возобновляемый ресурс, жизненно необходимый для человека, – сама природа. Воспроизводство на научной основе природы для человека и оптимальное воспроизводство самих лю-

дей стали необходимостью [1]. Цена природных ресурсов должна полностью отражать всю совокупность расходов, связанных с их использованием, включая расходы на добычу, переработку и потребление, а также стоимость их последующего дефицита [7].

Стоимость природных ресурсов

Для рационального использования природных ресурсов следует прекратить бесплатное пользование природными богатствами и безнаказанное загрязнение окружающей среды. Экономическая наука предлагает различные подходы к стоимостной оценке природных ресурсов и установлению размеров платы за их использование: *затратный подход* (по величине затрат на добычу, освоение, использование), *результативный подход* (стоимость по приносимому доходу), *затратноресурсный подход* (затраты на освоение плюс доход от использования), *рентный подход* (наиболее популярный, на практике сложный), *воспроизводственный подход* (по стоимости восстановления или компенсации) [11].

Воспроизводственный подход представляется нам наиболее верным, поскольку он в наибольшей степени отвечает задачам рационального использования природных ресурсов и сохранению природной среды. На этом подходе основаны, например, существующие и предлагаемые методические разработки по определению величины ущерба биоресурсам: штрафы, взимаемые за ущерб, должны давать такую денежную сумму, которой было бы достаточно для проведения мероприятий по восстановлению потерь, понесенных популяцией животных или растений.

Проблема собственности природных ресурсов

Из трех аспектов права собственности (владение, распоряжение, пользование) наибольшие проблемы в современной политической ситуации в России вызывает право распоряжения природными ресурсами, поскольку в сложившихся условиях от того, кто управляет (распоряжается) природными ресурсами, в большой степени зависят как размеры получаемых от их использования доходов, так и их распределение.

Законодательная и нормативно-правовая база

Действующий Закон [13] в неявной форме вводит принцип платности за пользование любыми видами природных ресурсов: за негативное воздействие на ОС; проведение экономической оценки природных объектов и природно-антропогенных объектов; проведение экономической оценки воздействия хозяйственной и иной деятельности на ОС (ст. 16). Порядок исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду устанавливается законодательством Российской Федерации, т.е. федеральными законами. Это требование Закона радикально ограничило прежние возможности Правительства в экономическом регулировании природопользования путем постановлений, существовавшие до 2002 года.

Основные виды платежей за использование природных ресурсов

В платежах за природные ресурсы присутствуют две составляющие:

- а) плата за право пользования природными ресурсами;
- б) плата за воспроизводство (компенсацию) природного ресурса, которая должна зависеть от его средообразующей роли и определяться затратами на поддержание заданного уровня качества окружающей среды с учетом установленных для данного региона приоритетов развития и фактора времени.

Таким образом, *вторая составляющая должна оказывать на первую управляющее воздействие*. Поэтому ставки платежей за пользование природными ресурсами не могут быть постоянной величиной в условиях рыночной экономики.

Основные виды платежей, предусмотренных действующими законами и постановлениями:

- *плата за землю* (земельный налог, арендная плата, нормативная цена земли);
- *плата за пользование водными ресурсами* (за право пользования водными ресурсами, на восстановление и охрану вод);
- *плата за пользование лесными и растительными ресурсами* (лесные подати, арендная плата, отчисления в государственные внебюджетные фонды воспроизводства, охраны и защиты леса);
- *плата за пользование ресурсами животного мира* (за пользование животным миром, арендная плата за право пользования охотничьими угодьями);
- *плата за использование недр* (на поиск и разведку полезных ископаемых, их добычу, использование недр для иных целей, не связанных с добычей минерального сырья). Необходимо отметить, что в новом Законе [13] в числе методов экономического регулирования в области охраны окружающей среды (гл. IV) отсутствует прямое указание на необходимость платы за использование недр, как, впрочем, и других категорий природных ресурсов;
- *плата за размещение и захоронение отходов*.

Макроэкономика: экологические коррективы

Переход к устойчивому развитию делает необходимым включение экологического фактора в систему основных социально-экономических показателей развития путем учета ущерба от загрязнения среды и истощения природных ресурсов на макроэкономическом уровне [15]. Например, расчеты для России (Всемирный Банк) на основе методики истинных сбережений показали снижение ВВП в 2000 году на 13% (вместо объявленного роста на 9%), главным образом за счет истощения сырьевой базы. Аналогичная ситуация сохранилась и в последующие годы: истощение природ-

ного капитала не компенсируется ростом физического и человеческого капиталов, совокупный капитал общества уменьшается во времени. Формирование в стране антиустойчивого типа экономического развития, базирующегося на росте удельного веса природоэксплуатирующих отраслей в народном хозяйстве, ведет к обострению экологических проблем. В России в ближайшее время, видимо, при формальном экономическом росте (росте ВВП, промышленности и пр.) будет происходить экологическая деградация.

Список литературы

1. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: ИЦ «Россия молодая», 1992. – 363 с.
2. Горшков В.Г. Энергетика биосферы и устойчивость состояния окружающей среды // Итоги науки и техники. Теоретические и общие вопросы географии. Т. 7. – М.: ВИНТИ, 1990. – 237 с.
3. Основные положения Энергетической стратегии России на период до 2020 года. – М.: Минтопэнерго РФ, 1999.
4. Kinne O. Ethics and eco-ethics // Marine Ecology Progress Series. – 1997. – Vol. 153. – P. 1–3.
5. Хлобыстов Е.В. Методология анализа и нормирования экологической безопасности промышленного производства // Экология городов и рекреационных зон: Матер. междунар. научн.-практ. конф. – Одесса, 1998. – С. 87–94
6. Рикуперо Р. Эти новые «зеленые» рынки // Наша планета. – 1998. – Т. 9, № 6. – С. 11–12.
7. Экономический механизм рационального использования природных ресурсов: Сб. нормативно-методических документов и аналитический обзор. – М.: Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации, 1994.
8. Washington ProFile 17 марта 2003 г. № 28 (259) (<http://www.washprofile.org/aboutproject.html>).
9. Голуб А.А., Струкова Е.Б. Экономика природных ресурсов. – М.: Аспект-пресс, 1998. – 319 с.
10. Закон РСФСР от 19 декабря 1991 года № 2060-1 «Об охране окружающей природной среды».
11. Методы оценки ущерба биоресурсам: Сб. нормативно-методических документов и аналитический обзор. Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, проект ГЭФ «Сохранение биологического разнообразия». – М.: АО «ОКАЭКОС», 2000. – 240 с.
12. Абакумов В.А. Гидробиологический контроль пресноводных экосистем. – М.: Гидрометеиздат, 1983. – 13 с.
13. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ (принят Государственной Думой 20 декабря 2001).
14. Селиверстова М. Капля в море // Российская газета. – 2009. – № 112 (23 июня). Экономика (Экология).
15. Бобылев С.Н. Экологические аспекты макроэкономической политики // Матер. междунар. научн.-практ. конф. МГУ – СУНИ «Человечество и окружающая среда». 26–28 окт. 2004 года, М., МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд. МГУ, 2004. – С. 93–94.

6. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИИ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Все должно куда-то деваться.

Б. Коммонер. Второй закон экологии

Взятая в качестве эпиграфа к этой главе цитата из классического исследования Б. Коммонера «Замыкающийся круг» (Л.: Гидрометеоздат, 1974) – это, разумеется, просто неформальная перефразировка фундаментального физического закона – материя не исчезает. В применении к экологии этот закон означает, что в природе не существует такой вещи, как «мусор». В любой природной системе экскременты и отбросы одних организмов служат пищей для других. Углекислый газ, который выделяют животные как отходы дыхания, – это превосходное питательное вещество для зеленых растений. Растения «выбрасывают» кислород, который используется животными. Одна из главных причин нынешнего кризиса окружающей среды состоит в том, что огромные количества веществ извлечены из земли, преобразованы в новые соединения и рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что «все куда-то девается». В результате пагубно большие количества веществ нередко накапливаются в тех местах, где «по природе» их не должно быть.

Эта глава написана в основном по материалам Государственных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 и 2008 годах [1, 2] и ежегодников Росгидромета «Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации» за 2006 и 2008 годы [3, 4]. В Государственном докладе [1] использована официальная статистическая информация, подготовленная на основе Общероссийского классификатора видов экономической деятельности. В соответствии с ОКВЭД в Государственном докладе [1] проанализировано воздействие на окружающую среду следующих основных видов экономической деятельности:

- 1) сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство;
- 2) добыча полезных ископаемых;
- 3) обрабатывающие производства;
- 4) производство и распределение электроэнергии, газа и воды;
- 5) транспорт и связь;
- 6) предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг.

Основные данные по загрязнению природных сред были взяты из обзоров [1, 3], данные более поздних обзоров [2, 4] использовались только

в качестве дополнений в тех случаях, когда имелись качественно новые результаты. В целом показатели загрязнения за период с 2005 по 2008 год мало менялись, если не считать перемен в форме изложения материалов в государственных докладах [1, 2].

6.1. Атмосферный воздух

6.1.1. Атмосферные выбросы

В табл. 6.1 представлены данные Росстата за 2005 и 2008 годы, характеризующие уровень выбросов в атмосферный воздух вредных веществ от стационарных источников по основным разделам и подразделам ОКВЭД [1]. По непонятным соображениям выбросы от автотранспорта в Госдокладе [1] выведены из общего обзора выбросов (из раздела «Транспорт и связь», табл. 6.1) и рассматриваются отдельно (табл. 6.2).

Таблица 6.1. Объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в 2005 и 2008 годах от стационарных источников по видам экономической деятельности, тыс. тонн [1, 2]

Вид экономической деятельности	2005	2008
Всего по Российской Федерации	20 425,3	20 103,3
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	134,1	124,8
Добыча полезных ископаемых, в том числе добыча топливно-энергетических полезных ископаемых	6148,1 5629,3	5567,2 5092,9
Обрабатывающие производства, в том числе: – целлюлозно-бумажное производство; издательская и полиграфическая деятельность – химическое производство – черная металлургия – цветная металлургия	7249,8 172,1 349,1 1696,8 3052,7	6829,4 148,9 351,3 1555,2 2880,4
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	3982,6	4462,2
Транспорт и связь	2085,3	2475,2
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	474,3	286,3
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональ- ных услуг	61,9	67,9

Таблица 6.2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортными средствами (АТС) в 2005 и 2008 годах, тыс. тонн [1, 2]

Год	CO	C _n H _m	NO _x	C	SO ₂	Pb	Всего
2005	11 660	1719	1859,9	49	129	0,01	15 410
2008	10 632	1640	1950	44	111	–	14 378

Из данных табл. 6.1 и 6.2 следует, что *автомобильный транспорт* остается основным загрязнителем атмосферного воздуха в стране: его доля в суммарном объеме выбросов всех отраслей экономики (~ 35 000 тыс. тонн) составляет 43% и около 95% объема вредных выбросов от транспортного комплекса страны. Валовые выбросы от автомобильного транспорта растут с 1996 года, хотя к 2005 году наметилось снижение темпов роста (рис. 6.1).

Следующими после автомобильного транспорта отраслями экономики наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят обрабатывающие производства, добыча полезных ископаемых и энергетика.



Рис. 6.1. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автомобильным транспортом России в 2001–2005 годах [1]

Суммарный объем выбросов ЗВ в атмосферу предприятий *обрабатывающих отраслей* (~ 20% валового объема выбросов) на две трети формируется из выбросов металлургического производства (4,7 млн. тонн, табл. 6.1).

Добыча полезных ископаемых (около 17% в валовом объеме выбросов) характеризуется большим объемом выбросов оксида углерода (более 50%), до 40% углеводородов и легкоокисляемых соединений (ЛОС). Наибольший суммарный объем выбросов в атмосферу приходится на предприятия по добыче сырой нефти и нефтяного (попутного) газа – 4,1 млн. тонн (пятая часть общего выброса от стационарных источников по России в целом).

Около 4 млн. тонн вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу предприятиями *энергетики*, распределяются следующим образом: диоксид серы – 32,6%, твердые вещества – 28,8%, оксиды азота – 23,1%, оксид углерода – 13,2%. Крупнейшими источниками являются ГРЭС. В отличие от ТЭС, использование ядерного топлива на АЭС не требует кислорода и не сопровождается постоянным выбросом продуктов сгорания. Основными источниками нерадиационных выбросов АЭС в атмосферу (около 2 тыс. тонн) служат вспомогательные подразделения и участки: котельные на природном газе или мазуте, резервные дизельные электрические станции, автомобильный транспорт, ремонтно-строительные цеха и пр.; загрязне-

ние атмосферного воздуха обусловлено выбросами диоксида серы, оксидов азота и оксида углерода. Доля АЭС в выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух всеми предприятиями энергетики РФ на протяжении многих лет составляет порядка 0,05% [1, 2].

Что касается выбросов радиоактивных веществ предприятиями ЯТЦ, то в 2005–2008 годах они не превышали установленных нормативов и составляли: α -активных радионуклидов $\sim 6 \cdot 10^{14}$ Бк, β -активных нуклидов $\sim 7 \cdot 10^{15}$ Бк. Поступление α -активных радионуклидов в атмосферный воздух на 97 % обусловлено ^{222}Rn , источником которого являются рудодобывающие производства. В 2005 году выброс α -активных радионуклидов был в 1,8 раза выше, чем в 2004 году и составил 32,5% допустимого. Поступление β -активных нуклидов на 91% обусловлено инертными радиоактивными газами (^{41}Ar , $^{85\text{m}}\text{Kr}$, ^{88}Kr , ^{133}Xe , ^{135}Xe), на 4,7% – тритием и на 2,3% – короткоживущими изотопами ^{214}Pb и ^{214}Bi . Основными источниками поступления инертных радиоактивных газов служат работающие реакторные установки, а источниками ^{214}Pb и ^{214}Bi – рудоперерабатывающие производства. Доля наиболее радиационно опасных нуклидов (^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs) – менее 0,0003% общего выброса β -активных нуклидов. Доля выбрасываемых ^{90}Sr , ^{131}I , ^{137}Cs составляет 3,6, 0,5 и 6,1% установленных нормативов по этим нуклидам соответственно. В целом, выбросы техногенных радионуклидов предприятиями ЯТЦ не повлияли на фоновые уровни радиоактивного загрязнения атмосферы [3, 4].

6.1.2. Выбросы парниковых газов

Приведенные ниже новые и пересмотренные оценки антропогенных выбросов и абсорбции (поглощения) парниковых газов (ПГ) за период с 1990 по 2007 год выполнялись на протяжении 2004–2007 годов методами расчетного мониторинга, основанного на использовании количественных данных об объемах конкретных видов деятельности, приводящих к выбросам или поглощению ПГ [3, 4].

Оценки выбросов ПГ по секторам экономики представлены в табл. 6.3. В период с 1990 по 1998 год в Российской Федерации в связи с экономической ситуацией в стране происходило общее уменьшение выбросов во всех секторах экономики. В 1999–2007 годах, в период подъема экономики (затронувшего как сферу производства, так и сферу потребления), выбросы в промышленности и энергетике демонстрировали устойчивый рост, а выбросы, связанные с отходами, даже превысили уровень 1990 года на 23%. Однако в целом в этот период темп роста выбросов существенно отставал от темпа роста ВВП, что связано как с общим повышением энергоэффективности экономики, так и с происходившими в этот период структурными изменениями, в частности с ростом доли непромышленного сектора в экономике страны. Исключение составляет сектор «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство», подвержен-

Таблица 6.3. Выбросы парниковых газов по секторам экономики в 1990–2007 годах [3, 4]

Сектор	Выбросы, тыс. тонн CO ₂ -экв./год				
	1990	1998	2000	2005	2007
Энергетика	2 606 471	1 626 477	1 625 016	1 738 841	1 787 679
Промышленные процессы	242 897	137 682	172 400	187 766	208 612
Сельское хозяйство	309 369	154 785	146 268	135 075	134 709
Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство	190 272	110 800	365 293	156 650	—
Отходы	57 591	52 673	57 233	70 836	63 818
Всего, без учета землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства	3 216 327	1 971 618	2 000 917	2 132 518	2 192 818
Всего, с учетом землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства	3 406 599	2 082 418	2 366 210	2 289 167	—

ный значительной межгодовой изменчивости, обусловленной в основном лесными пожарами.

Общий выброс ПГ в РФ без учета землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (в которых суммарный нетто-поток ПГ в 1990–2005 годы был отрицательным, т.е. поглощение превысило эмиссию) составил в 2007 году 2192,8 млн. тонн CO₂-экв., что соответствует 110% выброса 2000 году или 68% выброса в 1990 году. Распределение выбросов по секторам за период с 1998 по 2007 год не претерпело значительных изменений. По-прежнему доминируют выбросы от энергетического сектора, доля которого в 2007 году составила ~ 82% суммарного выброса (табл. 6.4). (К энергетическому сектору относятся сжигание всех видов ископаемого топлива, а также процессы, приводящие к утечкам и технологическим выбросам топливных продуктов в атмосферу, независимо от того, в каких отраслях экономики они происходят.) Выбросы CO₂ в энергетическом секторе в период с 2000 по 2007 год увеличились на 5,5%, выбросы CH₄ – на 7,1%, выбросы N₂O – на 5,5%. Несколько уменьшилась доля сельскохозяйственного сектора, в котором после спада 1991–1998 годов рост выбросов не наблюдался.

Вклад отдельных ПГ в их общий выброс иллюстрирует табл. 6.4. Ведущая роль принадлежит CO₂, источником которого служит главным образом энергетический сектор – сжигание ископаемого топлива. Некоторое уменьшение доли N₂O в общем выбросе связано с уменьшением использования азотных удобрений, обусловленным экономическим положением сельхозпроизводителей.

Таблица 6.4. Доля отдельных парниковых газов в их общем выбросе (CO_2 -экв.) в 1990 и 2005 годах (без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство») [3]

Год	CO_2	CH_4	N_2O	F-газы*
1990	78,1	14,5	6,7	0,7
2005	81,7	11,9	4,8	1,6

* Три вида соединений, которые содержат фтор.

6.1.3. Загрязнение воздуха городов

Для характеристики качества воздуха используются следующие показатели:

- ИЗА – комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей. Его рассчитывают по значениям среднегодовых концентраций. Показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха;
- СИ – наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на ПДК. Она определяется по данным наблюдений на станции за одной примесью или на всех станциях рассматриваемой территории за всеми примесями за месяц или за год. В тексте указано количество городов, в которых СИ превышает 5 или 10.

В соответствии с существующими методами оценки уровень загрязнения считается повышенным при ИЗА от 5 до 6, СИ менее 5; высоким при ИЗА от 7 до 13, СИ от 5 до 10; очень высоким при ИЗА, равном или большим 14, СИ, превышающем 10.

Приоритетный список населенных пунктов с очень высоким уровнем загрязнения воздуха, для которых ИЗА равен или выше 14, в 2008 году включал 30 городов с общим числом жителей 11,2 млн. человек. В 2007 году в подобный список вошли 38 городов с населением 14,9 млн. человек. В 27 из 30 входящих в этот список городов очень высокий уровень загрязнения атмосферы связан со значительными концентрациями бенз(а)пирена, в 25 – формальдегида, в 21 – диоксида азота, в 13 – взвешенных веществ, в 4 – фенола, в 3 – этиленбензола и фтористого водорода. В приоритетный список вошли 9 городов с предприятиями цветной и черной металлургии, 6 городов с предприятиями нефте- и газодобычи и нефтехимии, во многих городах определяющий вклад в загрязнение вносят предприятия ТЭК и автотранспорт. Загрязнение воздуха в Братске достигло самого высокого уровня среди городов приоритетного списка. Средние концентрации сероуглерода и формальдегида в этом городе составили 7–8 ПДК, бенз(а)пирена – 1 ПДК, диоксида азота – 2 ПДК [4].

В 136 городах Российской Федерации (55% городского населения) уровень загрязнения воздуха характеризуется как высокий и очень высокий.

Средние и средние из максимальных концентрации основных ЗВ, полученные по данным регулярных наблюдений в 251 городе России, приведены в табл. 6.5. В целом по России 38% городского населения проживает на территориях, где не проводятся наблюдения за загрязнением атмосферы, а 55% (58,2 млн. человек) – в 142 городах (69% городов, где проводятся наблюдения) с высоким и очень высоким уровнем загрязнения атмосферы.

Таблица 6.5. Средние за 2006 год концентрации загрязняющих веществ в воздухе городов России по данным стационарных станций Росгидромета (q_{cp} – среднесуточная, q_m – максимальная разовая концентрация) [3]

Примесь	Число городов	Средние концентрации, мкг/м ³		ПДК (среднесуточные), мкг/м ³
		q_{cp}	q_m	
Пыль (взвешенные вещества)	228	123	1119	150
Диоксид азота	234	41	355	40
Оксид азота	134	27	254	60
Диоксид серы	229	7	159	50
Оксид углерода	205	1382	9400	3000
Бенз(а)пирен ($q \cdot 10^{-3}$ мкг/м ³)	166	2,5	5,2	1

На рис. 6.2 показаны концентрации примесей в целом по городам России в 2006 году в единицах ПДК. Средние концентрации формальдегида превышали ПДК в 3 раза, концентрации бенз(а)пирена – в 2,5 раза, концентрации диоксида азота превысили 1 ПДК, других веществ – не превышали 1 ПДК.

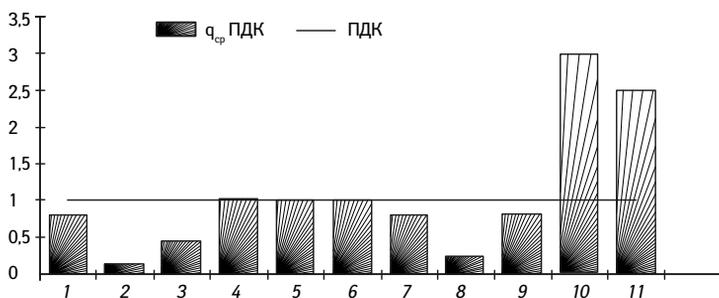


Рис. 6.2. Средние концентрации примесей в городах России в 2006 году: 1 – взвешенные вещества, 2 – SO₂, 3 – CO, 4 – NO₂, 5 – сероуглерод, 6 – фенол, 7 – фторид водорода, 8 – хлорид водорода, 9 – аммиак, 10 – формальдегид, 11 – бенз(а)пирен [3]

В 206 городах (82% городов, где проводятся наблюдения) средние за год концентрации какого-либо вещества превышали 1 ПДК; в этих городах проживают 65 млн. человек (рис. 6.3). Максимальные концентрации превышали 10 ПДК в 26 городах с населением 14,7 млн. человек. Средние за месяц концентрации бенз(а)пирена составили более 10 ПДК в 7 городах, 5 ПДК – в 53 городах с населением 32,9 млн. человек.

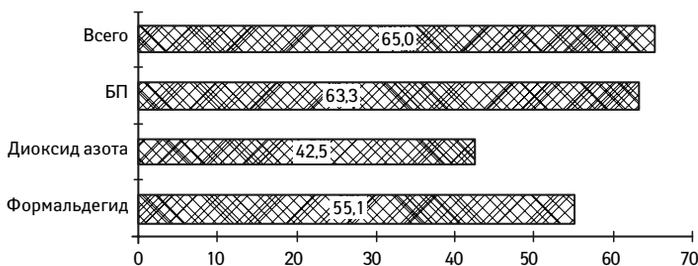


Рис. 6.3. Число жителей, млн. человек, в городах, находящихся под воздействием средних концентраций ЗВ в воздухе выше 1 ПДК, в 2006 году: любых примесей («Всего»), бенз(а)пирена (БП), диоксида азота, формальдегида [3]

6.1.4. Фоновое загрязнение атмосферы

Уровни загрязнения атмосферного воздуха за пределами городов в какой-то степени могут быть охарактеризованы данными наблюдений на сети станций фонового мониторинга.

За исключением крупных населенных пунктов (городов и поселков с населением свыше 10 000 тыс. человек) и прилегающих зон импактного загрязнения от расположенных в них источников атмосферных выбросов, загрязнение атмосферного воздуха на остальной территории суши в стране можно рассматривать как фоновое. Оценка фонового загрязнения атмосферного воздуха и осадков выполняется по данным сети станций комплексного фонового мониторинга (СКФМ) и специализированных станций Глобальной службы атмосферы Всемирной метеорологической организации (ГСА ВМО).

На территории России находятся пять станций СКФМ, которые расположены в биосферных заповедниках: Воронежском, Приокско-Тerrasном, Астраханском, Кавказском, Алтайском. Мониторинг фоновых уровней CO_2 и CH_4 проводится на станции Териберка ГСА ВМО (на северном побережье Кольского полуострова, примерно в 100 км к востоку от Мурманска, $69^\circ 12' \text{ с. ш.}, 35^\circ 06' \text{ в. д.}$).

Результаты измерений CO_2 и CH_4 на станции Териберка [3]. За последние 11 лет измерений (1996–2006 годы) на станции Териберка фоновая концентрация CO_2 в атмосферном воздухе возросла на 21 млн^{-1} (6%) – до уровня 384 млн^{-1} ; при этом величина межгодового роста посто-

янно изменялась, но оставалась положительной на протяжении всего рассматриваемого периода. Концентрация *метана* с 1996 года увеличилась на 30 млрд⁻¹ (2%) – до уровня 1848 млрд⁻¹; ее рост в отдельные годы сменялся периодами стабилизации или спада концентрации. Основные особенности межгодовой изменчивости, наблюдаемые на станции Териберка, обусловлены глобальными изменениями поля концентрации рассматриваемых газов и согласуются с данными зарубежных станций фонового мониторинга.

Ионный состав (минерализация). Измерение *ионного состава* атмосферных осадков на фоновых станциях показало, что более 60% химического состава атмосферных осадков определяется соответствующей природной зоной и местными погодными условиями, от которых в значительной степени зависит также и режим осадков. *Общая минерализация* осадков, выпавших на фоновых станциях, остается на самом низком уровне, составляя примерно 8,5 мг/л с колебаниями в отдельных пробах от 1,9 до 33 мг/л. Сохраняется ситуация, при которой осадки на всей территории России в 50% случаев относятся к сульфатно-гидрокарбонатному типу. Общая доля катионов близка к 30%. Диапазон изменения общей минерализации осадков находится в пределах от 1 до 15 мг/л. Осадки классифицируются как слабокислые. Средние за длительный промежуток времени концентрации и объем выпадения загрязняющих воздух веществ, определяющих трансграничное загрязнение, относительно невелики и не могут вызвать заметных негативных экологических эффектов.

Фоновое содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (по данным сети СКФМ и ГСА ВМО) [3]

Тяжелые металлы. В период с 1999 по 2006 год наметился слабый тренд роста фоновых концентраций *свинца* в атмосфере центра европейской территории России (ЕТР) в пределах 2–10 нг/м³ (рис. 6.4). Среднегодовые концентрации *кадмия* в атмосферном воздухе в центральных районах ЕТР оставались на уровне около 0,2 нг/м³, наблюдавшемся в последние годы. На юге ЕТР концентрации *кадмия* в атмосфере были примерно в 3 раза выше. Фоновое содержание *ртути* в атмосферном воздухе в центральном районе ЕТР остается стабильно низким: в 2006 году среднегодовая концентрация составила 3,4 нг/м³.

Взвешенные частицы. В 2006 году среднегодовые концентрации *взвешенных частиц* в воздухе на ЕТР изменялись в пределах 2–25 мкг/м³ (геометрическое среднее 7–8 мкг/м³), демонстрируя тренд снижения средних концентраций за период с 1996 по 2006 год (рис. 6.4). Эпизодически повышенные концентрации *взвешенных частиц* наблюдались в теплый период года: среднесуточные концентрации достигали 90–280 мкг/м³.

Диоксид серы. В 2006 году среднегодовые фоновые концентрации *диоксида серы* в центре и в центрально-черноземном районе ЕТР остава-

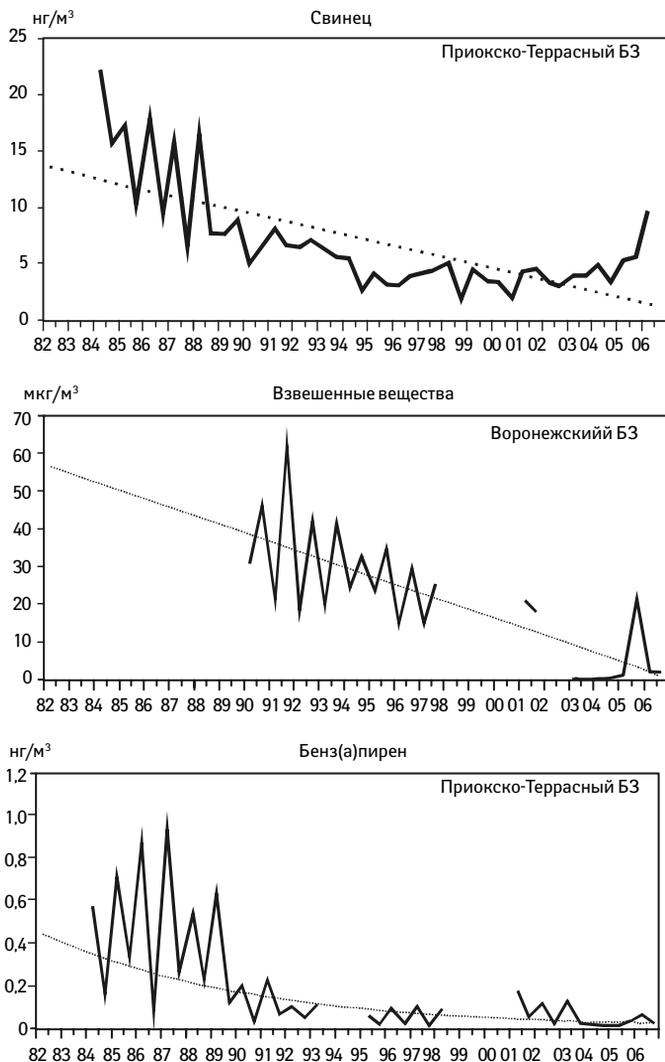


Рис. 6.4. Тренды изменения фонового загрязнения атмосферы на европейской территории России в 1982–2006 годах [3]. БЗ – биосферный заповедник

лись на низком уровне – около 0,4–0,5 мкг/м³. В центральном районе ЕТР в холодный период года наблюдались более высокие концентрации *диоксида серы* – в среднем за сезон около 0,84 мкг/м³, увеличиваясь в отдельные сутки до 18 мкг/м³. В долгосрочной динамике можно отметить стабилизацию уровней концентраций с 1999 года после отмечавшегося их уменьшения в течение 10 предыдущих лет.

Диоксид азота. В 2006 году среднегодовые величины фонового содержания *диоксида азота* в воздухе на ЕТР оставались на уровне прошлых лет, изменяясь от 0,7 до 4,2 мкг/м³ (геометрическое среднее 1,7 мкг/м³). В холодный период в центре ЕТР повышается повторяемость среднесуточных высоких концентраций, достигающих 20 мкг/м³.

Хлорорганические пестициды. В 2006 году на ЕТР среднегодовые значения фонового содержания в воздухе суммы изомеров *хлорорганических пестицидов ГХЦГ и ДДТ* оставались низкими – на уровне, близком к пределу обнаружения аналитическими методами. В целом содержание *пестицидов* в воздухе по данным измерений в 2006 году находилось в пределах колебаний уровня их концентраций за последние 10 лет.

Сульфаты. В 2006 году среднегодовые фоновые концентрации *сульфатов* в центре ЕТР составляли 2 мкг/м³, при этом значения меньше 9 мкг/м³ были зарегистрированы в 95% измерений. В южных районах ЕТР среднегодовые концентрации составляли около 6 мкг/м³.

Полиароматические углеводороды. Как и в предыдущие годы, содержание *бенз(а)пирена и бензперилена* в атмосфере фоновых районов центра ЕТР в среднем за 2006 год не превышало 0,05 нг/м³, возрастая в холодный период до 0,1 нг/м³ (рис. 6.4).

Анализ изменения содержания ЗВ в атмосферном воздухе на европейской территории России за последние 10–15 лет показывает, что фоновое содержание антропогенных примесей в воздухе центра ЕТР имеет выраженный тренд к снижению (рис. 6.4). В то же время есть основания полагать, что снижение концентраций, обусловленное спадом промышленного производства в 1990-х годах, прекратилось и можно ожидать увеличения фонового загрязнения атмосферы некоторыми загрязняющими веществами, особенно в холодный период года.

6.1.5. Радиоактивное загрязнение воздушной среды

Загрязнение атмосферы техногенными радионуклидами на территории РФ в настоящее время в основном обусловлено ветровым подъемом и переносом радиоактивной пыли с поверхности почвы, загрязненной в предыдущие годы в процессе глобального выведения продуктов испытаний ядерного оружия из стратосферного резервуара. В отдельных районах России на радиоактивное загрязнение приземной атмосферы оказывают влияние ветровой перенос радиоактивных продуктов с загрязненных территорий, появившихся вследствие тяжелых радиационных аварий: на ЕТР – катастрофа на Чернобыльской АЭС (1986 год), на азиатской территории России (АТР) – авария на ПО «Маяк» (Челябинская обл., 1957 год), а также ветровой вынос радионуклидов с сухого ложа озера Карачай (отстойник жидких радиоактивных отходов, 1967 год). Кроме того, источниками локального радиоактивного загрязнения окружающей среды являются такие предприятия ЯТЦ, как Сибирский химический комбинат в Томской

области, Горно-химический комбинат (ГХК) в Красноярском крае, ПО «Маяк» в Челябинской области и другие [5].

При мониторинге приземной атмосферы в пробах радиоактивных аэрозолей и выпадениях на подстилающую поверхность определялось содержание суммы бета-активных и отдельных гамма- и бета-излучающих радионуклидов техногенного и естественного происхождения. В окрестностях некоторых радиационно-опасных объектов в приземной атмосфере оценивались концентрации альфа-излучающих изотопов плутония (табл. 6.6).

Как видно из табл. 6.6, в период с 1997 по 2006 год среднегодовая, взвешенная по территории России, объемная активность суммы долгоживущих бета-активных радионуклидов в приземной атмосфере имеет слабую тенденцию к уменьшению. Средневзвешенные по территории России суточные выпадения суммы бета-активных радионуклидов практически не меняются с 1998 года.

За пределами отдельных территорий, загрязненных в результате упомянутых выше аварийных ситуаций, среднегодовая взвешенная по территории России объемная активность ^{137}Cs в воздухе в 2006 году составляла $2,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³. За период с 1997 по 2006 год объемная активность ^{137}Cs на территории России уменьшилась более чем в 2 раза – в основном за счет уменьшения удельной активности ^{137}Cs в верхнем пылящем слое из-за радиоактивного распада. Повышенные по сравнению с фоновыми среднемесячные объемные активности ^{137}Cs в 2006 году наблюдались

Таблица 6.6. Радиоактивное загрязнение воздушной среды на территории России в 1997–2006 годах [3]

Радионуклид	Единица измерения	Среднегодовые по стране										Допустимые уровни
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	
<i>Воздух</i>												ДОО _{НАС} Бк/м ³
<i>Объемная активность радионуклидов в приземной атмосфере</i>												
$\Sigma\beta$	10 ⁻⁵ Бк/м ³	17,6	18,2	18,6	17,4	16,8	15,9	15,9	16,1	17,3	16,0	—
^{137}Cs	10 ⁻⁷ Бк/м ³	5,3	3,9	3,4	3,9	3,7	4,9	4,1	2,8	2,9	2,6	27
^{90}Sr	10 ⁻⁷ Бк/м ³	1,38	1,40	1,20	1,20	1,33	1,19	1,36	1,19	0,87	0,90	2,7
$^{239,240}\text{Pu}$ (Обнинск)	10 ⁻⁹ Бк/м ³	14	9,3	10,0	8,7	5,8	7,9	10,6	8,0	4,0	4,3	$2,5 \cdot 10^{-3}$
<i>Радиоактивные атмосферные выпадения</i>												
$\Sigma\beta$	Бк/(м ² ·сут)	1,5	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	—
^{137}Cs	Бк/(м ² ·год)	0,65	0,63	0,46	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	—
^3H	кБк/(м ² ·год)	1,90	2,09	1,56	1,24	1,72	1,37	1,46	1,26	1,39	1,40	—
<i>Активность атмосферных осадков</i>												
^3H	Бк/л	3,8	4,0	3,4	2,3	3,2	2,8	2,5	2,4	2,8	2,8	—

в населенных пунктах и их окрестностях вблизи предприятий ЯТЦ: Нововоронеже (Нововоронежская АЭС), Курчатове (Курская АЭС), Курске (Курская АЭС). При этом объемные активности ^{137}Cs на этих участках территории были на семь порядков ниже допустимой объемной активности ^{137}Cs в воздухе для населения ($\text{ДОА}_{\text{нас}}$) [5, 6]. Средневзвешенная по территории РФ объемная активность ^{90}Sr в приземном слое воздуха в 2006 году составляла $0,90 \cdot 10^{-7}$ Бк/ м^3 , уменьшившись с 1997 года в 1,5 раза. Так же, как в случае ^{137}Cs , повышенные по сравнению с фоновыми среднеквартальные объемные активности ^{90}Sr в 2006 году наблюдались в населенных пунктах и их окрестностях вблизи предприятий ЯТЦ. Отклонения превышали средневзвешенную по территории РФ объемную активность ^{90}Sr в 5–8 раз, однако даже самое высокое значение было более чем на шесть порядков ниже допустимой объемной активности ^{90}Sr в воздухе для населения ($\text{ДОА}_{\text{нас}} = 2,7$ Бк/ м^3) по НРБ-99. Объемная активность изотопов плутония $^{239,240}\text{Pu}$ в приземной атмосфере, измерявшаяся в Обнинске и Курске (в зоне радиационно-опасных объектов), в 2006 году составляла $(2-40) \cdot 10^{-9}$ Бк/ м^3 , что примерно соответствует среднегодовому значению в 2005 году и на шесть порядков ниже допустимой объемной активности во вдыхаемом воздухе для населения по НРБ-99.

Средневзвешенные по территории РФ выпадения ^{137}Cs из атмосферы с 2000 года остаются примерно на одном уровне и составляют менее 0,4 Бк/($\text{м}^2 \cdot \text{год}$). На большей части азиатской территории страны выпадения ^{137}Cs в 2006 году были ниже предела обнаружения, за исключением юга Восточной Сибири, где годовые выпадения составили 0,5 Бк/($\text{м}^2 \cdot \text{год}$), и Урала (Курганская, Пермская, Свердловская и Челябинская области), где наблюдались выпадения 0,8 Бк/($\text{м}^2 \cdot \text{год}$). На ЕТР годовые выпадения ^{137}Cs составляли 0,55 Бк/($\text{м}^2 \cdot \text{год}$). Выпадения ^{90}Sr глобального происхождения на территории РФ за пределами загрязненных зон были ниже предела обнаружения – менее 0,3 Бк/($\text{м}^2 \cdot \text{год}$) [4, 5].

Среднемесячное содержание трития (^3H) в атмосферных осадках и месячные выпадения его из атмосферы с осадками в 2008 году изменялись в диапазонах 2,1–3,4 Бк/л и 61–210 Бк/($\text{м}^2 \cdot \text{мес.}$) соответственно. Из приведенных данных (см. табл. 6.6) видно, что среднегодовое содержание трития в осадках в 2008 году соответствовало уровню предыдущих лет и составляло 2,6 Бк/л. Годовые выпадения трития с осадками также не превышали уровни предыдущих лет – 1,34 кБк/($\text{м}^2 \cdot \text{год}$).

В 2008 году заметных изменений в уровнях радиоактивного загрязнения приземного слоя атмосферы в окрестностях АЭС и других радиационно-опасных объектов, за исключением ПО «Маяк», не наблюдалось. В течение 2008 года, как и ранее, в Обнинске, Курчатове и Курске в приземной атмосфере регистрировались изотопы радиоактивного йода. Максимальная объемная активность ^{131}I наблюдалась в Обнинске и составляла $2,9 \cdot 10^{-3}$ Бк/ м^3 , что на три порядка ниже допустимого уровня по НРБ-99.

Кроме того, в 2008 году, как и в предшествующие годы, отмечены случаи появления в атмосфере Курска, Курчатова и Нововоронежа некоторых продуктов деления и нейтронной активации. Как правило, концентрации этих радионуклидов были на пять–семь порядков ниже допустимых для населения по НРБ-99. Появление следов этих радионуклидов в атмосфере указанных городов однозначно связано с деятельностью расположенных вблизи этих городов радиационно-опасных объектов – таких, как Курская и Нововоронежская АЭС [4].

На загрязненных в результате Чернобыльской аварии территориях европейской части России вследствие ветрового подъема пыли с загрязненной почвы и хозяйственной деятельности населения до сих пор наблюдается повышенное содержание радионуклидов в воздухе. Основным дообразующим радионуклидом на загрязненных территориях является ^{137}Cs . Среднегодовая объемная активность ^{137}Cs в ближайшем к загрязненной зоне г. Брянске составляет $11,6 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что примерно в 4 раза выше фонового уровня для территорий, расположенных вне загрязненных зон, и на семь порядков ниже ДОА_{нас} по НРБ-99. Объемная активность и выпадения ^{90}Sr и суммы бета-активных радионуклидов на загрязненных территориях в 2006 году не превышали средних значений, характерных для незагрязненной территории России. Средние выпадения ^{137}Cs в загрязненной зоне примерно в 8 раз превышали средние для всей территории РФ и в 5,6 раза – средние для ЕТР и составляли 3,1 Бк/(м²·год).

Повышенное содержание техногенных радионуклидов в приземном воздухе наблюдалось и в районах, расположенных в 100-километровой зоне вокруг ПО «Маяк», на Южном Урале. Максимальная среднемесячная объемная активность ^{137}Cs , измеренная в непосредственной близости от ПО «Маяк» (поселок Новогорный), составила $1170 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что в 92 раза выше среднего по РФ и на шесть порядков ниже допустимой объемной активности ^{137}Cs в воздухе для населения по НРБ-99. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в приземном слое атмосферы в том же пункте дошла до $104 \cdot 10^{-7}$ Бк/м³, что примерно в 120 раз выше среднего по РФ, но на пять порядков ниже ДОА_{нас} по НРБ 99. Наблюдаемые в поселке Новогорном объемные активности изотопов плутония были примерно на четыре порядка ниже ДОА_{нас} для $^{239,240}\text{Pu}$ ($2,5 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³) и ДОА_{нас} для ^{238}Pu ($2,7 \cdot 10^{-3}$ Бк/м³) по НРБ-99. Среднегодовое содержание трития в осадках в 2006 году в поселке Новогорном было равно 53,3 Бк/л, что в 19 раз выше среднего значения по территории РФ (см. табл. 6.6).

Средняя годовая сумма выпадений ^{137}Cs из атмосферы в 100-километровой зоне вокруг ПО «Маяк» в 2006 году (6 Бк/м²·год) в 7 раз превышала фоновое значение для Уральского региона. Средняя величина выпадений ^{90}Sr в этой зоне за год (7,9 Бк/м²·год) была почти в 4 раза выше регионального фонового уровня [4].

6.2. Поверхностные и подземные воды, морские воды

6.2.1. Сбросы загрязненных сточных вод

Большинство рек, озер и водохранилищ загрязнено нефтепродуктами, фенолами, органическими веществами, а также соединениями металлов – меди, цинка, железа. Кое-где к ним добавляются также соединения ртути, формальдегид и биогенные вещества. Особую опасность представляют содержащиеся в поверхностных водах пестициды, которые поступают с полей.

Основные причины загрязнения вод – сбросы сточных вод, результаты работы речного транспорта, добыча стройматериалов, поверхностный сток с прилегающих территорий, застройка водоохраных зон, свалки мусора. Наибольшее антропогенное воздействие сегодня испытывают Волга и ее притоки, в которые поступает 40% общего объема сточных вод. Эффективность работы очистных сооружений, которыми они обеспечены, крайне низка. Так, доля нормативно очищенных вод составляет лишь 8% общего объема сточных загрязненных вод, а доля недостаточно очищенных сточных вод достигает 72% [7].

В табл. 6.7 представлены данные Росстата и Росводресурсов за 2005, 2008 годы, характеризующие объемы сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы по основным разделам, подразделам и классам ОКВЭД [1, 2]. Следует отметить, что полный объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты, в 2005 году составил 50,9 км³. К категории *загрязненных* отнесено 17,7 км³ сточных вод (34,8% общего объема сброса).

Распределение относительных показателей сброса загрязненных сточных вод в 2005 году по основным видам экономической деятельности представлено на рис. 6.5. Эти параметры сохранялись без существенных изменений до 2008 года.

Наибольшими объемами сброса загрязненных сточных вод в природные воды характеризуются предприятия по сбору, очистке и распределению воды (на бытовом языке «централизованное водоснабжение и канализация») – 47% всего объема сбрасываемых сточных вод (табл. 6.7). Остальные виды и разделы экономической деятельности, ранжированные по убыванию их доли в объеме сточных вод:

- предоставление коммунальных и персональных услуг – 10,6%;
- целлюлозно-бумажная промышленность – 6,7%;
- сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство – 5,8%;
- химическая промышленность – 4,6%;
- металлургическая промышленность – 4%;
- добыча каменного угля, бурого угля и торфа – 2,5%.

Сами по себе объемы сброса сточных вод не могут характеризовать степень экологического ущерба от сбросов; понятно, что ущерб определяет-

Таблица 6.7. Объемы сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы по видам экономической деятельности, млн. кубометров [1, 2]

Вид экономической деятельности	2005	2008
Всего по Российской Федерации	17 727,47	17 119,48
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	1035,52	1037,69
Добыча полезных ископаемых, в том числе:	1020,67	1083,86
– добыча каменного угля, бурого угля и торфа	441,01	460,64
– добыча сырой нефти и природного газа; предоставление услуг в этих областях	40,71	42,18
– добыча урановой и ториевой руд	2,87	2,10
– добыча металлических руд	213,28	249,97
– добыча прочих полезных ископаемых	322,80	328,97
Обрабатывающие производства, в том числе:	3771,63	3269,91
– производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона и изделий из них	1184,77	1044,85
– химическое производство	821,01	680,41
– металлургическое производство	715,36	706,64
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды, в том числе:	9195,69	9059,89
– производство, передача и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды	816,46	937,21
– сбор, очистка и распределение воды	8379,24	8122,68
Транспорт и связь	137,81	83,79
Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	478,81	322,88
Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг, в том числе:	1879,24	2050,13
– удаление сточных вод, отходов и аналогичная деятельность	1878,36	2049,6

ся количеством и составом ЗВ, поступающих в природные воды со сточными водами. Данные о массе сброса основных ЗВ за последние восемь лет (2001–2008 годы) приведены в табл. 6.8. Примечательно, что сброс основных компонентов ЗВ за этот период сократился примерно на 40% для нефтепродуктов, взвешенных веществ и фенолов и на 9–25% для фосфора общего и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ); сброс соединений металлов остался без изменений.

Основные показатели водопользования для наиболее крупных речных бассейнов Российской Федерации в 2005 году отражены в табл. 6.9. Объем нормативно очищенных сточных вод в 2005 году был равен 11% объема сточных вод, требующих очистки (19,9 км³). Это стало результатом перегруженности или отсутствия очистных сооружений, а также низкой эффективности работы очистных сооружений, ухудшения их технического

Таблица 6.8. Сброс загрязняющих веществ со сточными водами, тыс. тонн [1, 2]

Загрязняющие вещества	2001	2002	2003	2004	2005	2008
Нефтепродукты	5,5	5,1	5,6	6,6	3,7	3,1
Взвешенные вещества	509,3	446,5	430,8	392,0	359,4	311,9
Фосфор общий	24,9	25,1	23,6	23,3	23,4	22,6
Фенол	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03
СПАВ	2,8	2,6	2,4	2,2	2,3	2,1
Соединения меди	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Соединения железа	7,1	6,5	6,5	5,5	5,6	7,3
Соединения цинка	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6

Таблица 6.9. Основные показатели использования воды по речным бассейнам России в 2005 году, млн. кубометров [1]

Бассейны водных объектов	Забрано воды	Использовано воды	Сброшено сточных вод			Мощность очистных сооружений перед сбросом в водные объекты		
			всего	в том числе		нормативно очищенных	относительно необходимой, %	
				без очистки	недостаточно очищенных			нормативно очищенных
Северная Двина	914,44	875,67	825,72	77,56	540,42	19,27	1156,27	140
Печора	427,58	373,87	350,13	2,27	15,99	71,52	167,92	48
Нева	1393,06	1178,22	608,22	310,43	111,95	0,00	226,97	37
Ладожское озеро	1292,97	1248,58	1192,49	31,03	217,86	0,64	509,91	43
Днепр	718,53	677,35	346,39	3,12	186,62	25,60	445,55	129
Дон	5450,43	5181,57	3499,84	82,66	605,29	164,35	1522,12	43
Кубань	11029,41	3725,54	2477,06	272,73	217,81	10,42	521,82	21
Волга	23062,43	19752,68	16087,32	619,14	6676,83	836,29	13490,56	84
Урал	1834,61	1766,59	1611,13	40,43	262,09	0,04	309,86	19
Терек	5156,38	3298,36	962,79	18,10	131,87	4,54	180,89	18
Обь	9181,35	8031,14	7150,90	470,71	1943,45	723,87	4438,32	62
Енисей	3095,42	2673,40	2623,36	208,65	975,16	36,39	1967,87	75
Лена	296,56	143,90	212,16	15,07	72,05	22,84	136,75	65
Амур	1104,29	897,72	824,73	111,80	320,37	26,32	480,86	58
Озеро Байкал	515,25	444,56	415,10	2,46	95,95	1,79	199,39	48



Рис. 6.5. Распределение объемов загрязненных сточных вод по основным видам экономической деятельности в 2005 году [1]

состояния (см. табл. 6.9). В 2005 году мощность очистных сооружений составила 29,6 км³, т.е. 58% необходимой мощности для обработки всего объема сточных вод (50,9 км³).

6.2.2. Химическое загрязнение поверхностных вод

Качество поверхностных вод в Государственной системе наблюдений (ГСН) Росгидромета оценивается с помощью комплекса гидрохимических показателей («комплексная оценка»). Природные воды классифицируются по степени загрязненности воды путем условного разделение всего диапазона состава и свойств поверхностных вод в условиях антропогенного воздействия на различные интервалы с постепенным переходом от «условно чистой» к «экстремально грязной». При этом используются следующие классы качества воды: 1 класс – «условно чистая»; 2 класс – «слабо загрязненная»; 3 класс – «загрязненная»; 4 класс – «грязная»; 5 класс – «экстремально грязная» (см. ниже, п. 7.5.1). Ниже приведена оценка состояния поверхностных вод России на основе материалов государственных докладов [1, 2] и обзоров Росгидромета [3, 4] по регионам и бассейнам рек.

Поверхностные воды Карелии, Северо-Запада и Калининградской области. На качество воды *Немана* существенное влияние оказывают сточные воды целлюлозно-бумажных предприятий. В 2006 году наметилась тенденция ухудшения качества воды до 3 класса, вода характеризовалась как «загрязненная» и «очень загрязненная». Участок *реки Преголи* в нижнем течении находится в промышленной зоне Калининграда и

подвержен сильному антропогенному загрязнению. Для поверхностных вод *бассейнов рек Невы, Волхова, Свири* характерно повышенное содержание соединений меди (84–100% проб с превышением ПДК), марганца (20–75% проб), железа (30–100% проб). Для Невы и рек ее бассейна характерно повышенное содержание в воде соединений цинка – превышение ПДК примерно в половине проб.

Наиболее высокий уровень загрязненности *рек бассейна Балтийского моря* по-прежнему наблюдался по ЛОВ (по биохимическому потреблению кислорода – БПК₅), трудноокисляемым органическим веществам (ТОВ по химическому потреблению кислорода – ХПК), соединениям меди, марганца, железа, лигносульфонатам. По этим показателям превышение ПДК в общем количестве проб составляло соответственно 55,8; 95,5; 87,8; 50,2; 70,3; 75%.

Бассейн Северной Двины. Характерными ЗВ поверхностных вод бассейна являются соединения железа, меди, цинка, ТОВ (по ХПК), лигносульфонаты, на некоторых участках добавляются фенолы и в отдельных створах – нефтепродукты; превышение ПДК составляли (число проб воды реки и рек бассейна соответственно): 90 и 86%; 77 и 78%, 88 и 68%; 100 и 93%, 74 и 58%; 76 и 62%, 9 и 10%. У большинства населенных пунктов в бассейне Северной Двины вода по-прежнему характеризовалась 3 классом качества – как «загрязненная», но при этом наблюдался рост числа створов, вода в которых оценивалась как «грязная» (4 класс).

В дельте Северной Двины уровень загрязненности воды по сравнению с предыдущими годами мало изменился: соединений меди и цинка 1–2 ПДК, железа и ТОВ – 3 ПДК, лигносульфонатов – 1,5–2 ПДК.

Основными источниками загрязнения устьевого участка Северной Двины являются сточные воды предприятий целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, льяльные (нефтедержущие) воды с судов речного и морского флота. В устьевом участке Северной Двины в отдельных пробах обнаруживали метанол (превышение ПДК в 13–17% проб), максимальная концентрация достигала 4 ПДК в черте Архангельска.

В среднем течении реки в воде обнаруживали лигносульфонаты – до 2 ПДК. В наиболее загрязненном створе (4 класс качества) возросло среднегодовое содержание нефтепродуктов до 6 ПДК и снизился этот показатель для соединений меди до 5 ПДК; содержание соединений цинка и железа в среднем составляло 7 ПДК. У села Усть-Пинега превышение ПДК по метанолу снизилось до 14% проб, максимальная концентрация составляла 2 ПДК. Концентрации свинца у г. Великий Устюг превышали установленный норматив в 15% проб (максимум 1,5 ПДК).

В верхнем течении реки среднегодовое содержание в воде ЗВ составляло (в ед. ПДК): соединений меди – 3–9, цинка – 2–3, железа – 3, ТОВ (по

ХПК) – 2; содержание аммонийного азота, ЛОВ (по БПК₅), нефтепродуктов и лигносульфонатов в основном не превышало ПДК.

В реках бассейна наиболее загрязнен участок *реки Сухоны* между городами Сокол и Великий Устюг, где вода оценивается 4 классом («грязная») в большинстве створов; критический уровень загрязненности воды достигался по ЛОВ (по БПК₅) и ТОВ (по ХПК), по растворенному в воде кислороду и соединениям меди. На протяжении 15–20 лет в бассейне Сухоны наиболее загрязнены реки Вологда и Пельшма, вода которых оценивается как «грязная» и «экстремально грязная». На качество воды Пельшмы оказывают влияние сточные воды ОАО «Сокольский ЦБК», объединенных очистных сооружений г. Сокол. Критическими показателями загрязненности воды в реке характеризуются ТОВ и ЛОС, фенолы, лигносульфонаты, метанол, среднегодовые и максимальные концентрации которых составляли: 16 и 93, 16 и 87, 25 и 172, 38 и 180, 3 и 10 ПДК.

Бассейн Печоры. Формирование химического состава воды *Печоры* и ее притоков происходит в различных геоморфологических условиях при определенной накладке антропогенных факторов. Бассейн Печоры охватывает 2/3 территории Республики Коми и является основным источником промышленного и коммунального водоснабжения. В бассейне реки развиты энергетика, нефтеперерабатывающая, угледобывающая, газодобывающая, лесозаготовительная и деревообрабатывающая отрасли промышленности.

Вода Печоры и рек ее бассейна в большинстве пунктов наблюдений в течение ряда лет характеризуется 3 классом качества, т.е. как «загрязненная». Наиболее распространенными ЗВ являлись соединения железа, меди, ТОВ (по ХПК), в ряде пунктов к ним добавились ЛОВ (по БПК₅).

Наиболее высокая доля проб с превышением ПДК наблюдалась для следующих ЗВ (% проб воды реки и рек бассейна соответственно): ЛОС (по БПК₅) – 61 и 48%; соединения железа – 100 и 90%, соединения меди – 80 и 88%; соединения цинка – 59 и 41%; ТОВ (по ХПК) – 83 и 81%.

Малые реки Кольского полуострова. Наиболее распространенными ЗВ малых рек Кольского полуострова на протяжении 20–30 лет являются: соединения никеля, меди, железа, молибдена, дитиофосфаты, сульфаты, фенолы, аммонийный и нитритный азот, легкоокисляемые органические вещества и др., которые поступают со сточными водами предприятий горно-добывающей промышленности (РАО «Норильский никель», ОАО «Ковдорский ГОК», ЗАО «Ловозерская горнообогатительная компания», ОАО «Апатит», ОАО «Кольская ГМК» и др.). На 22 водных объектах Кольского полуострова, расположенных в зоне влияния сточных вод этих предприятий, в 2006 году было зарегистрировано 99 случаев высокого загрязнения (в том числе 60 – экстремально высокого загрязнения) соединениями металлов, сульфатами, дитиофосфатом, соединениями минерального азота и фосфора, органическими веществами и др. В водные объекты с хронически высоким уровнем загрязненности воды продолжается пря-

мой сброс сточных вод металлургических комплексов, что на фоне выпадения металлов из атмосферных осадков и вымывания кислотными дождями увеличивает экологический риск и потенциально ухудшает качество воды этих водных объектов.

С учетом чрезвычайной уязвимости и слабой самоочищающей способности поверхностных вод в арктических условиях в Обзоре [3] делается вывод, что водные объекты Мурманской области находятся в тяжелейшем экологическом состоянии и требуют безотлагательных водоохранных мероприятий.

Бассейн Дона расположен на обширной территории ряда субъектов Российской Федерации: Тульской, Липецкой, Воронежской, Орловской, Белгородской, Курской, Тамбовской и Ростовской областей. Основными источниками загрязнения поверхностных вод бассейна Дона являются сточные воды предприятий ЖКХ, энергетической, химической, металлургической, сельскохозяйственной, пищевой и других отраслей промышленности, судоходство и маломерный флот. Превышение ПДК наиболее распространенными ЗВ вод в Доне и его бассейне в течение 2006 года составляло (% числа проб воды) соответственно: нефтепродуктами – 46 и 46,3%; соединениями меди – 65 и 40%; железом – 36 и 42%; нитритным азотом – 36 и 43%; аммонийным азотом – 25,5 и 26%. В целом вода в Доне оценивается 3 классом качества, т.е. как «загрязненная»; 4 классом качества – как «грязная» – оценены воды *Белгородского водохранилища, Северского Донца*. Водные объекты Манычской водной системы также характеризуются как «грязные», что обусловлено повышенным уровнем содержания минеральных солей, связанным с геологическим происхождением и расположением этих водных объектов в зоне солонцеватых почв.

Единичные высокие концентрации ежегодно отмечаются в верхнем течении Дона, г. Донской: соединений марганца – до 104 ПДК, аммонийного азота – до 31 ПДК, нитритного – до 39 ПДК, соединений железа – до 16–26 ПДК, сульфатов – до 4 ПДК.

Бассейн Кубани. Гидрохимический состав поверхностных водных объектов формируется под влиянием естественных гидрохимических факторов, а также сброса загрязненных и недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий, объектов ЖКХ, поверхностного стока с площадей водосбора, поступления загрязненных пестицидами сбросных вод оросительных систем. Значительное влияние на состояние поверхностных вод оказывают аварийные сбросы загрязняющих веществ от предприятий, разливы нефти и нефтепродуктов на промышленных объектах, осуществляющих их добычу, транспортировку и переработку. Вклад в загрязнение поверхностных водных объектов взвешенными веществами и в повышение минерализации воды вносят также стихийные природные явления: паводки, оползни, другие экзогенные процессы, связанные с поднятием грунтовых вод.

В 2008 году качество воды в бассейне *реки Кубани* практически не изменилось по сравнению с 2005 годом (3 и 4 классы качества – «загрязненная» и «грязная»). Характерные ЗВ в пробах природных вод: медьсодержащие – 2–12 ПДК, фенолы – 1–2,4 ПДК, органические соединения по БПК₅ – 1,2–1,7 ПДК, сульфаты – 2–3 ПДК.

Бассейн Волги. Создание каскада крупных Волжских водохранилищ способствовало развитию водоемких и экологически вредных производств, сточные воды которых являются одним из факторов ухудшения экологической обстановки в Поволжье. На долю Волжского бассейна приходится более трети общего сброса сточных вод в России (см. табл. 6.9). Несмотря на высокую обеспеченность региона очистными сооружениями, эффективность их работы крайне низка, в результате чего в водные объекты поступает большое количество ЗВ. В значительной степени Волгу загрязняют крупные притоки – Ока и Кама. Комплексная оценка качества поверхностных вод бассейна Волги показала, что в большинстве случаев вода оценивалась 3 и 4 классами качества, как «загрязненная» и «грязная».

На верхнем участке реки, от истока до границ с Ярославской областью, наблюдается превышение ЛОВ (по БПК₅). Наиболее загрязнена нефтепродуктами река в городах Ржев (1,2 ПДК) и Зубцов (5,3 ПДК). Содержание аммонийного азота (0,18–0,36 мг/дм³) ниже ПДК и показателей прошлых лет; нитритного азота – 0,01–0,02 мг/дм³; соединений меди (0,003–0,009 мг/дм³) выше ПДК на всем протяжении реки; цинка – ниже ПДК. По органолептическим показателям вода в Волге в основном характеризуется как «незагрязненная», прозрачность воды колеблется от 27,4 до 48,5 см.

Вода на участке Волги от Рыбинска до Чебоксар оценивается как «загрязненная». Наиболее характерными ЗВ *Горьковского водохранилища* являются соединения меди, марганца, железа, нефтепродукты (1–4 ПДК).

Для *Чебоксарского водохранилища* характерна достаточно устойчивая загрязненность воды соединениями меди (до 3–6 ПДК), железа (до 2–5 ПДК), цинка (до 1–3 ПДК). В створах водохранилища у городов Нижний Новгород и Кстово наблюдались высокие концентрации аммонийного азота, марганца, железа – до 7 ПДК. В целом вода Чебоксарского водохранилища характеризуется как «загрязненная». Наиболее загрязнена в бассейне Чебоксарского водохранилища *река Инсар* (ее вода оценивается как «грязная»), особенно вблизи Саранска.

Характерными ЗВ *Куйбышевского водохранилища* остались соединения меди. Наблюдения в пункте контроля г. Зеленодольска показали, что в 2005 году качество поверхностных вод в этом районе соответствовало 4 классу, разряду «а» («грязные»). Превышение ПДК наблюдалось по 11 ингредиентам химического состава воды. Загрязненность воды определялась как «характерная» по биохимическому и химическому потреблению кислорода, соединениям меди и азоту нитритному; как «устойчивая» – по летучим фенолам и нефтепродуктам, как «неустойчивая» – по соединени-

ям железа общего, цинка и марганца. Наибольший вклад в общую оценку степени загрязненности воды в 2005 году, вносили соединения меди. Общая оценка качества воды по удельному комбинированному индексу загрязненности воды (УКИЗВ, см. п. 7.5.1) составила 9,64 балла, что соответствует критическому показателю загрязненности воды.

Вода в *Саратовском водохранилище* в 2005–2008 годах в целом характеризуется как «умеренно загрязненная». Наиболее загрязненным притоком водохранилища с начала 1990-х годов остается *река Чапаевка*, вода которой характеризуется как «очень грязная». В 2005 году превышения ПДК наблюдались по марганцу (до 8,6 ПДК); солям железа (до 2,1 ПДК); солям меди (до 6 ПДК), азоту аммонийному и нитритному, фенолам, сульфатам, нефтепродуктам.

Воды Нижней Волги в течение 2005–2008 годов оставались загрязненными соединениями меди, цинка, ртути, фенолами, нефтепродуктами и другими органическими веществами и характеризовались по 4 классу качества как «грязные», однако наблюдается тенденция улучшения качества основных водотоков Астраханской области.

Река Ока в верхнем течении характеризуется как «загрязненная». В воде отмечено систематическое превышение ПДК по железу и другим тяжелым металлам: во всех пробах воды зарегистрировано повышенное содержание никеля – до 4,8 ПДК; в половине анализов отмечено превышение ПДК по меди. Такие высокие концентрации этих элементов, а также аммонийного азота, фосфатов и нитритного азота объясняются сбросами неочищенных сточных вод в пределах Тульской области. Ниже по течению под влиянием сточных вод предприятий Московской области качество воды реки ухудшается до «грязной». Вода на участке реки от Рязани до Касимова характеризуется как «загрязненная». Сточные воды предприятий городов Дзержинск и Нижний Новгород увеличивают загрязненность воды в *Оке* в устьевой части до «грязной». Притоки *Оки* – *реки Москва и Клязьма* – в течение ряда лет характеризуются как «грязные». Максимальные концентрации нефтепродуктов, аммонийного и нитратного азота, соединений меди в отдельных створах этих притоков превышают ПДК в десятки раз.

В *Каме* с 2005 года существенных изменений качества воды не произошло. Перечень показателей, превышающих нормативное содержание (ПДК_{р.х.}), не изменился: железо общее, марганец, медь, нефтепродукты, фенолы, алюминий, ЛОС, аммонийный и нитритный азот. Многие из этих примесей для водных объектов бассейна *Камы* являются «природными» загрязняющими веществами, природный фон по этим компонентам высокий и превышает нормативы ПДК в несколько раз.

Вода большинства створов на *Каме* оценивается как «загрязненная». Вода *рек Вятка и Белая* – самых крупных притоков *Камы*, характеризуется как «умеренно загрязненная». В средней части бассейна из-за неконтролируемого самоизлива шахтных вод сохраняется высокий и экстремально

высокий уровень загрязнения поверхностных водных объектов в Кизеловском угольном бассейне. Так, в реке *Вильве* из 12 отобранных проб в 2005 году в 11 случаях зафиксированы концентрации железа на экстремально высоких уровнях загрязнения (ЭВЗ)* в пределах 65 648 ПДК, среднегодовое содержание марганца составило 36 ПДК. В *Северной Вильве* среднегодовое содержание железа составило 57 ПДК, марганца – 56 ПДК. Воды *Вильвы* и *Северной Вильвы* характеризуются как «очень грязные», воды *Косьвы* – как «грязные».

Бассейн Оби. По административному положению *бассейн Оби* включает территорию Республики Алтай, Алтайского края, Кемеровской, Новосибирской, Омской, Томской и Тюменской областей. В 2006 году превышение ПДК основными ЗВ составляло (% проб воды в Оби и реках ее бассейна соответственно): ЛОС (по БПК₅) – 40 и 51%; фенолами – 51%; нефтепродуктами – 91 и 50%; аммонийным азотом – 60 и 45%; нитритным азотом – 20 и 27%; соединениями железа – 74 и 68%; соединениями меди – 67 и 82%; соединениями цинка – 41 и 59%.

Вода в верхнем течении *Оби* характеризуется 3 классом качества – как «загрязненная» и «очень загрязненная». Ниже по течению реки качество воды продолжает ухудшаться, и в большинстве пунктов вода оценивается как «грязная» и «очень грязная» (4 класс качества). Наиболее ярко это выражено вблизи крупных промышленных центров и в местах, расположенных в районе нефтепромыслов. В районе Салехарда в течение ряда лет вода в Оби характеризуется как «грязная» и «экстремально грязная» (5 класс качества). В 2006 году критический уровень загрязненности воды достигался за счет соединений железа, меди, цинка, марганца, нефтепродуктов.

Экологическая ситуация для большинства рек и озер, находящихся на территории Алтайского края, в течение ряда лет остается напряженной. По-прежнему актуальна проблема последствий ракетно-космической деятельности предприятий Минобороны. Вода рек и озер, находящихся на территории Алтайского края, характеризуется в большинстве 4 классом («грязная») и 3 классом («загрязненная» и «очень загрязненная»).

Самыми крупными и наиболее загрязненными реками в *бассейне Оби* являются реки *Иртыш*, *Томь* и *Чулым*. Антропогенную нагрузку *Томь* и *Чулым* испытывают с истока, где осуществляется сброс сточных вод горнодобывающих и золотодобывающих предприятий без соответствующей очистки. Вода в *Томи* на большей части течения реки характеризуется как «загрязненная» и «очень загрязненная», в отдельные годы – как «грязная».

Вода крупнейшего притока Оби, *Иртыша*, поступает из Казахстана на территорию России уже загрязненной; в 2006 году по всему течению она

* В качестве экстремально высокого загрязнения поверхностных вод принят уровень загрязнения, превышающий ПДК в 5 и более раз для веществ 1 и 2 классов опасности и в 50 и более раз для веществ 3 и 4 классов опасности.

характеризовалась в основном 4 классом качества. Основными ЗВ являются фенолы, нефтепродукты, соединения железа, меди, цинка, марганца, аммонийный азот, среднегодовые концентрации которых в 1–13 раз превышают ПДК. Максимальные концентрации в реке на участке от Тобольска до Ханты-Мансийска составляли: ТОВ (по ХПК) – 6 ПДК; аммонийного азота – 5 ПДК; нитритного азота – 3 ПДК; соединений железа – 15 ПДК, меди – 29 ПДК; цинка – 8 ПДК; марганца – 48 ПДК; нефтепродуктов – 114 ПДК.

Одна из наиболее загрязненных рек не только в бассейне Оби, но и в целом по России – *Исеть*. Вода рек *Исеть* и *Миасс* в большинстве створов характеризуется как «грязная»; в отдельных створах (Екатеринбург, Челябинск) оценивалась 5 классом качества, как «экстремально грязная». Характерными ЗВ в воде рек являются соединения меди, цинка, железа, марганца, аммонийный и нитритный азот, превышение ПДК которых отмечено в 50–100% проб. В контрольных створах вблизи Челябинска ежегодно наблюдается дефицит растворенного в воде кислорода и наличие сероводорода и сульфидов.

Бассейн Енисея. В верховой части и в среднем течении *Енисея* регулирована гидроузлами Енисейского каскада ГЭС, образующими крупнейшие в России *Саяно-Шушенское* и *Красноярское водохранилища*, вода которых относится к категориям «загрязненная» и «грязная». По состоянию на 2006 год, вода большинства притоков по всему течению реки также характеризовалась как «грязная». Это обусловлено повышенным содержанием в природном естественном фоне соединений тяжелых металлов при относительно небольшом антропогенном воздействии на этих участках. Загрязненность соединениями тяжелых металлов остается на одном уровне в течение многих лет, что еще раз подтверждает природный характер проявления включенных в оценку качества воды ЗВ. Среднегодовые концентрации ионов цинка составляют 0,012–0,055 мг/дм³, марганца 0,004–0,041 мг/дм³, железа 0,07–0,54 мг/дм³. Среднегодовые концентрации фенолов практически не изменились и не превышали 0,004 мг/дм³. Произошло незначительное снижение загрязнения нефтепродуктами – с 0,04–0,29 мг/дм³ до 0,01–0,19 мг/дм³; максимальное значение 13,6 ПДК зафиксировано в створе в 0,5 км выше Абакана.

Гидрохимический режим вод озера *Байкал* характеризуется стабильностью фонового содержания ионов солевого состава. При средней фоновой концентрации сульфатона SO_4^{2-} в водах открытого Байкала 5,9 мг/л в 2006 году наблюдалось увеличение средних концентраций сульфатов в Северном (6,3 мг/л) и Среднем Байкале (6,6 мг/л). Максимальные концентрации сульфатов фиксировались в районе сброса сточных вод Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК, г. Байкальск, Ю. Байкал) – 9,1 мг/л, и в районе г. Северобайкальск (Северный Байкал) – 6,8 мг/л. Указанные районы озера испытывают наибольшую антропогенную нагрузку: от сбросов промышленных предприятий (Ю. Байкал, район БЦБК); от

загрязненных вод *Селенги* (Средний Байкал); от хозяйственной деятельности на примыкающем к озеру участке БАМ и в бассейне *Верхней Ангары* (города Нижнеангарск, Северобайкальск). В этих районах озера общей площадью порядка нескольких сот квадратных километров отмечаются повышенные, по сравнению с фоновыми значениями, концентрации нефтепродуктов, хлориона, органического углерода. На основании данных многолетних наблюдений рядом ведущих специалистов делается вывод о наличии заметного тренда повышения концентраций Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ в водах *Байкала* в связи с ростом их поступления в озеро с водами притоков, прежде всего *Селенги*, как следствие роста антропогенной нагрузки в водосборном бассейне озера [8, 9]. Тем не менее в настоящее время воды *озера Байкал* можно характеризовать как чистые, незагрязненные, имеющие фоновые, «доиндустриальные» уровни содержания химических веществ [9]. К сожалению, на территории России этой характеристики не может быть удостоен ни один сколько-нибудь значимый в водном балансе страны водный объект. Причина уникальной чистоты *Байкала* – его огромная водная масса – $21\,670\text{ км}^3$ (в 5 раз больше объема годового речного стока с территории России), которая обеспечивает стабильный гидрохимический режим озера за счет большого времени водообмена – около 360 лет.

Воды *озера Байкал* формируют химический состав воды в *Ангаре* (главном притоке *Енисея*), вытекающей из озера. В то же время в бассейне озера *Байкал* в отдельных притоках в 2005 году наблюдалось загрязнение воды органическими веществами, фенолами, нитритами, нитратами, соединениями меди, железа, цинка, нефтепродуктами: в *реках Селенга* (около 50% водного и химического стока в *Байкал*) и *Уда* (приток *Селенги*) в районе Улан-Удэ – алюминием и марганцем; в *реке Голоустной* – трудно- и легкоокисляемыми органическими веществами, соединениями меди, железа; вода *рек Мысовка, Снежная, Бугульдейка* в 2006 году (как и в предыдущие годы) относилась ко 2 классу качества – «слабо загрязненных» вод. Впрочем, как отмечено в Обзоре [3], повышенное содержание в воде притоков соединений меди и железа, возможно, имеет природный характер. Здесь мы сталкиваемся с противоречиями как в толковании понятия «загрязнение», так и в общей методологии определения ПДК, в особенности для химических элементов и соединений, присутствующих в природных незагрязненных водах (см. ниже, п. 7.2).

Водохранилища каскада ГЭС на *Ангаре* суммарно аккумулируют по объему полтора среднегодового стока реки. Качество воды *Иркутского водохранилища* определяется химическим составом байкальских вод, являющихся основным источником формирования водной массы, а также влиянием судоходства и сточных вод очистных сооружений поселка Листвянка и рекреационной деятельностью вокруг водохранилища. Среднегодовые концентрации всех контролируемых показателей в 2006 году не превышали нормы. Максимальное содержание в воде железа общего дос-

тигало 1,3 ПДК, ртути 2 ПДК, органических веществ по БПК₅ 1,7 ПДК, азота нитритного 3 ПДК. Вода *Иркутского водохранилища* в створе «исток Ангары» оценивается как «условно чистая», у городов Ангарск и Усолье-Сибирское как «слабо загрязненная».

Вода *Братского водохранилища* характеризуется от «слабо загрязненной» до «условно чистой». Основными ЗВ являются фенолы (до 4 ПДК), нефтепродукты (до 1,6 ПДК), ЛОС по БПК₅ (до 1,5 ПДК), лигнины (до 2,8 ПДК). Местами отмечается повышенное содержание меди (до 2 ПДК).

Усть-Илимское водохранилище формируется в основном в результате сбросов через Братскую ГЭС, в связи с чем и качество вод верхней части водохранилища определяется содержанием ЗВ, поступающих из *Братского водохранилища*. Наиболее загрязненным в *Усть-Илимском водохранилище* является залив *реки Вихорева*, на который оказывает неблагоприятное влияние сброс сточных вод ООО «Братский целлюлозно-картонный комбинат», хозяйственных сточных вод г. Братска. В течение 2005 года наблюдались повышенные концентрации нефтепродуктов до 2,1 ПДК, фенолов до 8 ПДК, железа общего до 1,1 ПДК, ЛОС по БПК₅ до 1,4 ПДК. В целом загрязненность воды *Ангары* не изменилась, вода характеризуется как «слабо загрязненная».

Реки *бассейна Пясины*, особенно Щучья и Норильская, подвержены существенному воздействию предприятий Норильского промрайона и ОАО «ГМК «Норильский никель».

Бассейн Лены в данных мониторинга Росгидромета [3] представлен участками самой *Лены* в среднем и нижнем течении и ее притоками (*реки Нюя, Большой Патом, Бирюк, Олекма, Шестаковка, Кэнкэмэ, Алдан, Вилюй*), а также *Вилюйским водохранилищем* и озерами, расположенными в бассейне реки. Качество воды реки и ее бассейна формировалось под влиянием сброса недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод предприятий золото- и алмазодобывающей отраслей, энергетики, объектов водного транспорта, очистных сооружений населенных пунктов. Основными источниками загрязнения вод являются суда речного флота, порты, нефтебазы, судоверфи (поселок Качуг и город Усть-Кут), судоремонтный завод (город Киренск), предприятия ЖКХ и золотодобывающие предприятия.

Уже в верхнем течении (поселок Качуг) вода реки характеризуется как «загрязненная», что связано с повышенным природным фоном меди. Максимальное содержание в воде органических соединений ниже Киренска по ХПК, БПК₅, железу общему и меди достигало 3,1; 1,7; 2,6 и 5,3 ПДК соответственно. По комплексу показателей вода створа оценивалась как «загрязненная».

Многолетние наблюдения за качеством поверхностных вод бассейна Лены свидетельствуют, что наиболее распространенными загрязняющими веществами являются ЛОС (по БПК₅), фенолы, нефтепродукты, соединения железа, меди, марганца, превышение ПДК которых в 2006 году составляло в *Лене*

и в реках ее бассейна соответственно: 31 и 36%, 62% (везде), 13 и 12%, 42 и 56%, 90 и 89%, 5 и 14 %. В официальных источниках отсутствуют сведения о загрязнении *Алдана*, основного по водности (правого) притока Лены; по косвенным данным, вода в Алдане может характеризоваться как «очень грязная» вследствие сбросов неочищенных сточных вод многочисленными предприятиями золотодобывающей промышленности в бассейне этой реки.

Бассейн Колымы. Основными источниками загрязнения поверхностных вод бассейна *реки Колымы* являются сточные воды предприятий золотодобывающей промышленности, ЖКХ, а также поверхностный сток с неблагоустроенных территорий населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий. Характерными ЗВ вод *реки Колымы* остаются нефтепродукты, фенолы, соединения железа, меди, свинца, марганца.

Среднегодовая концентрация нефтепродуктов возросла до 12 ПДК, максимальная – до 48 ПДК. Среднегодовая концентрация взвешенных веществ – 17,4 мг/л, максимальная концентрация – 60,6 мг/л. На участке реки в нижнем течении вода характеризовалась как «очень загрязненная». Диапазон колебаний значений УКИЗВ по створам составлял 3,73–3,83, критические показатели отсутствовали. Вода в Колыме и большинства ее притоков в 2006 году оценивалась как «загрязненная».

Бассейн Амура (реки Читинской области). Качество воды на участке *Верхнего Амура* определяется состоянием его двух основных притоков – *Аргуни* и *Шилки*. Река Аргунь имеет самое плохое на территории Читинской области качество вод, что обусловлено влиянием источников загрязнения, расположенных на территории Китая. В целом в 2006 году вода в Аргуни оценена как «грязная» и «очень грязная» (4 класс качества, УКИЗВ 3,72–5,63). На участке реки от поселка Молоканка до села Кайластуй отмечены высокая и экстремально высокая степени загрязненности вод за счет органических соединений, нефтепродуктов, аммонийного азота, ионов меди и цинка.

Вода в *реке Шилке* в 2006 году оценивалась как «загрязненная» и «грязная» (3 и 4 классы качества, УКИЗВ 3,71–4,91). Диапазон среднегодового содержания основных ЗВ составляет: органических соединений и железа общего – 1–3 ПДК; фенолов и ионов цинка – 1–2 ПДК; нефтепродуктов – 1–4 ПДК; ионов меди – 3–7 ПДК.

В 2006 году характерными ЗВ поверхностных вод в *бассейне Амура* были соединения тяжелых металлов: медь 5–19 ПДК (среднегодовые), цинк 1–3 ПДК, фенолы 2–15 ПДК; легкоокисляемые органические соединения (по БПК₅) до 1,1 ПДК; нефтепродукты до 2 ПДК; азот аммонийный и нитритный – соответственно 1–2 ПДК и до 4 ПДК; соединения железа 1–10 ПДК. На качество воды в Амуре оказывают влияние стоки со стороны Китая, поэтому среднегодовые концентрации большинства нормируемых показателей уже в пограничном («фоновом») створе превышают предельно допустимые значения. На участке в районе села Черняево (на границе Читинской и Амурской областей) вода в Амуре относилась к 3 классу

(«умеренно загрязненная»). Ниже по течению качество воды в реке изменялось от «умеренно загрязненной» в районе Благовещенска до «загрязненной» в районе Хабаровска и «грязной» в районе городов Амурск, Комсомольск-на-Амуре, Николаевск-на-Амуре.

Примером определяющего влияния на загрязнение Амура потока ЗВ с части бассейна реки, расположенной в Китае, служит сброс ядовитых веществ в *реку Сунгари* (крупнейший правый приток Амура) 13 ноября 2005 года в результате крупной аварии на нефтехимическом предприятии. Среди ЗВ, попавших в воды Сунгари, опасными концентрациями выделялся нитробензол. В момент выхода пятна загрязнения нитробензолом в Амур максимальная его концентрация несколько превышала ПДК для питьевого водоснабжения (0,2 мг/л), однако на порядок превысила ПДК на нитробензол для рыбохозяйственных водоемов (0,01 мг/л). Экологические последствия загрязнения Сунгари проявляются в заметном изменении качества водной среды обитания сообществ водных организмов в результате накопления в воде азот- и фосфорсодержащих соединений. ЛОС.

Случаи высокого загрязнения воды в 2005 году отмечались в районе города Амурска по соединениям меди (30, 32 и 49 ПДК), свинца (20 ПДК); в районе Комсомольска-на-Амуре по соединениям меди (30 ПДК), свинца (4,5 ПДК), марганца (42 ПДК); в районе Николаевска-на-Амуре по фенолам (30–40 ПДК). Случаи ЭВЗ зафиксированы в районе Амурска по соединениям меди (52 и 95 ПДК). Среди рек *бассейна Амура* в наибольшей степени загрязнены: *Черная* и *Березовая*, относящиеся к категории «чрезвычайно грязные», а также *Левая Силинка*, отнесенная в 2005 году к категории «очень грязная». В бассейне *реки Усури* в наибольшей степени загрязнены *реки Дачная* и *Подхоренок*, вода в которых характеризуется как «чрезвычайно грязная».

Реки острова Сахалин. Продолжает наблюдаться тенденция увеличения загрязненности поверхностных вод Сахалина. Самой загрязненной рекой острова является *Охинка* (3 категория загрязненности) за счет расположенных по всей длине реки нефтегазодобывающих предприятий. В течение многих лет среднегодовые концентрации нефтепродуктов, фенолов, азота аммонийного, соединений меди, железа общего превышают ПДК, наблюдается также высокое загрязнение реки взвешенными веществами. Среднегодовые концентрации нефтепродуктов остаются на уровне ЭВЗ, в 2006 году они возросли до 1000 ПДК. Среднее содержание фенолов и меди составило 17 ПДК, соединений марганца – 13 ПДК, железа – 16,5 ПДК, цинка – 2 ПДК, взвешенных веществ (196 мг/л) – до 1071 ПДК. По комплексной оценке вода реки в течение десятилетий относится к 5 классу и оценивается как «экстремально грязная».

Загрязненность воды остальных рек Сахалина в течение ряда лет практически не меняется. Вода большинства рек относится к 3 классу и оценивается как «загрязненная». В течение 2006 года отмечено 18 случаев экс-

тремально-высокого загрязнения воды отдельных водных объектов, из них 14 случаев – нефтепродуктами, три случая – соединениями марганца, один случай – соединениями меди.

Реки полуострова Камчатка. Все водные объекты полуострова в 2005 году имели характерную загрязненность вод нефтепродуктами. Высокий уровень загрязненности нефтепродуктами отмечался в *реках Озерная и Паужетка* и в большей части водотоков бассейна *реки Камчатки*, в остальных реках он был средним (превышение ПДК в 2–9 раз).

Степень загрязненности речных вод фенолами почти в 90% створов характеризуется как «средняя». Наиболее часто в водотоках в повышенных концентрациях встречается свинец (100%-ная повторяемость превышения ПДК до 2 раз), в трети проб – медь, в 16% – цинк и только в 1% – кадмий. Наибольшие среднегодовые концентрации меди (4–6 ПДК) имели место в реке Камчатке, а также в *реках Быстрой, Аваче, Средней Аваче и Ключевке*, максимальная концентрация меди была определена в *реке Быстрой* – 27 ПДК.

В значительной степени загрязнена цинком вода в реке Камчатке в районе села Долиновка, где в 2005 году зарегистрировано пять случаев высокого загрязнения цинком (16,2–25,5 ПДК), а среднегодовая концентрация достигла 14,4 ПДК. Также единичные случаи высокого загрязнения воды цинком зарегистрированы в *реке Паратунке* (14,4 ПДК) и ее притоке *реке Быстрой* (15,3 ПДК), в фоновом створе *Паужетки* (14,9 ПДК).

Причиной загрязнения ЛОС (по БПК₅) являются хозяйственно-бытовые стоки населенных пунктов и частных подсобных хозяйств. По кратности превышения ПДК уровень загрязненности ими в 67% створов был низким (превышение ПДК в 1,1–1,9 раза). На участке *реки Авачи* ниже города Елизово зафиксировано наибольшее значение БПК₅ – 2,6 ПДК.

Водные объекты с наибольшими уровнями загрязнения, аварийные ситуации

В 2006 году ЭВЗ поверхностных вод в Российской Федерации наблюдались на 126 водных объектах в 420 случаях. В 2005 году на 96 водных объектах было зарегистрировано 422 случая ЭВЗ.

Высокие уровни загрязнения (ВЗ*) в 2006 году были отмечены на 246 водных объектах в 1492 случаях. В 2005 году на 246 водных объектах было зафиксировано 1236 случаев ВЗ.

В табл. 6.10 приведено число случаев ЭВЗ и ВЗ, зарегистрированных в 2006 году в бассейнах рек Российской Федерации. Максимальную нагрузку от загрязнения испытывают Волга, Обь и Амур.

* Под высоким загрязнением поверхностных вод понимают уровень загрязнения, превышающий ПДК в 3–5 раз для веществ 1 и 2 классов опасности, в 10–50 раз для веществ 3 и 4 классов и в 30–50 раз для нефтепродуктов, фенолов, ионов марганца, меди и железа.

Таблица 6.10. Экстремально высокое и высокое загрязнения поверхностных вод Российской Федерации в 2006 году [3]

Бассейны рек	Число случаев			Субъекты Российской Федерации, для которых число случаев ВЗ и ЭВЗ более 10
	ЭВЗ	ВЗ	Сумма	
Амур	50	249	299	Амурская и Читинская области, Приморский и Хабаровский края
Волга	89	479	568	Астраханская, Московская, Нижегородская, Самарская, Свердловская, Тульская области, Пермский край
Енисей	4	32	36	Красноярский край
Северная Двина	10	38	48	Вологодская область
Обь	183	455	638	Кемеровская, Курганская, Новосибирская, Омская, Свердловская, Тюменская, Челябинская области
Урал	6	20	26	Оренбургская область
Дон	–	16	16	Тульская область
Прочие	78	203	281	Камчатская, Магаданская, Мурманская, Сахалинская области, Приморский край
Итого:	420	1492	1912	

В 2006 году на территории России было зафиксировано 58 аварий, в том числе при несанкционированной врезке в трубопроводы – 15, транспортировке на суше – восемь, прорыве нефтепроводов и авариях на нефтяных скважинах – пять. В пяти случаях наблюдался значительный замор рыбы. 11 раз было зафиксировано обширное образование нефтяной пленки на водной поверхности при авариях и сбросах с судов и от невыясненных источников.

6.2.3. Оценка экологического состояния поверхностных вод по гидробиологическим показателям

В состав гидробиологических наблюдений входит изучение основных экологических сообществ: фитопланктона, зоопланктона, перифитона и зообентоса. Каждое из этих экологических сообществ наблюдается по ряду параметров. По данным первичных наблюдений рассчитывают специальные обобщенные гидробиологические индексы, которые позволяют формализовать оценку качества вод в условных единицах. Качество вод оценивается по 6-балльной шкале классов чистоты – по степени загрязнения, аналогичной шкале степени химического загрязнения, приведенной в начале п. 6.2.2: I класс – «очень чистые»; II класс – «чистые»; III класс – «умеренно загрязненные»; IV класс – «загрязненные»; V класс – «грязные»; VI класс – «очень грязные». Влияние загрязнения на водные объекты можно выразить не только через категории качества вод, но и через категории экологического состояния, в котором могут находиться водные экосистемы (см. п. 7.5.2). При этом по мере роста нагрузки загрязнения на водную

среду наблюдается последовательное ухудшение экологического состояния водных экосистем [10]:

- 1) экологическое благополучие;
- 2) антропогенное экологическое напряжение (увеличение видового разнообразия, интенсивности метаболизма биоценозов);
- 3) антропогенный экологический регресс (уменьшение видового разнообразия, пространственно-временной гетерогенности, энтропии, значительное увеличение интенсивности метаболизма биоценозов);
- 4) антропогенный метаболический регресс (снижение активности биоценоза по сумме всех процессов образования и разрушения органического вещества, полная деградация биоценозов).

Ниже приводится комплексная оценка качества вод и состояния водных экосистем по результатам гидробиологических наблюдений в 2006 году по гидрографическим районам (бассейнам морей). В каждом бассейне в категории «наиболее загрязненные объекты» указаны водные объекты (их участки) из числа обследованных, экосистемы которых находятся в состоянии экологического или метаболического регресса, а качество вод характеризуется IV–VI классами чистоты.

В Баренцевском гидрографическом районе комплексным анализом по показателям фитопланктона, зоопланктона, бактериопланктона и зообентоса в 2006 году были охвачены 10 озер, два водохранилища и 23 реки Мурманской области. В целом в данном регионе состояние вод оценивается II–III классом качества, иногда с повышением до IV. Экосистемы находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения, местами переходя в экологическое благополучие либо в антропогенный экологический регресс.

Наиболее загрязненные объекты – бассейн реки Патсо-йоки: река Колос-йоки (устье); бассейн реки Колы: озеро Колозеро; река Печенга (ст. Печенга); бассейн Кольского залива: озеро Ледовое; бассейн реки Нивы: река Можель (устье), река Ньюдай (устье), озеро Имандра (губа Молочная).

В Каспийском гидрографическом районе (бассейн Волги) на водных объектах бассейнов Горьковского и Чебоксарского водохранилищ чистота вод характеризуется III классом, иногда повышаясь до IV, водные экосистемы находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения. В Рыбинском водохранилище в пределах двух плесов (Главного и Волжского) индекс сапробности указывал на II класс качества воды, лишь иногда переходя в III класс; экосистемы находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения. Состояние воды в Куйбышевском водохранилище оценивается III классом, изредка переходя в IV; в Саратовском водохранилище – III–IV классами с переходом в V; реки Самарской области по качеству вод охватывают почти все классы: со II по V, однако преимущественно характеризуются III–IV классами. Экосистемы бассейна Средней Волги находятся в состоянии антропогенного экологи-

ческого напряжения с заметным креном в сторону антропогенного экологического регресса. Качество поверхностных вод по показателям фитопланктона на *Нижней Волге* оценивалось III–IV классами; экосистемы планктона находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения.

Наиболее загрязненные объекты – бассейн Средней Волги: *Куйбышевское водохранилище* (города Зеленодольск, Казань, Ульяновск, Тетюши); *Саратовское водохранилище* (города Тольятти, Самара, Сызрань, Хвалынский); *малые реки Самарской области: Кондурча (устье), Самара* (город Самара), *река Большой Кинель* (поселки Тимашево, Отрадный), *река Чапаевка* (город Чапаевск), *река Круша* (город Новокуйбышевск), *река Безенчук (устье)*; бассейн Нижней Волги: *река Нижняя Волга* (село Верхнее Лебяжье, Астрахань ЦКК, ПОС, село Ильинка), *рукав Камызяк* (город Камызяк), *рукава Кривая Болда, Бузан* (село Красный Яр), *рукав Ахтуба* (поселок Аксарайский).

В Азовском гидрографическом районе исследования проводились на 12 водных объектах и 36 створах по показателям фито- и зоопланктона. Воды *бассейна Нижнего Дона* характеризуются III классом, экосистемы находятся в состоянии антропогенного экологического напряжения. В *бассейне Кубани* воды оцениваются классом IV, фитопланктон на контролируемом участке дельты Кубани оставался в нестабильном состоянии, в отдельные месяцы на некоторых створах часто отмечается угнетенное состояние, причины которого не выявлены; возможен экологический и метаболический регресс.

В Восточно-Сибирском гидрографическом районе по показателям фитопланктона и зообентоса воды бассейна Верхней Лены (*реки Лена и Копчик-Юрэгэ, залив Неелова и озеро Мелкое*) оцениваются в среднем III классом, однако на некоторых створах класс снижался до II либо повышался до IV, но незначительно.

В Карском гидрографическом районе гидробиологические наблюдения проводились на водных объектах Бурятии и Читинской области. Результаты исследований в *бассейне озера Байкал* показывают, что воды здесь преимущественно имеют класс чистоты III, а экосистемы находятся в антропогенном экологическом напряжении, иногда переходящем в экологическое благополучие. По показателям перифитона и зообентоса класс чистоты вод Енисея варьирует от I до V. Состояние экосистем меняется от экологического благополучия до экологического регресса. Чистота воды в *Ангаре* характеризуется классами II и III, однако порой доходит до V и даже VI класса; водные экосистемы бассейна находятся в состоянии от экологического благополучия до экологического регресса.

Наиболее загрязненные объекты – бассейн Енисея: *река Березовка* (0,1 км выше устья), *река Есауловка* (0,5 км выше устья), *река Кача* (0,5 км выше устья); бассейн Ангары: *река Ангара* (Иркутск, 2 км ниже сборо-

сов авиазавода), *Братское водохранилище* (1,5 км ниже сбросов ОАО «Химпром»), 3 км ниже сбросов ОАО «Восточно-сибирский элемент»), *река Иркут* (12 км ниже села Смоленщина), *река Кая* (0,5 км ниже сбросов радиозавода).

В Тихоокеанском гидрографическом районе на трех водных объектах и семи створах по показателям фитопланктона, зоопланктона и зообентоса вода относится к III и IV классам чистоты, что соответствует антропогенному экологическому напряжению экосистем.

Наиболее загрязненные объекты – *бассейн Амура: река Амур* (Хабаровск, Комсомольск-на-Амуре), *Амурская протока* (Хабаровск).

В 2006 году по градациям экологического состояния наблюдаемые водные объекты распределились следующим образом (в скобках – доля в 1997 году): в состоянии экологического благополучия – 15% (11%); в состоянии антропогенного экологического и метаболического регресса – 25% (30%); в промежуточном состоянии антропогенного экологического напряжения и с элементами экологического регресса – 60% водных объектов (59%). Результаты гидробиологического мониторинга свидетельствуют о том, что на протяжении последних десяти лет не происходило заметного улучшения качества воды и состояния водных экосистем. Наблюдаемые участки поверхностных вод России находятся в относительно стабильном экологическом состоянии, при котором только 15% водной среды можно охарактеризовать как находящиеся в состоянии относительного экологического благополучия.

Этот вывод с некоторыми оговорками можно распространить на весь объем поверхностных вод, если принять во внимание, что не попавшие в число наблюдаемых в системе гидробиологического мониторинга многочисленные *малые и средние водные объекты* (*реки, озера*) по прямым и косвенным данным гидрохимического мониторинга «загрязнены в наибольшей степени» [3]. Это означает, что их экологическое состояние, по крайней мере, не лучше состояния крупных водных объектов, на которых проводились наблюдения.

6.2.4. Загрязнение подземных вод

В результате добычи подземных вод на отдельных территориях образовались крупные региональные депрессионные воронки значительных размеров (до 46 тыс. км²) со снижением уровня в центре до 55–100 м (Москва, Санкт-Петербург, Брянск, Курск, Краснодар, Тихорецк). На территории России, по данным государственного мониторинга состояния недр на 1 января 2008 года, выявлено 6118 участков загрязнения подземных вод, при этом более 70% – в грунтовых водоносных горизонтах, обычно не являющихся источниками питьевого водоснабжения населения. По экспертным оценкам, в целом по Российской Федерации доля загрязненных подземных вод не превышает 5–6% объемов их использования для питьевого водоснабжения населения [2].

Таблица 6.11. Основные показатели загрязнения подземных вод по федеральным округам [1, 2]

Российская Федерация, федеральный округ	Общее количество участков загрязнения		Число участков, связанных с той или иной причиной загрязнения								Число участков, на которых выявлено загрязнение подземных вод				Число участков с интенсивностью загрязнения подземных вод (в единицах ПДК)				Число участков по классам опасности загрязняющего вещества			
	промышленными объектами	сельскохозяйственными объектами	коммунально-бытовыми объектами	объектами различного рода деятельности	подтаиванием некондиционных природных вод	неустойчивыми источниками загрязнения	сульфатами, хлоридами	соединениями азота	нефтепродуктами	фенолами	тяжелыми металлами	менее 10	10-100	более 100	класс I чрезвычайно опасные -	класс II высокоопасные -	опасные - класс III	умеренно опасные - класс IV				
Российская Федерация [2]	6118	2407	841	707	588	521	1054	1009	2501	1767	362	457	4262	1312	544	247	1005	2551	1761			
Центральный [1]	729	323	86	122	62	34	102	88	229	128	20	58	470	199	60	4	124	372	229			
Северо-Западный [1]	404	151	64	68	35	33	53	51	160	119	51	23	248	111	45	5	80	189	130			
Южный [1]	787	259	146	64	83	4	231	132	393	236	64	37	519	174	94	17	109	450	211			
Приволжский [1]	1752	682	296	141	99	236	298	473	684	507	87	85	1226	354	172	14	270	879	589			
Уральский [1]	254	124	6	29	56	2	37	34	93	62	17	41	131	101	22	6	76	120	52			
Сибирский [1]	1365	548	225	145	198	83	166	139	576	487	95	66	971	279	115	38	379	524	424			
Дальневосточный [1]	300	117	15	78	31	21	38	14	77	98	21	67	180	77	43	38	102	63	97			

Примечание. К группе тяжелых металлов относятся: кадмий, медь, ртуть, свинец, цинк, никель, кобальт, сурьма, висмут 6+, олово.

Показатели загрязнения подземных вод по федеральным округам (табл. 6.11) дают следующую картину. Загрязнение 2407 участков (39% общего количества) связано с деятельностью промышленных предприятий, 841 участка (14%) – с сельскохозяйственной деятельностью, 707 участков (12%) – с коммунальным хозяйством, 521 участка (8%) – с подтягиванием некондиционных природных вод при нарушении режима их эксплуатации, 588 участков (10%) – с деятельностью промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных объектов (загрязнение подземных вод «смешанное»); для 1054 участков (17%) источник загрязнения подземных вод не установлен. Основными ЗВ являются соединения азота – нитраты, нитриты, аммиак или аммоний (на 2501 участке), нефтепродукты (на 1767 участках), сульфаты, хлориды (на 1009 участках), тяжелые металлы – медь, цинк, свинец, кадмий, кобальт, никель, ртуть или сурьма (на 457 участках), фенолы (на 362 участках).

На 4262 участках (70%) загрязненность подземных вод составляет 1–10 ПДК, на 1312 участках (21%) изменяется в пределах 10–100 ПДК, на 544 участках (9%) превышает 100 ПДК.

Согласно нормативам СанПиН 2.1.4.1074-01 и ГН 2.1.5.2280-07, чрезвычайно опасной степени загрязнения подземных вод (I класс опасности загрязняющих веществ) подвержены 247 участков (4% общего количества загрязненных участков), высокоопасному (II класс) – 1005 участков (16%), опасному (III класс) – 2551 участок (42%) и умеренно опасному (IV класс) – 1761 участок (29%). Для 554 участков (9%) подземных вод класс опасности загрязнения по СанПиН 2.1.4.1074-01 и ГН 2.1.5.2280-07 не определен или загрязняющие вещества отсутствуют в документе. Наибольшую экологическую опасность представляет загрязнение подземных вод на водозаборах питьевого водоснабжения, которое за период с 1985 по 2007 год было отмечено на 2990 водозаборах, преимущественно одиночных эксплуатационных скважинах с производительностью менее 1,0 тыс. м³/сут.

6.2.5. Загрязнение морских вод

По данным наблюдений, выполненных организациями Росгидромета и Минприроды России в 2005–2006 годах [1, 3], степень загрязнения морских вод оценена следующим образом.

Баренцево море. Кольский залив. Прибрежные морские воды Баренцева моря интенсивно загрязняются непрекращающимся сбросом неочищенных сточных вод муниципальных предприятий, а также флотов и промышленных предприятий. В большей степени это относится к Кольскому заливу, рыбохозяйственному водоему высшей категории, состояние которого характеризуется высоким уровнем загрязнения. В водах залива постоянно отмечается повышенное содержание нефтепродуктов и фенолов, а также тяжелых металлов, которые затем накапливаются в донных морских

отложениях. Концентрации тяжелых металлов в водах залива составляли в 2005 году, мкг/л: меди – 4,6, никеля – 1,36, свинца – 0,7, марганца – 7,9, железа – 127, кадмия – 0,06. По величине индекса загрязненности вод ИЗВ = 1,99 качество вод в Кольском заливе оценивается V классом (воды «грязные»). Кислородный режим в районе южного колена Кольского залива в течение 2006 года был удовлетворительным: содержание растворенного кислорода изменялось в пределах 6,6–12,4 мг/л и в среднем составляло 11,2 мг/л. По ИЗВ качество вод в южном колене в 2006 году соответствует IV классу (1,38), «загрязненные». По ИЗВ = 0,40 качество вод в среднем колене в 2005–2006 годах соответствовало II классу – «чистые».

В юго-восточной части Баренцева моря (район острова Варандей) содержание нефтяных углеводородов (НУ) доходило до 0,08 мкг/л в диапазоне от 0,2 до 1,6 ПДК. Из металлов самая высокая концентрация отмечена по железу (2–7 ПДК), содержание меди, никеля, марганца, свинца и кадмия находилось в пределах 0,1–0,9 ПДК.

Печенгскую губу загрязняют хозяйственно-бытовые сточные воды поселков Печенга и Линахамари. Концентрация НУ в поверхностном слое составляла 0,02–0,03 мг/л, взвешенных веществ 0–3 мг/л. Содержание тяжелых металлов колебалось в следующих пределах, мкг/л: меди 0,8–4,3, никеля 0,7–17,8, марганца 3,6–20,4, свинца 0,15–0,31, железа 0,02–1,07, кадмия 0,10–0,32, хрома 0,29–3,43.

Море Лаптевых. Характерными ЗВ залива Неелова (поселок Тикси-3) являются соединения меди, фенолы, нефтепродукты. Качество вод по ИЗВ соответствует «умеренно загрязненным». Отмечается большая захламленность побережья и островов использованными бочками и цистернами с остатками горюче-смазочных материалов, которые периодически смываются в море после штормов и обрушения береговой линии.

Белое море. Двинский залив. В октябре 2006 года вблизи дельты Северной Двины средняя концентрация НУ была 50 мкг/л (1 ПДК), нитритов – 1,6 мкг/л. Кислородный режим был в норме: содержание растворенного кислорода в июле и октябре составляло в среднем 8,6 мг/л. Загрязненность вод нефтепродуктами была незначительной: средняя концентрация равнялась 0,01 мг/л.

Дельта Северной Двины. Здесь среднее содержание НУ в воде составляло 0,2 ПДК, максимальное – 4,2 ПДК, фенолов – соответственно 4 ПДК и 10 ПДК, аммонийного азота – 0,2 ПДК и 0,8 ПДК. Хлорорганические пестициды в дельте Северной Двины в период наблюдений не обнаружены, кислородный режим в основном был удовлетворительным: среднее содержание растворенного кислорода составило 7,5 мг/л. Однако в марте 2006 года вблизи села Усть-Пинега зарегистрировано очень низкое содержание растворенного кислорода – 2,11 мг/л, что соответствует уровню высокого загрязнения. Повышенные концентрации меди, никеля и железа установлены

в морских водах Архангельского торгового порта. Качество морских вод по ИЗВ соответствовало «умеренно загрязненным».

Онежский залив. В устьевой области Онеги в 2006 году среднее содержание НУ составило 0,8 ПДК, максимальное – 6,4 ПДК, аммонийного азота – соответственно 0,3 ПДК и 1,3 ПДК. Хлорорганические пестициды в период наблюдений не обнаружены, за исключением гамма-ГХЦГ (гексахлор-циклогексана), максимум – 2,0 нг/л. Кислородный режим в устьевой области Онеги был удовлетворительным: содержание растворенного кислорода в диапазоне 5,8–10,7 мг/л, в среднем 8,95 мг/л.

Мезенский залив. В устьевой области Мезени среднее содержание НУ в период наблюдений составило 0,4 ПДК, максимальное – 1,2 ПДК. Максимальное содержание аммонийного азота не превысило 0,6 ПДК. Кислородный режим был в норме: содержание растворенного кислорода колебалось в диапазоне 6,9–10,2 мг/л, составив в среднем 8,2 мг/л.

Кандалакшский залив. В 2006 году среднегодовое содержание НУ в морских водах Кандалакшского залива составило 0,8 ПДК, максимальное – 1 ПДК, фенолов – соответственно 0,1 ПДК и 0,2 ПДК. Содержание аммонийного азота не превышало 0,1 ПДК. Среднегодовая концентрация меди была на уровне 0,8 ПДК (максимальная – 1 ПДК); марганца – 0,2 ПДК (0,5 ПДК); железа – 1,2 ПДК (2,5 ПДК); никеля – 0,6 ПДК (2,2 ПДК); ртути – 7 ПДК (10 ПДК), свинца – ниже 0,1 ПДК. Кислородный режим был удовлетворительным: содержание растворенного кислорода колебалось в диапазоне 7,2–9,5 мг/л, в среднем составляя 8,1 мг/л. Качество вод по ИЗВ соответствовало II классу (0,69) – «чистые». Качество вод в торговом порту города Кандалакши оценивается III классом («умеренно загрязненные»).

Балтийское море. Восточная часть Финского залива. Содержание НУ в 2006 году в водах контролируемой акватории изменялось в диапазоне от 30 до 97 мкг/л при среднем значении 49,9 мкг/л (1 ПДК). Содержание СПАВ (синтетических поверхностно-активные веществ) в течение всего периода наблюдений находилось ниже предела чувствительности используемого метода их анализа – менее 0,25 мкг/л. Суммарная концентрация соединений группы ПАУ (полициклические ароматические углеводороды) – 24 нг/л, содержание наиболее токсичного соединения из группы ПАУ – бенз(а)пирена – в водах залива было ниже предела обнаружения. Загрязнение ХОС (хлорорганическими соединениями) определялось регулярным присутствием в пробах морской воды значимых количеств ПХБ (полихлорированных бифенилов), пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ, средняя концентрация которых составляла 0,30 нг/л. В поверхностном слое вод содержание нитритов достигало 8 мкг/л (среднее – 2 мкг/л), в придонном слое – до 9,20 мкг/л (среднее – 3,7 мкг/л). Средняя концентрация нитритного азота для всей обследованной акватории за период наблюдений составила 3,5 мкг/л (0,17 ПДК).

Содержание нитратного азота в поверхностном слое вод изменялось от 6 до 11 мкг/л (среднее значение – 8,04 мкг/л), в придонных водах – от 6 до 19 мкг/л (11,7 мкг/л). Максимальные значения были зафиксированы в юго-западной части обследованной акватории на обоих горизонтах. Минимальные величины отмечались в северной мелководной части района наблюдений. Средняя концентрация нитратного азота для всей обследованной акватории за период наблюдений составила 9,87 мкг/л, т.е. 0,01 ПДК. Распределение нитратного азота на акватории характеризовалось незначительным увеличением концентрации от северо-восточной ее части по направлению к юго-западной, мористой части.

Уровень насыщения вод кислородом в поверхностном слое находился в пределах от 107 до 114%, в придонном слое – от 90,6 до 108%. Наиболее низкий уровень насыщения (90,6–92,8%) отмечен в придонных водах глубоководной южной части бухты Портовая, где наблюдается заток более соленых (соленость до 3,45 ‰) и холодных вод (температура до 10,2°С). На всей акватории бухты в поверхностном слое и придонном слое мелководной части наблюдается перенасыщение вод кислородом, что обусловлено сильным прогревом воды массовым цветением фитопланктона.

По ИЗВ (0,58) воды обследованного участка трассы можно отнести к II классу – «чистые».

Куршский залив. В 2005 году наибольшее загрязнение отмечалось в летний период: повышенное содержание (с небольшим превышением ПДК) нитритного и аммонийного азота, а также нефтепродуктов в поверхностном слое. Содержание фосфора и фосфатов в теплый период было в пределах 4–76 мкг/л; в холодный период 3–20 мкг/л. Содержание нефтепродуктов в поверхностном слое изменялось от 0 до 0,205 мг/л, детергентов – от 0 до 62 мкг/л, ртути – в пределах 0,5–100 нг/л. Содержание пестицидов было ниже ПДК. К наиболее загрязненным относятся юго-западный и юго-восточный участки Куршского залива.

Вислинский залив. Антропогенное загрязнение со стороны впадающей в залив реки Преголи оказывает существенное влияние на гидрохимический режим Вислинского залива. В устье Преголи в течение всего периода наблюдений содержание фосфатов изменялось от 100 до 410 мкг/л, на остальной акватории – от 2 до 203 мкг/л. Содержание нитритного азота было в пределах 1–36 мкг/л. Содержание нитратного азота не превышало ПДК. Концентрация аммонийного азота изменялась в широком диапазоне – от 8 до 1–100 мкг/л, детергентов – от 25 до 220 мкг/л. Наиболее загрязнен участок северо-восточной части залива, где находится устье Преголи, воды в этой части залива характеризуются как «грязные» и «очень грязные». Воды на остальной территории залива относятся к «условно чистым» и «чистым».

Азовское море. По данным наблюдений Росгидромета в период апрель–октябрь 2006 года [3], содержание НУ в воде устьевой области реки

Дон в 2006 году изменялось от менее 50 мкг/л (предел обнаружения используемого метода анализа) до 280 мкг/л (5,6 ПДК) в придонном горизонте рукава Мертвого Донца. Среднегодовая концентрация НУ снизилась в 2,7 раза по сравнению с 2005 годом и составила 100 мкг/л (2 ПДК). Содержание СПАВ изменялось от менее 25 до 50 мкг/л, т.е. не превысило 1 ПДК. Концентрация аммонийного азота варьировала в диапазоне от 10 до 140 мкг/л, среднегодовая концентрация – 52 мкг/л. Концентрация общего фосфора изменялась в пределах 16–231 мкг/л, среднегодовое содержание – 118 мкг/л. Кислородный режим в устье Дона в исследуемый период был удовлетворительным: содержание растворенного кислорода изменялось в пределах 5,7–11,6 мг/л (65–141% насыщения). Среднегодовое содержание кислорода по сравнению с 2005 годом увеличилось с 93 до 100% насыщения. В донных отложениях дельты Дона содержание НУ изменялось от 0,03 до 0,90 мг/г сухого остатка.

По данным Минприроды России [1], в воде Азовского моря по сравнению с 2004 годом снизилось содержание соединений хрома, СПАВ (на 12%), нитритов (на 24%), нефтепродуктов (на 35%). Вместе с тем возросло содержание соединений никеля (на 27%), кадмия (на 83%), фосфатов (на 11%), железа (на 72%). Наибольшее загрязнение вод отмечается в районе пляжа Петрушино: СПАВ – 3,1 ПДК, фосфаты – 8,7 ПДК, аммонийный азот – 1,1 ПДК, нефтепродукты – 4,8 ПДК. Самое высокое содержание нитритов (21 ПДК) установлено в районе пляжа города Ейска, свинца (3,8 ПДК) – в Керченском проливе, меди (15–20 ПДК) – в центральной части Азовского моря и западной части Таганрогского залива, кадмия (5,2 ПДК) – на выходе из Темрюкского залива. Загрязнение Азовского моря в значительной степени обусловлено сточными водами очистных сооружений и несанкционированными свалками в водоохраных зонах.

Черное море. По данным Минприроды России [1], в 2005 году отмечалось превышающее ПДК загрязнение акватории моря в районе Адлер – Сочи нефтепродуктами и по БПК₅. По сравнению с прошлыми годами произошло сокращение сброса в Черное море СПАВ (на 20%), азота нитратного (на 37%), взвешенных веществ (на 22%). При этом увеличилось количество поступления аммонийного азота (на 30%), азота нитритного (на 80%), нефтепродуктов (на 50%), жиров и органических соединений (по БПК₅, на 12%).

По данным Росгидромета [3], в 2006 году на участке Сочи – Адлер среднегодовая концентрация НУ составила 1,2 ПДК, максимальная – 4 ПДК, в придонном слое среднее содержание НУ за год составило 1,4 ПДК. Среднегодовая концентрация СПАВ в поверхностном слое колебалась от 0,1 до 0,3 ПДК, хлорорганические пестициды в воде в период наблюдений не обнаружены. Среднегодовая концентрация железа в водах контролируемой акватории составила 0,6 ПДК, свинца – 0,1 ПДК, ртути – 0,1 ПДК. Содержание аммонийного азота в морской воде было значительно ниже 1 ПДК.

Кислородный режим в период проведения наблюдений был удовлетворительным – в среднем насыщение вод растворенным кислородом составило 100,7%, однако в придонных слоях отмечался неустойчивый неблагоприятный кислородный режим. По критериям ИЗВ воды контролируемого прибрежного участка от Сочи до Адлера соответствуют III классу («умеренно-загрязненные»).

Каспийское море. В период наблюдений организациями Росгидромета в поверхностных водах Северного Каспия (в зоне деятельности ООО «Каспийская нефтяная компания», «КНК») [3], содержание НУ изменялось от менее 2,0 до 114 мкг/л, среднее значение – 27 мкг/л. В придонных водах концентрация НУ находилась в пределах от менее 2,0 до 62 мкг/л (среднее – 16,5 мкг/л). В районе трубопровода от нефтяного месторождения имени Ю. Корчагина концентрация НУ изменялась от менее 2,0 до 60 мкг/л (среднее значение – 14,5 мкг/л). В придонных водах содержание НУ было от менее 2,0 до 52 мкг/л (среднее значение – 7,6 мкг/л).

В Среднем Каспии концентрации НУ в поверхностных водах находились в пределах от менее 2,0 до 174 мкг/л (среднее значение – 41 мкг/л), в придонных – от менее 2,0 до 158 мкг/л (среднее значение – 24 мкг/л).

Концентрация детергентов (СПАВ) во всех районах исследований была ниже чувствительности метода определения – менее 25 мкг/л. Концентрация суммарных фенолов в Северном Каспии находилась в интервале от нижнего предела обнаружения используемого метода анализа (менее 0,5 мкг/л) до 0,9 мкг/л в поверхностном и 1,1 мкг/л в придонном горизонте. В Среднем Каспии их содержание не превышало 1,1 мкг/л в поверхностном и 0,7 мкг/л – в придонном горизонте.

Характер загрязнения исследуемых акваторий ХОС определялся регулярным присутствием в пробах морской воды незначительного количества пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ, не превышавшего 1 ПДК (условно 10 нг/л). В водах мелководных участков Северного Каспия максимальное суммарное содержание ГХЦГ и ДДТ составило для изомеров ГХЦГ до 0,60 нг/л, для ДДТ и его метаболитов – 2,25 нг/л. Максимальное содержание хлорбензолов не превышало 0,10 нг/л.

Концентрация ни одного из контролируемых тяжелых металлов в водах Северного и Среднего Каспия не превышала 1 ПДК, за исключением меди (в районе лицензионного участка «КНК»).

Воды большинства районов Среднего Каспия в 2006 году были отнесены к классу «загрязненные». Только в районах, где загрязнение из наземных источников в силу ряда причин было относительно низким (Лопатин, взморья рек Сулак и Самур, а также открытая часть моря), воды оценивались как «умеренно загрязненные». В прибрежных районах на Дагестанском взморье наблюдения проводились у городов Махачкала, Каспийск, Избербаш, Дербент, в устьевых участках рек Терек, Сулак и Самур, а также

в открытой части Среднего Каспия на разрезе от озера Чечень до полуострова Мангышлак. Среднее содержание НУ во всех обследованных районах изменялось в пределах 0,8–1,2 ПДК. В районе Каспийска отмечались концентрации НУ 0,2–1,2 ПДК, у взморий рек Терек и Самура 0,8–1,6 ПДК, вблизи городов Махачкала и Избербаш 0,4–1,6 ПДК. Средние концентрации аммонийного азота были меньше ПДК, фенолов – 1–6 ПДК (при средней концентрации 3 ПДК).

В 2005 году воды взморья реки Терек у городов Махачкала, Каспийск, Избербаш оценивались как «загрязненные», в районе Дербента, взморья рек Сулак и Самур, на разрезе от озера Чечень до полуострова Мангышлак – как «умеренно загрязненные».

Охотское море. Шельф острова Сахалин. В прибрежной фоновой точке в районе поселка Стародубское в 2006 году максимальное содержание НУ в морских водах не превысило 2 ПДК. Среднегодовое содержание фенолов составило 5 ПДК, средняя концентрация СПАВ была 0,2 ПДК.

В бухте Нагаева установлена большая загрязненность нефтепродуктами поверхностных горизонтов вод. Повышенные содержания меди, цинка, свинца, марганца и железа (по сравнению с фоновым содержанием) отмечены в приустьевых частях рек Магаданка и Дукча, впадающих в бухту Гертнера. Непосредственно в водах бухты Гертнера наблюдались небольшие превышения ПДК по меди и марганцу. В целом содержание контролируемых химических соединений в водах бухт Гертнера и Нагаева, а также в Туйской губе не превышает ПДК, более высокие концентрации кадмия, мышьяка и железа характерны для бухты Нагаева; меди, цинка, марганца, свинца – для бухты Гертнера. Обусловлено это естественным, более высоким содержанием указанных элементов в речных водах по сравнению с морскими водами.

Японское море. Для прибрежных вод моря характерен высокий уровень загрязнения нефтепродуктами, превышающий ПДК в 10 раз и более. Это наиболее характерно для Амурского залива, где постоянно отмечаются также повышенные содержания фенола, железа, меди. Аномально высокое содержание (выше ПДК в 10 раз и более) меди, свинца, цинка и железа наблюдается в заливе Находка. В прибрежных водах залива Петра Великого зафиксированы повышенные концентрации ХОП. Качество вод на контролируемых акваториях Японского моря колеблется от «умеренно загрязненных» до «грязных».

6.2.6. Радиоактивное загрязнение водной среды

Поверхностные воды. Основной вклад в радиоактивное загрязнение поверхностных вод на территории России вносит техногенный ^{90}Sr , смываемый осадками с поверхности, загрязненной глобальными выпадениями почвы. В среднем в водах рек России объемная активность ^{90}Sr с 1999 по 2008 год постепенно снижалась в пределах от 6,2 до 5 МБк/л.

В 2008 году она составляла ~5 мБк/л, что на три порядка ниже допустимого уровня загрязнения для населения ($УВ_{\text{нас}} = 5,0$ Бк/л). В осреднение не включались результаты измерений содержания ^{90}Sr в речной воде, отобранной в 2008 году на участках рек Вишера, Кама, Колва, расположенных в регионе, где в 1971 году проводился ядерный взрыв в мирных целях (проект «Канал Печора – Колва»). Среднегодовые объемные активности ^{90}Sr в речной воде указанных рек в 2008 году составили соответственно 18, 14 и 17 мБк/л, т.е. были в 2–3 раза выше среднего по рекам России [4].

Объемная активность трития в водах основных рек России (в основном в их устьевых участках) со временем медленно уменьшается, так же как и активность трития в осадках. Средняя удельная активность ^3H в основных реках России в 2008 году была в пределах (2,1–3,3) Бк/л – примерно в 3000 раз ниже $УВ_{\text{нас}}$ ($7,7 \cdot 10^3$ Бк/л) [4]. Объемная активность ^{90}Sr в реках вблизи загрязненной в результате аварии на Чернобыльской АЭС зоны (города Брянск, Курск) вышла на указанные фоновые уровни, наблюдавшиеся на незагрязненной территории РФ.

По имеющимся данным, средняя концентрация ^{137}Cs в речных водах на территории России в 2003 году была на уровне 0,1–0,2 мБк/л [11], что на пять порядков ниже допустимого уровня загрязнения для населения ($УВ_{\text{нас}} = 11$ Бк/л).

На АТР наиболее загрязненной остается река Теча (приток Исети, левого притока Тобола, бассейн Оби) вследствие фильтрации вод из искусственных и естественных водоемов в обводные каналы и выноса радионуклидов из Асановских болот на территории ПО «Маяк». В связи с прекращением прямых сбросов в Течу жидких РАО, а также в связи со строительством в 1951–1964 годах плотин и обводных каналов поступление радионуклидов в Течу было существенно ограничено. Тем не менее загрязнение реки радионуклидами, в большей степени ^{90}Sr , до сих пор остается достаточно высоким. Этот радионуклид более чем на 95% находится в водорастворимом состоянии и поэтому мигрирует на большие расстояния по гидрографической системе. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в Течи (поселок Муслюмово) в 2008 году составила 9,5 Бк/л, что в 1,9 раза выше приведенного $УВ_{\text{нас}}$ (5,0 Бк/л) и более чем на три порядка выше среднего фонового уровня для рек России. В воде Исети (поселок Мехонское) после впадения в нее рек Теча и Миасс среднегодовая объемная активность ^{90}Sr составила около 0,9 Бк/л, что более чем в 5 раз ниже $УВ_{\text{нас}}$. В воде реки Караболки среднегодовая объемная активность ^{90}Sr сохранилась на уровне 1,1 Бк/л, а в устье Синары составила 0,33 Бк/л [4].

В Тече наблюдалось и повышенное содержание трития по сравнению с фоновыми уровнями для рек России. Среднегодовая объемная активность трития в 2008 году в Тече (поселки Новый мост и Муслюмово) была около 140 Бк/л, что превышает фоновые уровни (2,1–3,3 Бк/л) в 45–70 раз.

Морские воды. Уровни загрязнения морской воды ^{90}Sr мало меняются от года к году. Среднегодовые объемные активности этого радионуклида в 2008 году в поверхностных водах Азовского, Белого, Баренцева, Охотского и Японского морей, а также в водах Тихого океана у берегов Камчатки (Авачинская губа) колебались в пределах от 1,1 мБк/л в водах Охотского моря до 6,1 мБк/л в водах Каспийского моря [4].

Среднегодовые значения объемной активности ^{90}Sr в поверхностных водах морей в 1997–2007 годах (табл. 6.12) указывают на явную тенденцию к уменьшению содержания ^{90}Sr в водах Азовского и Черного морей и слабую тенденцию к уменьшению содержания ^{90}Sr в водах остальных морей в течение этого периода, если принять во внимание погрешности среднего значения из-за малой статистики и большой аналитической погрешности измерений.

Таблица 6.12. Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в поверхностных водах морей РФ, мБк/л [5]

Море	Количество проб в 2007 году	Годы										
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Азовское	—	—	28,0	18,7	16,0	—	15,8	—	—	—	6,0	—
Черное	—	16,1	13,5	—	15,5	13,0	—	—	10,7	12,2	—	—
Каспийское*	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,6
Баренцево	4	2,9	3,9	2,9	3,4	3,4	3,1	3,6	2,8	2,0	2,3	2,1
Белое	6	4,3	5,2	6,0	4,0	4,1	3,5	3,4	3,8	3,4	3,6	3,0
Охотское	4	2,0	2,5	2,2	2,3	2,1	1,9	2,1	1,8	1,7	2,0	1,0
Японское	5	3,6	1–7	1,6	2,4	2,1	2,1	2,2	2,1	2,1	2,2	1,7
Тихий океан**	12	2,0	2,0	1,9	1,7	1,9	2,0	2,1	1,8	1,7	1,5	1,3

Примечание: "—" – пробы не отбирались.

* В 1997–2006 годах пробы не отбирались.

** Прибрежные воды Восточной Камчатки.

6.3. Почвы

6.3.1. Фоновое загрязнение почв

Для определения степени загрязнения почв токсичными металлами (ТМ) подразделения сети Росгидромета ежегодно проводят отбор проб почв в районах, прилегающих к территориям с высоким техногенным воздействием на окружающую среду. В табл. 6.13 приведены данные по содержанию ТМ в почвах этих районов, в которых проводят регулярные (ежегодные) наблюдения сетевые подразделения Росгидромета.

Таблица 6.13. Фоновое содержание металлов в почвах Российской Федерации по данным сети мониторинга Росгидромета в 2006 году, мкг/кг [3]

Район отбора проб почвы	Форма	Pb	Mn	Cr	Ni	Mo	Sn	V	Cu	Zn	Co	Cd	Hg	As	Sr
Кларк в кислых почвах 10]	в	19	900	120	95	1,3	3	40	65	39	34	19	8	1,5	100
Башкортостан	к	15–19			54–74				27–211	210–220		0,03–0,19			
Янаул (Башкортостан)	к	19			74				27	210		0,03			
Н. Новгород	в	81	1100		27	0,5	0,4	50	26	250	7				
Нижегородская обл.	в	34	810		11	1,1	3	22	10	180	4				
Чебоксары	в	110	610		28	1,6	0,4	41	35	530	6,6				
Ижевск	в	110	1030	120	37	1,8		81	45	550	11				
Глазов (Удмуртия)	в	160	1100	110	39	0,3		110	69	770	14				
Новосибирск	к	12							9,5	25		<1			
Кемерово	к	13							21	170		<1			
Новокузнецк	к	17							15	150		<1			
Томск	к	11							9	200		<1			
Омск	в	26	890	85	38			52	<20	59	<10			10	170
Шелехов (Иркутская область)	в	26	430	74	55		0,8	66	37	62	12		0,046		
Московская область	к	16	800	30	12				8	26	8	0,1			
Спасск-Дальний (Приморский край)	к	19	770	36	16				13	45	12	н.о.			
Самара	к	10–33	200–430		39–56				16–99	180–220		0,2–1,6			
Свердловская область	к	28	970	46	35				62	79	18	1,1	0,039		
Нижний Тагил	к	13	490	22	18				29	44	13	0,4	0,02		

Форма нахождения: в – валовая; к – кислоторастворимая.

Содержание ТМ в почвах районов, где расположены станции комплексного фонового мониторинга (СКФМ), в 2006 году находилось в интервалах средних значений по результатам многолетних наблюдений. Концентрация свинца в поверхностном слое почв на европейских СКФМ составила не более 1,5 мг/кг, кадмия – до 0,12 мг/кг.

В 2006 году концентрации пестицидов практически не повысились по сравнению с наблюдениями за 1996–2005 годы, оставаясь на уровнях, близких к пределу обнаружения: гамма-ГХЦГ – около 1 мкг/кг, сумма ДДТ – 3–40 мкг/кг.

Как видно из данных, приведенных в разделе обзора [3], посвященном фоновому загрязнению почв, эта часть системы мониторинга Росгидромета в весьма слабой степени отражает общую картину состояния загрязнения почв на огромных территориях России, не подверженных прямому воздействию ЗВ промышленного происхождения.

Основной недостаток действующей системы мониторинга Росгидромета – отсутствие сколько-нибудь цельной пространственной картины природного геохимического фона, в которой можно было бы выделить так называемые геохимические аномалии, т.е. отклонения от фоновых уровней содержания тех или иных элементов в почвах. Более адекватной задаче оценки фонового загрязнения почв нам представляется методология эколого-геохимического картирования, задачей которого как раз и является установление закономерностей формирования и основных характеристик техногенных и природных геохимических аномалий. Понятно, что эта методология опирается на методы традиционного геохимического картирования, которые должны применяться к сравнительно новому объекту для исследовательской геохимии, а именно – к почвам как вторичной (по отношению к коренным горным породам) среде. С конца 1990-х годов ведутся комплексные работы по многоцелевому геохимическому картированию (МГХК), одной из задач которых является подготовка карт фонового содержания химических элементов в почвах (масштаб 1:1 000 000 и 1:200 000) – одни из слоев большого проекта Госгеолкарта-1000/3. Именно эколого-геохимические карты могут дать полное представление о состоянии загрязнения почв на всей территории страны [12].

6.3.2. Загрязнение почв городов и промышленных районов

Загрязнение токсичными металлами. Почвы территорий промышленных центров и прилегающих к ним районов загрязнены так называемыми тяжелыми металлами (в специальной литературе обычно обозначаются ТМ), которые накапливаются при постоянном потоке техногенных ЗВ из атмосферы. По нашему мнению, «тяжелые металлы» – устаревший термин для обозначения любых техногенных токсичных металлов, независимо от атомной массы; например, часто в эту категорию включают сверхлегкий бериллий с атомной массой 8 и ванадий с атомной массой 50. В дальнейшем изложении привычной аббревиатурой ТМ мы обозначаем более адекватный термин «техногенные металлы». Эта группа ЗВ входит в более широкую категорию токсикантов промышленного происхождения (ТПП).

Наблюдения за загрязнением почв металлами на сети мониторинга Росгидромета проводятся в районах источников промышленных выбросов в атмосферу. Приоритет отдается предприятиям цветной и черной металлургии, энергетики, машиностроения и металлообработки, химической, нефтехимической промышленности, стройматериалов. В качестве источ-

ника загрязнения может выступать одно предприятие, группа предприятий или город в целом [3].

В почвах определяется содержание алюминия, бериллия, ванадия, висмута, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, олова, свинца, ртути, хрома, цинка и других элементов в различных формах: валовых (в), подвижных (п), кислоторастворимых (к), водорастворимых (вод). Считается, что с удалением от источника выбросов примерно на расстояние 5–20 км в зависимости от мощности источника общее содержание ТМ в почвах уменьшается до регионального фона, который служит опорным уровнем для оценки степени загрязнения (см. табл. 6.13).

Коэффициенты вариации ТМ в почвах вблизи мощных источников промышленных выбросов в атмосферу, особенно в километровой зоне, могут достигать 200% и более. Это свидетельствует о высокой неоднородности (пятнистости) загрязнения почв металлами. Считается также, что почва является консервативной средой, в которой процессы выведения ЗВ («самоочищение») происходят очень медленно. Поэтому за достаточно короткий период времени (1–5 лет и, возможно, более) на больших территориях не происходит заметных изменений в средних уровнях содержания ТМ в почвах.

В обзоре [4] приведен список из нескольких десятков городов и населенных пунктов, в почвах которых среднее содержание каждого определяемого ТМ в валовых или кислоторастворимых формах за семилетний период наблюдений с 2002 по 2008 год включительно превышает (или достигает) 1 ПДК, 1 ОДК или 4 Ф. Остается неясным критерий выбора населенных пунктов для наблюдения: в список наряду с городами-«миллионниками» вошли маленькие поселки, например Листвянка (Иркутская область) или Раменское (Московская область) с населением порядка тысячи человек.

Почвы, в которых обнаружено превышение 1 ПДК ТМ, не могут быть отнесены к допустимой категории загрязнения. Согласно показателю загрязнения почв комплексом ТМ, к опасной категории загрязнения почв относится 7,3% обследованных в 2000–2008 годах включительно населенных пунктов, к умеренно опасной – 14,5%.

Основным критерием гигиенической оценки степени загрязнения почв каждым отдельным металлом является ПДК и/или ОДК в почве (табл. 6.14).

Таблица 6.14. ПДК и ОДК (в скобках) химических элементов в почве (валовое содержание) [13]

Элемент	F*	V	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Sb	Hg	Pb
ПДК (ОДК), млн ⁻¹	10	150	1500	5	(80)	(132)	(220)	2	(2)	5	2	32

* Водорастворимые формы.

Сравнение уровней загрязнения почв ТМ, для которых не разработаны ПДК и ОДК, проводится с их фоновыми концентрациями в почве (условно – Ф). Содержание ТМ на уровне 3–5 Ф и/или более (в каждом конкретном случае) служит показателем загрязнения почв данным ТМ. Опасность загрязнения тем выше, чем выше концентрация ТМ в почве и выше класс опасности ТМ. Оценка степени химического загрязнения почв по критерию неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геоигиенических исследованиях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. К таким показателям относятся: коэффициент концентрации химического вещества K_c и суммарный показатель загрязнения Z_c . Коэффициент концентрации K_c определяется как отношение содержания i -го вещества в почве C_i (мг/кг) к региональному фоновому уровню $C_{фг}$:

$$K_{ci} = C_i / C_{фг}$$

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

$$Z_c = K_{ci} - (n - 1),$$

где n – число определяемых веществ.

Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом ТМ проводится по индексу загрязнения $Z_{\phi}(Z_{\kappa})$, являющемуся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье человека. Согласно этому индексу, к опасной категории загрязнения почв ТМ относится 8,4% обследованных за последние 17 лет (с 1990 по 2008 год включительно) населенных пунктов, 1- и 5-километровых зон вокруг источников загрязнения; к умеренно опасной – 12,6%. В обзоре [4] приведен список этих населенных пунктов (городов). Почвы 79% населенных пунктов (в среднем) относятся к допустимой категории загрязнения ТМ, хотя отдельные участки почв городов могут иметь более высокую категорию загрязнения ТМ, чем в целом по городу. Так, по результатам 2006 года, в целом почвы территорий городов Алапаевск, Глазов, Ижевск, Кушва, Невьянск, Нижние Серги, Нижний Новгород (Приокский район), Чебоксары, согласно индексу Z_{ϕ} , меньшему 10, относятся к допустимой категории загрязнения ТМ; согласно индексу Z_{κ} – к умеренно опасной и опасной (Ижевск) категориям загрязнения.

Загрязнение почв фтором [3]. Наиболее высокие уровни загрязнения почв фторидами отмечены в районах алюминиевых заводов, вокруг которых загрязнение почв фтором прослеживается до 20 км и более, а также предприятий по производству фосфорных удобрений и других. Массовые доли соединений фтора со временем накапливаются или уменьшаются в почвах вокруг некоторых источников загрязнения, варьируя в определенных пределах.

Сильно загрязнены фтором в водорастворимых формах почвы километровой зоны вокруг ОАО «ИрКАЗ – СУАЛ» в городе Шелехове, 20 км к югу от Иркутска (11–26 ПДК), среднее содержание доступного фтора в почвах 19-километровой зоны в 2006 году составило 34 млн⁻¹ (3 ПДК).

Почвы Братска загрязнены соединениями фтора по валу (750 млн⁻¹ и 1500 млн⁻¹ или 31 и 63 Ф в поверхностном 5-сантиметровом слое почвы при Ф = 24 млн⁻¹).

За пятилетний период (с 2002 по 2006 год) наблюдалось загрязнение водорастворимыми формами фтора в целом почв территорий Краснотурьинска, Шелехова и отдельных участков почв городов Зима, Каменск-Уральский, Ревда.

Загрязнение почв нефтепродуктами [3]. Высокие уровни загрязнения почв нефтепродуктами, превышающие фоновые (Ф = 40–75 млн⁻¹) в десятки и сотни раз, наблюдаются в районах добычи, транспортировки, распределения и переработки нефти. Почти во всех обследованных промышленных центрах имеются участки почв, загрязненные НП. При отсутствии поступлений НП на почву со временем происходит ее самоочищение.

По данным 2006 года, загрязнение почв НП (среднее содержание 5 Ф и более) отмечено в Глазове (15 и 74 Ф), Ижевске (11 и 60 Ф), Новосибирске (6 и 11 Ф), Омске (7 и 67 Ф), Тольятти (километровая зона вокруг ВАЗ, 9–30 Ф).

Загрязнение почв сульфатами и нитратами [3]. В целом почвы обследованных городов не загрязнены нитратами и сульфатами. По результатам наблюдений в 2000–2006 годах превышение ПДК нитратов в 1,1–4 раза зафиксировано в почвах отдельных участков городов Асбест, Богданович, Екатеринбург, Михайловск, Новосибирск, Первоуральск, Ревда, Сысерть. Наибольшие массовые доли сульфатов (90 и 220 млн⁻¹ или 2 и 6 Ф, Ф = 39 млн⁻¹) в 2006 году найдены в почвах 19-километровой зоны вокруг Шелехова.

6.3.3. Загрязнение сельскохозяйственных земель

В 2008 году около 4,2% обследованной территории площадью 38 тыс. гектаров было загрязнено остаточными количествами пестицидов в концентрациях, превышающих ПДК. Загрязненная почва обнаружена на территории 12 субъектов Федерации. В 2008 году загрязнение отмечено по суммарному ДДТ – 4% обследованной территории площадью 35 тыс. гектаров и по трифлуралину – 1,3% обследованной площади 64 15 га. Почв, загрязненных остаточными количествами гербицида 2,4-Д, триазиновыми гербицидами, фосфорорганическими инсектецидами, синтетическими пиретроидами, ГХБ, полихлорированными бифенилами, не обнаружено. В 2008 году было проведено обследование вокруг 40 объектов хранения

неликвидных пестицидов. В большинстве случаев распространения загрязнения не произошло, однако выявлены объекты, вблизи которых почвы значительно загрязнены [4].

Поволжье [3]. В Верхнем Поволжье загрязненная почва обнаружена весной на 1,7% и осенью на 3,0% площади обследованных земель, содержание суммарного ДДТ составило 2,3–4,4 ПДК. На территориях вокруг площадок захоронения пестицидов содержание суммарного ДДТ достигало 96 ПДК. В Среднем Поволжье при обследовании 2065 га осенью 2006 года почва, загрязненная суммарным ДДТ, обнаружена на 34% сельскохозяйственных земель. В Самарской области под садами и ягодниками в Волжском районе весной и осенью 2006 года суммарным ДДТ загрязнена вся обследованная площадь при максимальных уровнях 7–12 ПДК. Соотношение ДДТ к ДДЭ в основном составляет 1 к 5–10, что свидетельствует о давнем применении ДДТ. В Безенчукском районе загрязнение полей суммарным ДДТ достигало 2,5 ПДК, причем отсутствие метаболита ДДЭ свидетельствовало о применении ДДТ в этих хозяйствах в 2006 году. Аналогичная картина наблюдается в почвах других районов Среднего Поволжья. Обследование почвы вокруг мест складирования и захоронения непригодных для применения или вышедших из употребления пестицидов обнаруживает загрязнение суммарным ДДТ до 70 ПДК.

Центральные области [3]. В почвах Владимирской, Калужской, Костромской, Московской, Рязанской, Тульской и Ярославской областей в 2006 году не обнаружено превышения ПДК контролируемых пестицидов – ДДТ и его метаболита ДДЭ, изомеров ГХЦГ и трефлана. Максимальные уровни суммарного ДДТ не превышали 0,7 ПДК, ГХЦГ – 0,1 ПДК и трефлана – 0,2 ОДК.

Центрально-черноземные области [3]. В почвах Белгородской, Брянской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей в 2006 году не установлено присутствие суммарного ДДТ, а также загрязнения почв остаточными количествами гербицидов трефлана, симазина и прометрина. При этом отмечено загрязнение почв 2,4-Д: весной – на 31% и осенью – на 8,2% обследованной площади при максимальных уровнях соответственно 12,3 и 1,3 ПДК.

Северный Кавказ [3]. В Краснодарском и Ставропольском краях и в Ростовской области при обследовании почв на площади 1915 га весной и осенью 2006 года ни по одному из 15 контролируемых пестицидов не выявлено превышения ПДК или ОДК.

Башкортостан [3]. В почвах Альшеевского, Аургазинского, Белебеевского, Гафурийского и Туймазинского районов ДДТ и ДДЭ (суммарное ДДТ), изомеры ГХЦГ (суммарное ГХЦГ) и гербицид 2,4-Д не обнаружены. Общее загрязнение почв пестицидами на обследованной территории составило весной 23,5%, осенью – 2,9%.

Курганская область [3]. В Белозерском, Кетовском, Лебяжьевском, Притобольном районах загрязненные пестицидами почвы составляют 0,12% общей обследованной площади области.

Западная Сибирь [3]. При обследовании почв в Азовском, Называевском, Омском, Русскополянском и Тюкалинском районах Омской области загрязненные почвы обнаружены только по гербициду трефлану: на территории Омского района на 26 га (45,6%) обследованных полей содержание трефлана осенью 2006 года в среднем составило 0,1 ОДК при максимальном 2,7 ОДК. В 2006 году суммарный ДДТ обнаружен только на небольшой площади в Искитимском районе Новосибирской области на уровне 13 ПДК.

Иркутская область [3]. В шести районах Иркутской области весной и осенью 2006 года загрязнение суммой ДДТ обнаружено на 4,0% обследованной площади на уровне 2–3 ПДК.

Приморский край. Осенью 2006 года загрязненные пестицидами почвы на уровне 1–2 ПДК в Приморском крае составили 4,0% обследованной площади.

Загрязнение токсичными металлами. Многочисленные литературные данные приводят к выводу, что загрязнение сельскохозяйственных почв токсичными металлами в пределах 1–2 ПДК имеет место только для небольшой части агроэкосистем в РФ. Для большинства агроэкосистем оно существенно ниже. Например, по данным обследования за 1995 год доля площадей пахотных почв, загрязненных микроэлементами выше ПДК, относительно всей площади обследованных земель РФ не превышает 1–2% (табл. 6.15) [14].

Таблица 6.15. Площади пахотных почв Российской Федерации, загрязненных микроэлементами выше 1 ПДК [14]

Показатели оценки почв	Pb	Cd	Hg	Ni	Cr	Zn	Co	Cu	As	F
Доля площадей с содержанием выше 1 ПДК, %	1,7	0,2	-	0,7	0,6	0,2	1,0	2,0	1,2	0,5
в том числе:										
ПДК по валовому содержанию	1,6	0,1	-	0,1	0,5	0,15	1,0	0,1	1,2	-
ПДК по подвижным формам	0,1	0,1	-	0,6	-	0,05	-	1,9	-	0,5

Даже для такого региона, как Московская область, с очень высокой концентрацией промышленности, доля площади агроэкосистем, в которых содержание какого-либо из микроэлементов в почве выше ПДК, составляет десятые и сотые доли процента количества земель, находящихся в сельскохозяйственном использовании [15]. С другой стороны, для многих агроэкосистем характерна обратная проблема – дефицит необходимых для сельского хозяйства растений микроэлементов. Даже высокая техногенная нагрузка не компенсирует процесса истощения почв агроэкосистем в отно-

шение цинка, молибдена, кобальта, бора, меди и марганца. Например, в Московском регионе до 80% пахотных земель характеризуется низким уровнем обеспеченности цинком, почти 10% почв испытывает недостаток молибдена, кобальта и меди [15].

6.3.4. Радиоактивное загрязнение почв

Фоновое загрязнение. Техногенное радиоактивное загрязнение территории РФ за пределами зон, загрязненных в результате Чернобыльской и других аварий на радиационно-опасных объектах (РОО), сформировалось к концу 1960-х – началу 1970-х годов в результате глобальных выпадений продуктов ядерных взрывов в атмосфере, основное количество которых пришлось на период 1949–1963 годов. В настоящее время радиоактивное загрязнение местности определяется присутствием в верхнем 10–20-сантиметровом слое почв долгоживущих продуктов взрывов: ^{90}Sr (период полураспада 28,5 лет), ^{137}Cs (30,2 лет) и плутония (изотопы ^{239}Pu и ^{240}Pu , периоды полураспада соответственно 24 380 и 6 540 лет). В 2005 году средняя плотность загрязнения территории страны этими радионуклидами составляла: ^{90}Sr – около 900 Бк/м² (24 мКи/км²); ^{137}Cs – 1900 Бк/м² (50 мКи/км²); плутонием – около 30 Бк/м² (0,5–1 мКи/км²). Уровни загрязнения ^{90}Sr и ^{137}Cs медленно уменьшаются: в соответствии с их близкими по величине периодами полураспада – в 2 раза через каждые 28–30 лет; загрязнение почв плутонием практически не изменяется со временем. При этом вклад техногенного загрязнения не превышает 2–3% общей радиоактивности почв фоновых районов, которая определяется присутствием в почвах естественных радионуклидов – ^{40}K и продуктов распада урана и тория.

Загрязнение от радиационных аварий и катастроф. Наиболее значительный ущерб почвам от радиоактивного загрязнения был нанесен в результате самых тяжелых радиационных аварий на территории бывшего СССР – так называемых Кыштымской (Южный Урал, 1957 год) и Чернобыльской (Киевская область, 1986 год).

Вследствие Чернобыльской катастрофы (26 апреля 1986 года, Чернобыльская АЭС, 100 км к северу от Киева) на европейской территории России загрязнению ^{137}Cs подверглись некоторые районы Брянской, Тульской, Орловской, Калужской и других областей. В целом в 15 областях есть территории с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs более 1 Ки/км². По состоянию на 1993 год в Гордеевском, Злынковском, Клинцовском, Новозыбковском и Красногорском районах Брянской области общая площадь участков территории с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs свыше 15 Ки/км² составила около 250 000 га; эти территории были выведены из хозяйственного оборота. В 18 районах Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей площадь участков с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs 5–15 Ки/км² оценивалась в 550 000 га. Общая площадь загряз-

ненных районов с плотностью загрязнения ^{137}Cs 1–5 Ки/км² на территории 15 областей РФ составила в 1993 году около 5 000 000 га. Более половины площади радиоактивно загрязненных земель на ЕТР занята лесами [16].

На АТР наиболее значительному радиоактивному загрязнению подверглась территория Южного Урала. В результате радиоактивного выброса во время Кыштымской аварии (29 сентября 1957 года, крупнейший комбинат ядерно-топливного цикла ПО «Маяк», недалеко от города Кыштыма, около 100 км к югу от Екатеринбурга) образовался так называемый стронциевый восточно-уральский радиоактивный след (ВУРС) с отношением $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr} \approx 0,05$; протяженность следа – несколько сотен километров, плотность загрязнения в зоне аварийного выброса – до 1000 Ки/км² ^{90}Sr . Площадь территории с плотностью загрязнения выше 3700 Бк/м² (0,1 Ки/км²) по ^{90}Sr , согласно оценкам, составила 15 000 км² (300×50 км); зона с загрязнением выше 74 кБк/м² (2 Ки/км²) по ^{90}Sr занимала площадь около 1000 км². Кроме ВУРС, в районе ПО «Маяк» имеется «цезиевый» радиоактивный след с отношением $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr} \approx 3$, образованный весной 1967 года вследствие ветрового выноса радиоактивной пыли с обнажившихся берегов озера Карачай – хранилища жидких высокоактивных отходов. Выпадения от этого экстремального ветрового подъема радиоактивных веществ образовали радиоактивную зону сложной конфигурации в восточном и северо-восточном секторах от промзоны ПО «Маяк» на площади около 2700 км² внутри изолиний 0,1 Ки/км² по ^{90}Sr [17].

Таким образом, общая площадь сельскохозяйственных земель, выведенных из оборота ввиду высоких уровней радиоактивного загрязнения на следах самых тяжелых радиационных аварий – Кыштымской (ВУРС) и Чернобыльской (Брянская область) – оценивается примерно в 100–150 тыс. гектаров, что составляет ущерб менее 0,5% площади сельскохозяйственных угодий РФ (см. п. 4.2.2).

6.4. Отходы

6.4.1. Токсичные химические отходы

Одна из главных угроз экологической безопасности России – увеличение объема переработанных и необезвреженных отходов. Отходы появляются при производстве любого продукта – это аксиома технократического мышления, которая противоречит экологическим принципам. В природных биоценозах происходит полный круговорот веществ – почти безотходное производство. Человек, являясь частью Природы, отошел от нее, стал сам производить необходимые товары и продукты, но при этом оставил без внимания утилизацию отходов. Такой подход, допустимый на ранних стадиях промышленного производства, привел к экспоненциально быстрому возрастанию количества промышленных отходов в XX веке.

Человечество работает на производство отходов, когда в конечном издelleie попадает примерно 7% первичного природного сырья, а на каждого человека планеты промышленностью производится 20 т отходов ежегодно [18]. В.И. Вернадский писал, что «человечество превращается в основную геологообразующую силу планеты». Горы отвалов «пустых» пород, из которых извлечены один-два химических элемента, – таков плод человеческой деятельности. Отвалы, терриконы, свалки вытесняют все живое вокруг городов и поселков, а поступление ядовитых веществ в атмосферу и реки отравляет растительность, животных и людей.

Экологическое определение отходов: «Отходы – это разнообразные по физико-химическим свойствам остатки, обладающие потенциальной потребительской ценностью, вторичные ресурсы, использование которых требует затрат для придания привлекательных для потребителя свойств». Поэтому максимальное использование ресурсов и утилизация отходов – главная задача всех производств. Различная переработка отходов не решает проблемы, так как ксенобиотика остаются в Природе, о чем свидетельствует экологическое правило: «Отходы любого производства неустранимы: они могут быть лишь переведены из одной физико-химической формы в другую или перемещены в пространстве» [18].

К сожалению, природоохранные ведомства РФ с начала 2000-х годов перестали публиковать сводки данных о накоплении и утилизации промышленных отходов, поэтому в настоящем разделе мы вынуждены пользоваться имеющимися в нашем распоряжении данными из Госдоклада за 1998 год [19]. Эти данные совместно с последними отрывочными публикациями вполне могут использоваться как ориентировочные нижние оценки уровней образования и объемов обращения с отходами в современный период (2008 год), если принять во внимание отсутствие видимого прогресса в области обращения с отходами за минувшее с 1998 года десятилетие.

По состоянию на 2009 год в России более 60 городов «лидируют» по накоплению отходов. По имеющимся оценкам, это многие десятки миллионов тонн ежегодных накоплений в каждом крупном городе. Вот почему с каждым годом проблема сжигания мусора и мусоросодержащих отходов становится все более актуальной. Сегодня система санитарной очистки от коммунальных отходов является одним из элементов обеспечения жизнедеятельности, поэтому вопрос сбора, переработки и утилизации мусора становится первостепенным и наиболее актуальным в Москве. Ежегодно Москва производит 5,5 млн. тонн мусора, вывозя большую его часть – 4 млн. тонн – на подмосковные полигоны. Городская коммунальная система по обращению с отходами работает следующим образом: 81% отходов свозится на полигоны захоронения, 13% – сжигается и только 6% поступает на переработку. Но полигоны скоро

исчерпают свои возможности, и в соответствии с принятым Правительством Москвы решением их действие будет полностью прекращено к концу 2012 года [20].

В конце 1990-х годов в России в процессе производства и потребления ежегодно образовывалось около 100 млн. тонн токсичных химических отходов. В 1998 году их было 107,1 млн. тонн, в том числе I класса опасности – 0,25 млн. тонн, II класса опасности – 2,33 млн. тонн, III класса опасности – 11,35 млн. тонн, IV класса опасности – 93,1 млн. тонн. Из общего количества образовавшихся за год токсичных отходов было использовано и полностью обезврежено 42,2 млн. тонн (39,4%) [19]. Годовой прирост токсичных отходов в целом по Российской Федерации наиболее велик для токсичных отходов I класса опасности. Опережающие темпы накопления наиболее опасных отходов обусловлены более высоким уровнем затрат на их обезвреживание. Можно предположить, что в условиях экономического кризиса наблюдаемая ныне тенденция в ближайшие годы сохранится.

В общей сложности в России на конец 1998 года в отвалах и шламохранилищах, на полигонах и несанкционированных свалках скопилось более 1700 млн. тонн твердых отходов производства и потребления, в том числе 2,7 млн. тонн отходов I класса опасности, из них 2,6 млн. тонн шестивалентного хрома, 4 тыс. тонн ртути, 4,8 тыс. тонн отходов гальванических производств; накоплено около 130 млн. тонн отходов II класса опасности, из них более 125 млн. тонн мышьяка. Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) России – один из крупнейших в промышленности источник образования отходов: в 2003 году на его долю пришлось более 30% твердых отходов. Большое количество отходов, образовавшихся на предприятиях ТЭК в предыдущие десятилетия, находится в отвалах и шламонакопителях. В электроэнергетике, например, к 2003 году в отвалах накоплено свыше 1,2 млрд. тонн золошлаковых отходов. Площадь золошлаковых отвалов после десятилетия эксплуатации теплоэлектростанций средней мощности достигает 15 км². Часть этих территорий можно вернуть рекультивацией, однако в основном эти площади следует считать отторгнутыми условно навечно.

На рис. 6.6 показан состав твердых бытовых отходов в наиболее развитых странах в сравнении с Россией в конце 2000-х годов. Наибольшее расхождение между всеми странами имеет место в распределении органических (пищевых) отходов, где Россия занимает лидирующее место [20].

Из общего количества накопившихся к 1998 году отходов 99,2% составляли токсичные промышленные отходы. Основная масса промышленных отходов образуется от деятельности предприятий черной (32%) и цветной (19%) металлургии, электроэнергетики (8%), угольной (10%) и химической (7%) промышленности. Их доля в общей массе ежегодно образу-

щихся токсичных отходов составила более 80%. В промышленном производстве было использовано и полностью обезврежено в среднем около 40% отходов всех классов опасности и лишь 10% – отходов I класса. Максимальный уровень утилизации отходов характерен для черной металлургии – 80%. Самый низкий процент использования и обезвреживания отходов отмечается в электроэнергетике (2,5%) и топливной промышленности (8%). В результате на предприятиях Минтопэнерго к концу 1990-х годов скопилось 338 млн. тонн золошлаковых отходов, что составило 20% общей массы отходов, накопившихся в стране. Большое количество высокотоксичных отходов скопилось на предприятиях химической и нефтехимической промышленности, на их долю приходилось 96% отходов I класса опасности.

Отходы, не подлежащие использованию и переработке, направляются на захоронение. Количество мест организованного захоронения отходов в стране в конце 1990-х годов составляло 2404, из которых более трети не отвечало действующим нормативам. Острая ситуация с хранением отходов сложилась в нефтедобывающей промышленности. Большое количество нефтешламов (2,6 млн. тонн), образовавшихся в предыдущие годы, скопилось в шламонакопителях, 2/3 из которых не отвечало действующим нормативам.

В связи с недостаточным количеством полигонов для складирования и захоронения промышленных отходов сложилась широко распространенная практика размещения промышленных отходов в местах неорганизованного складирования (несанкционированных свалок), что представляет особую опасность для окружающей среды. Объемы размещения токсичных отходов на несанкционированных свалках постоянно растут: с 95,4 тыс. тонн в 1995 году до 140,5 тыс. тонн в 1997 году.

Структура размещения токсичных отходов по состоянию на 1998 год выглядела следующим образом:

- размещено в местах организованного захоронения отходов 7,67 млн. тонн отходов;
- в местах организованного хранения (складирования) отходов – 135,9 млн. тонн, в том числе: отвечающих действующим нормативам – 84,5 млн. тонн; на санкционированных свалках и полигонах – 2,65 млн. тонн;
- в местах неорганизованного складирования (несанкционированные свалки) – 0,14 млн. тонн;
- направлено для захоронения в недра – 0,96 млн. тонн;
- осталось на промплощадках предприятий – 50 млн. тонн токсичных отходов.

Как видно из табл. 6.16, основную массу отходов составляют нетоксичные отходы угольной промышленности, которые вместе с отходами цветной и черной металлургии обеспечили рост валового объема отходов за этот период на 30% [1].

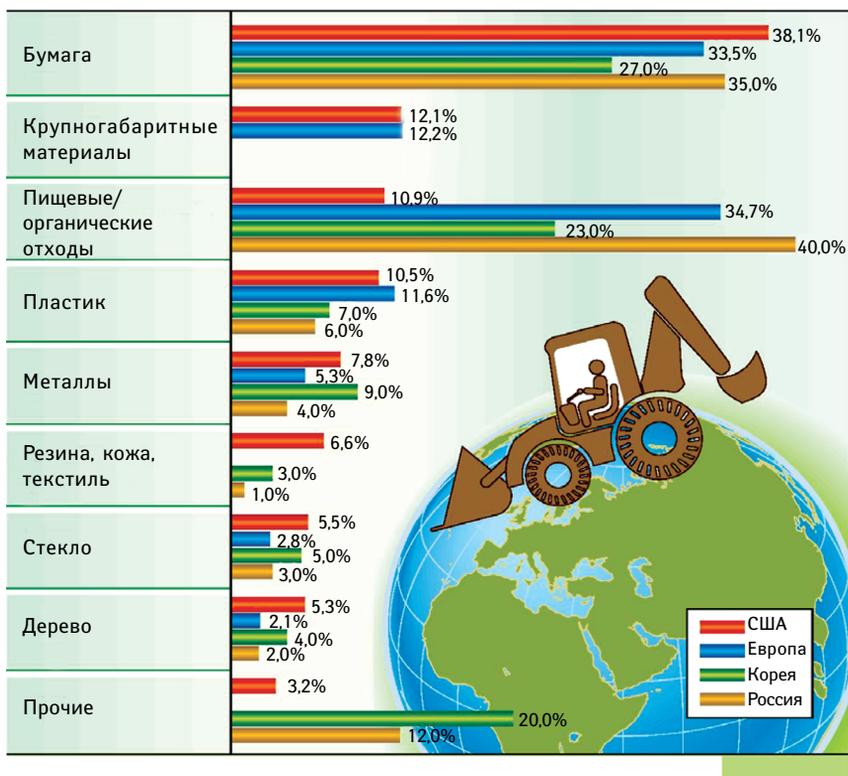


Рис. 6.6. Состав твердых бытовых отходов в некоторых странах, % [20]

Таблица 6.16. Динамика образования отходов производства и потребления в 2002–2004 годах, млн. тонн [1]

Отрасль экономики	2002	2003	2004
Российская Федерация	2034,9	2613,5	2634,9
Промышленность	1989,2	2570,6	2599,4
Угольная	1053,7	1243,4	1442,9
Цветная металлургия	250,8	424,9	459,3
Черная металлургия	398,4	477,5	429,0
Химическая и нефтехимическая	116,4	120,3	133,2
Электроэнергетика	57,4	73,1	57,5
Строительных материалов	80,4	149,7	34,0
Пищевая	9,0	30,8	15,8
Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная	9,2	25,4	12,9
Машиностроение и металлообработка	7,3	7,0	7,9
Нефтеперерабатывающая	1,6	0,9	1,0
Нефтедобывающая	0,9	1,4	0,6
Легкая	0,2	0,3	0,3
Газовая	0,25	0,3	0,1
Жилищно-коммунальное хозяйство	7,8	17,1	14,5
Сельское хозяйство	8,3	14,5	12,5
Прочие отрасли экономики	29,6	11,3	8,4

6.4.2. Отходы атомной промышленности и энергетике

Токсичные химические отходы. Промышленные и коммунальные выбросы и отходы загрязняют природную среду в основном вблизи источников выбросов, т.е. в пределах крупных населенных пунктов и в прилегающих к ним промышленных и рекреационных зонах. Для сравнения с другими отраслями хозяйства в табл. 6.17 приведены данные, характеризующие удельную антропогенную нагрузку на природную среду и население в субъектах РФ, в которых размещены ведущие предприятия атомной отрасли. Эти удельные показатели характеризуют «природную» (на 1 км² территории) и «гигиеническую» (на одного человека) составляющие ущерба от отходов; эти составляющие между собой видимым образом не коррелируют [1].

По показателю «количество токсичных отходов на единицу площади» с более чем пятикратным отрывом лидирует Санкт-Петербург – 974,4 т/км², за ним следуют Липецкая (177,3 т/км²), Челябинская (166,4 т/км²) и Кемеровская (152,9 т/км²) области. Наибольшее количество токсичных отходов в расчете на одного жителя ежегодно образуется в Вологодской области – 8533 кг/чел., республике Коми – 5345 кг/чел. и в Кемеровской области – 4819 кг/чел.

Вклад атомной отрасли в суммарный объем ежегодно образующихся токсичных химических отходов, а также в общую массу накопившихся в стране отходов составляет около 1,3%. При этом доля отрасли в общем

Таблица 6.17. Удельные показатели загрязнения окружающей среды в 1998 году в субъектах РФ, в которых размещены ведущие предприятия атомной отрасли [19]

Экономические регионы и субъекты РФ	Площадь тыс. км ²	Численность населения, млн. чел.	Образовалось токсичных отходов	
			т/км ²	кг/чел.
<i>Северный район</i>				
Архангельская область	587,4	1,50	0,7	264
Мурманская область	144,9	1,02	0,3	37
<i>Северо-Западный район</i>				
Санкт-Петербург	1,4	4,76	974,1	287
Ленинградская область	83,9	1,68	32,3	1612
<i>Центральный район</i>				
Калужская область	29,9	1,09	1,1	30
Москва	1	8,63	42,3	5
Московская область	46	6,57	11,1	78
Смоленская область	49,8	1,16	11,9	510
Тверская область	84,1	1,64	1,1	56
<i>Волго-Вятский район</i>				
Кировская область	120,8	1,62	0,5	38
Нижегородская область	76,9	3,70	3,4	70
<i>Центрально-Черноземный район</i>				
Воронежская область	52,4	2,49	5,7	120
Курская область	29,8	1,34	6,9	153
<i>Поволжский район</i>				
Пензенская область	43,3	1,55	4,9	137
Саратовская область	100,2	2,73	12,7	466
Ульяновская область	37,3	1,49	2,6	66
<i>Уральский район</i>				
Удмуртская Республика	42,1	1,64	27,5	707
Свердловская область	194,8	4,66	17,0	709
Челябинская область	87,9	3,68	166,4	3974
<i>Западно-Сибирский район</i>				
Новосибирская область	178,2	2,75	1,7	110
Томская область	316,9	1,07	1,2	369
<i>Восточно-Сибирский район</i>				
Красноярский край	710	3,09	16,1	3699
Иркутская область	775	2,78	1,1	296
Читинская область	412,5	1,28	3,1	987
<i>Дальневосточный район</i>				
Магаданская область	461,4	0,25	1,4	2550

количестве образующихся отходов I класса опасности составляет 0,2%, II класса – около 1%. В 2001 году в отрасли образовалось 871 тыс. тонн токсичных отходов, из них I класса опасности – 939 т: ртутьсодержащих – 518,9 т, ртуть в лампах – 82,75 т, отходов гальванических производств –

35,3 т, ХОС – 286,6 т. Из этого количества 590 т отправлено для дальнейшего использования или обезвреживания на другие предприятия [21].

По состоянию на начало 2002 года на предприятиях атомной отрасли скопилось 27,17 млн. тонн токсичных отходов, в том числе: *I класса опасности* – 197,6 т (ртутьсодержащие отходы, ртуть в лампах, отходы гальванического производства); *II класса опасности* – 278,2 тыс. тонн; *III класса опасности* – 490,6 тыс. тонн; *IV класса опасности* – 26,4 млн. тонн (зола и шлаки ТЭЦ, оксид кремния, оксид алюминия, фторсодержащие отходы, отходы станций водоподготовки и осадки с иловых полей, оксид кальция) [21].

Радиоактивные отходы (РАО). Проблеме обеспечения экологической безопасности при обращении с РАО уделяется более серьезное внимание, чем отходам вредных химических веществ. В определенной мере это связано с тем, что их образование сопровождается разнообразными видами деятельности предприятий атомной промышленности и энергетики, ядерного оружейного комплекса, гражданского и Военно-Морского флотов, научно-исследовательских и конструкторских организаций и т.п. Более 90% накопленных отходов и отработавшего ядерного топлива связано с предыдущей оборонной деятельностью по наработке ядерных оружейных материалов и сосредоточено на предприятиях Минатома России.

Всего за 2001 год на предприятиях Минатома России образовалось около $4 \cdot 10^{18}$ Бк РАО, из них 98,5% – жидкие радиоактивные отходы (ЖРО). За этот же год предприятиями Минатома России переработаны РАО активностью $1,82 \cdot 10^{18}$ Бк, в том числе 1,6 млн. кубометров ЖРО, которые практически полностью определяют активность переработанных отходов. В 2001 году получено около $3 \cdot 10^{20}$ Бк ОЯТ.

На конец 2001 года общая активность накопленных РАО составляла $7,7 \cdot 10^{19}$ Бк, из них свыше 469 млн. кубометров ($6,81 \cdot 10^{19}$ Бк) относилось к ЖРО. Из общего объема накопленных ЖРО:

- высокоактивные составляют 30 тыс. м³ (менее 0,01% общего объема), активность $1,3 \cdot 10^{19}$ Бк (19% общей активности ЖРО);
- среднеактивные – 11,4 млн. кубометров (2,4% общего объема), активность $5,51 \cdot 10^{19}$ Бк (81% общей активности);
- низкоактивные – 457,6 млн. кубометров (97,6%), активность $2,0 \cdot 10^{16}$ Бк (менее 0,02% общей активности).

Основное количество высоко- и среднеактивных ЖРО в 2001 году было накоплено на предприятиях ЯТЦ. За 2001 год на предприятиях Минатома России образовалось 863 тыс. тонн твердых радиоактивных отходов (ТРО) активностью $4,75 \cdot 10^{16}$ Бк, из них:

- высокоактивные – 0,9 тыс. тонн (0,1%), активность $4,73 \cdot 10^{16}$ Бк (99,6%);
- среднеактивные – 6,1 тыс. тонн (0,7%), активность $1,02 \cdot 10^{14}$ Бк (0,2%);
- низкоактивные – 99% по массе и только около 0,2% общей активности ТРО [21].

Основная масса низкоактивных ТРО образовалась и накоплена на Приаргунском производственном горно-химическом объединении (ППГХО, добыча урановой руды, Краснокаменск, Читинская область).

Переработка ТРО составила 2,7 тыс. тонн (активностью $1,91 \cdot 10^{11}$ Бк). В основном это среднеактивные отходы, а также низкоактивные ТРО.

На конец 2001 года на предприятиях Минатома России накоплено более 57,1 млн. тонн ТРО активностью $8,48 \cdot 10^{18}$ Бк, из них:

- высокоактивных – 0,126 млн. тонн (0,2%) с активностью $8,47 \cdot 10^{18}$ Бк;
- среднеактивных – 0,8 млн. тонн (1,4%) с активностью $1,12 \cdot 10^{15}$ Бк;
- низкоактивных – основная масса (98%) ТРО с вкладом по активности менее 1%.

Основное количество ТРО по активности на конец 2001 года находилось на ПО «Маяк» (97,5%), а по массе – на ППГХО (88,2%, или 50,3 млн. тонн). На предприятиях АО ТВЭЛ на конец отчетного года накоплено свыше 4,7 млн. тонн ТРО общей активностью $1,1 \cdot 10^{14}$ Бк. Основная масса отходов этих предприятий относится к низкоактивным, из них большая часть (72%) находится на Чепецком механическом заводе (ЧМЗ, производство топливных элементов, Кирово-Чепецк, Удмуртия). Кроме того, за 2001 год переведено в отходы более 14 тыс. штук отработавших закрытых радионуклидных источников суммарной активностью $7,08 \cdot 10^{15}$ Бк [21].

Выполнение Россией международных договоров по разоружению и массовому выводу из эксплуатации атомных подводных лодок (АПЛ) резко усугубило и без того напряженную обстановку с ОЯТ и РАО в Северном и Тихоокеанском регионах.

По мнению В.И. Полякова [21], трудно разрешимая задача включения производственных отходов в техногенные циклы может стать реальной в области ядерных технологий и кардинально уменьшить объемы РАО. Действующая концепция обращения с РАО, предполагающая их «окончательное» захоронение, не соответствует экологическим требованиям защиты биосферы. Кардинальное сокращение объемов РАО и исключение их захоронения возможно благодаря их свойствам: малой массе, составу, обогащению редкими химическими элементами и радиоактивности, обладающей ценным потребительским качеством. Нуклиды из РАО с высокой вероятностью понадобятся через десятки лет, а снижение активности позволит извлекать их простыми технологиями. Это дает возможность рассматривать РАО как перспективный сырьевой материал атомного комплекса [21]. Предполагается фракционное разделение и последующее контролируемое хранение «отходов» разных технологических циклов. Разложенные по ячейкам в хранилищах, обеспеченные необходимыми системами безопасности эти бывшие отходы, паспортизованные по радиохимическому составу, представляют собой «техногенное месторождение».

Создание «техногенных месторождений» вместо «техногенных помоек» предлагается для любых промышленных отходов (Г.Б. Наумов, в сб. [22],

с. 425). Его реализация требует знания законов природы, и ведущую роль в решении задач должны играть экология и геология.

6.5. Резюме. Загрязнение окружающей среды в России в современный период

Одна из главных причин нынешнего кризиса окружающей среды состоит в том, что огромные количества веществ извлечены из земли, преобразованы в новые соединения и рассеяны в окружающей среде без учета того факта, что «все куда-то девается». В результате пагубно большие количества веществ нередко накапливаются в тех местах, где, по природе, их не должно быть.

Атмосферный воздух

Атмосферные выбросы загрязняющих веществ. *Автомобильный транспорт* остается основным загрязнителем атмосферного воздуха в стране: его доля в суммарном объеме выбросов всех отраслей экономики (35 840 тыс. тонн) составляет 43%. После автомобильного транспорта наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят *обрабатывающие производства* (20%), *добыча полезных ископаемых* (17%) и *энергетика* (11%) [1]. Нерадиационные выбросы *атомной энергетике* (АЭС) в атмосферу (около 2 тыс. т/год) на протяжении многих лет составляют около 0,05% выбросов всех предприятий энергетики РФ, выбросы техногенных радионуклидов предприятиями ЯТЦ не влияют на глобальные фоновые уровни радиоактивного загрязнения атмосферы [2].

Выбросы парниковых газов. Общий выброс ПГ в РФ (без учета землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства) составил в 2005 году 2132,5 млн. тонн CO_2 -экв., что соответствует 106,6% выброса 2000 года или 66,3% выброса 1990 года. В валовом объеме доминируют выбросы от энергетического сектора (81,6% суммарного выброса CO_2 -экв./год). Вклад отдельных ПГ в их общий выброс (CO_2 -экв./год): CO_2 – 81,7%, CH_4 – 11,9%, N_2O – 4,8%, F-газы – 1,6%. Таким образом, ведущая роль принадлежит CO_2 , источником которого служит главным образом энергетический сектор – сжигание ископаемого топлива.

Загрязнение воздуха городов. В целом 38% городского населения России проживает на территориях, где не проводятся наблюдения за загрязнением атмосферы; 55% (58,2 млн. чел.) в 142 городах (69% городов, где проводятся наблюдения) живут в условиях высокого и очень высокого загрязнения атмосферы. Средние (по всем наблюдениям в городах) концентрации *формальдегида* были выше ПДК в 3 раза и *бенз(а)пирена* – в 2,5 раза; концентрации *диоксида азота* превысили 1 ПДК, других веществ – не превышали 1 ПДК. В 206 городах (82% городов, где проводятся наблюдения) средние за год концентрации какого-либо вещества превышали 1 ПДК; в этих городах проживает 65 млн. человек. Максимальные

концентрации превышали 10 ПДК в 26 городах с населением 14,7 млн. человек. Средние за месяц концентрации *бенз(а)пирена* превышали 10 ПДК в семи городах, 5 ПДК – в 53 городах с населением 32,9 млн. человек. Таким образом, с учетом необследованных территорий по крайней мере половина населения России (65–70 млн. чел.) проживает в условиях высокого загрязнения атмосферного воздуха.

Фоновое загрязнение атмосферы. Фоновые концентрации CO_2 и CH_4 в атмосферном воздухе на северо-западе ЕТР за последние 10 лет возросли на 21 млн^{-1} (6%), до уровня 384 млн^{-1} , для CO_2 и на 30 млрд^{-1} (2%), до уровня 1848 млрд^{-1} , для CH_4 . Рост объясняется глобальным повышением концентрации парниковых газов. Общая минерализация осадков, выпавших на фоновых станциях, остается на самом низком уровне – примерно 8,5 мг/л, диапазон изменения от 1 до 15 мг/л.

В период с 1999 по 2006 год наметился слабый тренд роста средних концентраций *свинца* в атмосфере фоновых территорий в пределах $2\text{--}10 \text{ нг/м}^3$. Среднегодовые концентрации *кадмия* в атмосферном воздухе на ЕТР остаются на уровне $0,2\text{--}0,6 \text{ нг/м}^3$. Фоновое содержание *ртути* в атмосферном воздухе в центральном районе ЕТР остается стабильно низким – на уровне $3\text{--}4 \text{ нг/м}^3$. За период 1990–2006 годов среднегодовые концентрации *взвешенных частиц* в воздухе центральных районов ЕТР постепенно снижалась с линейным трендом от 40 до 5 мкг/м^3 . За этот же период фоновая концентрация *бенз(а)пирена* в центре ЕТР снизилась с 0,2 до $0,05 \text{ нг/м}^3$. В 2006 году среднегодовые фоновые концентрации *диоксида серы* в центре и в центрально-черноземном районе ЕТР оставались на низком уровне – около $0,4\text{--}0,5 \text{ мкг/м}^3$. Среднегодовые фоновые концентрации *сульфатов* в центре ЕТР составляли 2 мкг/м^3 , в южных районах ЕТР – 6 мкг/м^3 . В целом, фоновое содержание многих антропогенных примесей в воздухе центра ЕТР за последние 10–15 лет имело выраженный тренд к снижению, обусловленному спадом промышленного производства в 1990-х годах. С ростом промышленного производства следует ожидать стабилизацию и последующий рост фонового загрязнения атмосферы некоторыми ЗВ.

Радиоактивное загрязнение воздушной среды. За последние 10 лет объемная активность ^{137}Cs в приземном воздухе на территории России уменьшилась в 1,4 раза, в основном из-за снижения удельной активности ^{137}Cs в верхнем пылящем слое вследствие радиоактивного распада. Повышенные по сравнению с фоновыми, но ниже на семь порядков допустимых среднемесячные объемные активности ^{137}Cs в 2005 году наблюдались в воздухе районов Нововоронежской и Курской АЭС. Повышенные по сравнению с фоновыми, но ниже на шесть порядков допустимых среднеквартальные объемные активности ^{90}Sr наблюдались в воздухе вблизи Белоярской АЭС и в Архангельске (ПО «Севмашпредприятие»). Повышенное содержание радионуклидов в приземном воздухе вследствие ветрово-

го подъема пыли с загрязненной почвы наблюдается в районах ЕТР, загрязненных в результате Чернобыльской аварии, а также в районах, расположенных в 100-километровой зоне вокруг ПО «Маяк» на Южном Урале.

На ЕТР годовые выпадения ^{137}Cs составляли $0,55 \text{ Бк}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$. На большей части АТР выпадения ^{137}Cs в 2006 году были ниже предела обнаружения, за исключением юга Восточной Сибири, где годовые выпадения составили $0,5 \text{ Бк}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$, и Урала (Курганская, Пермская, Свердловская и Челябинская области), где выпадения были на уровне $0,8 \text{ Бк}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$. Выпадения ^{90}Sr глобального происхождения на территории РФ за пределами загрязненных зон были ниже предела обнаружения – менее $0,3 \text{ Бк}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$. Среднегодовое содержание трития в осадках в 2006 году составляло $2,8 \text{ Бк}/\text{л}$, годовые выпадения трития с осадками были на уровне $1,40 \text{ кБк}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$.

Поверхностные и подземные воды, морские воды

Сбросы загрязненных сточных вод. Полный объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты, в 2005 году составил $50,9 \text{ км}^3$; к категории «загрязненных» отнесено $17,7 \text{ км}^3$ (34,8% общего объема сброса). Наибольшие объемы сброса загрязненных сточных вод приходятся на предприятия централизованного водоснабжения и канализации – 47% всего объема сточных вод. Сброс основных компонентов ЗВ за период с 2001 по 2008 год сократился примерно на 40% для нефтепродуктов, взвешенных веществ и фенолов и на 9–25% для фосфора общего и СПАВ; сброс соединений металлов остался без изменений [1, 2].

В общей массе сбрасываемых со сточными водами ЗВ первое место занимают *взвешенные вещества* – около 360 тыс. т/год, далее идут *фосфор* – 23 тыс. т/год, *соединения железа* 5,6 тыс. т/год, *нефтепродукты* – 3,7 тыс. т/год. Объем нормативно очищенных сточных вод в 2005 году составил 11% объема сточных вод, требующих очистки ($19,9 \text{ км}^3$). Это является результатом низкой эффективности работы, перегруженности или отсутствия очистных сооружений, мощность которых в 2005 году оценивалась в $29,6 \text{ км}^3$, т.е. на уровне 58% необходимой мощности.

Химическое загрязнение поверхностных вод [1–4]. Наиболее распространенными ЗВ малых рек Кольского полуострова являются соединения никеля, меди, железа, молибдена, дитиофосфаты, сульфаты, фенолы, аммонийный и нитритный азот, ЛОВ и др. С учетом арктических условий водные объекты Мурманской области находятся в тяжелейшем экологическом состоянии и требуют безотлагательных водоохраных мероприятий.

Качество воды в *реке Неман* характеризуется как «загрязненная» и «очень загрязненная». Вода *реки Преголи* в нижнем течении (Калининград) временами содержит сероводород в концентрациях, соответствующих критериям «высокое загрязнение» и «экстремально высокое загрязнение». Воды рек *Нева*, *Волхов*, *Свирь* загрязнены медью, марганцем, желе-

зом. Для вод *Невы* и рек ее бассейна характерно повышенное содержание соединений цинка. Наиболее высокий уровень загрязненности *рек бассейна Балтийского моря* наблюдался по ЛОВ (по БПК₅), ТОВ (по ХПК), соединениям меди, марганца, железа, лигносульфонатам.

Вода в *Северной Двине* характеризуются как «грязная». Характерными ЗВ поверхностных вод бассейна являются соединения железа, меди, цинка, ТОВ (по ХПК), лигносульфонаты, на отдельных участках добавляются фенолы и в отдельных створах нефтепродукты.

Вода в *Печоре* и реках ее бассейна характеризуется как «загрязненная». Наиболее распространенными ЗВ являлись соединения железа, меди, цинка, ЛОС (по БПК₅), ТОВ (по ХПК).

Вода в *Волге* в верхнем течении в основном оценивается как «незагрязненная» или «загрязненная», в среднем течении – как «грязная» или «умеренно загрязненная». Характерные ЗВ – ЛОВ (по БПК₅), летучие фенолы, сульфаты, аммонийный и нитритный азот, соединения меди, цинка, марганца, железа, нефтепродукты. Вода в *Нижней Волге* соответствует классу качества «грязная», основные ЗВ – соединения меди, цинка, ртути, фенолы, нефтепродукты, органические вещества.

Качество вод основных притоков Волги – *Оки и Камы* – также соответствует классам от «загрязненная» до «грязная». В *Оке* отмечено систематическое превышение ПДК по железу, никелю, меди, аммонийному и нитритному азоту, фосфатам. Перечень показателей, превышающих рыбохозяйственные ПДК в *Каме*: железо общее, марганец, медь, нефтепродукты, фенолы, алюминий, ЛОС, аммонийный и нитритный азот. Многие из этих примесей для водных объектов бассейна *Камы* являются «природными» загрязняющими веществами, природный фон по этим компонентам высокий и превышает нормативы ПДК в несколько раз.

В основном класс качества воды в *Доне* – «умеренно загрязненная», на участке вблизи города Калач-на-Дону оценивается как «грязная». Наиболее распространенные ЗВ в речных водах *Дона* и его бассейна: нефтепродукты, соединения меди, железа, нитритного азота, аммонийного азота.

Качество воды в бассейне *реки Кубань* оценивается как «умеренно загрязненная» и «загрязненная». Характерные загрязняющие вещества: соединения меди, фенолы, ЛОВ, сульфаты.

Вода в *Оби* в верхнем течении характеризуется как «весьма загрязненная», ниже по течению у крупных промышленных центров и в местах расположения нефтепромыслов вода оценивается как «очень загрязненная», вблизи устья в районе Салехарда – как «недопустимо грязная». Качество воды в *Иртыше*, крупнейшем притоке *Оби*, поступающей с территории Казахстана на территорию России, ухудшилось с «очень загрязненной» до «грязной». Основные ЗВ в *Оби* и *реках бассейна*: ЛОС (по БПК₅), фенолы, нефтепродукты, аммонийный и нитритный азот, соединения железа, меди, цинка, марганца. Одна из наиболее загрязненных рек не только

в бассейне *Оби*, но и в целом по России – *Исеть*. Вода в реках *Исеть* и *Миасс* в большинстве створов характеризуется как «грязная»; в отдельных створах (Екатеринбург, Челябинск) оценивалась как «экстремально грязная». Характерные ЗВ в воде этих рек: соединения меди, цинка, железа, марганца, аммонийный и нитритный азот.

Вода в верхнем и среднем течении *Енисея* относится к категориям «загрязненная» и «грязная». Вода большинства притоков по всему течению реки также характеризовалась как «грязная». Это обусловлено повышенным содержанием в природном естественном фоне соединений тяжелых металлов при относительно небольшом антропогенном воздействии. Вода *Байкала* формирует химический состав воды в вытекающей из этого озера реке *Ангаре* – главном притоке *Енисея*. Гидрохимический режим вод озера *Байкал* характеризуется стабильностью фонового содержания ионов солевого состава. В то же время воды *Селенги* (около 50% водного и химического стока в *Байкал*) и других притоков *Байкала* загрязнены органическими веществами, фенолами, нитритами, нитратами, соединениями меди, железа, цинка, нефтепродуктами. Повышенное содержание в воде притоков соединений меди и железа, возможно, имеет природный характер. Некоторые районы озера испытывают заметную антропогенную нагрузку: от сбросов промышленных предприятий (район Байкальского ЦБК), от загрязненных вод *Селенги* (район дельты), от хозяйственной деятельности на примыкающем к озеру участке БАМа (район устья *Верхней Ангары*). Данные многолетних наблюдений свидетельствуют о наличии заметного тренда повышения фоновых концентраций Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ в водах *Байкала* как следствия роста антропогенной нагрузки в водосборном бассейне озера [8, 9]. Тем не менее в настоящее время воды *Байкала* следует охарактеризовать как чистые, незагрязненные, имеющие фоновые, «доиндустриальные» уровни содержания химических веществ [9]. В верхнем течении *Ангары* (*Иркутское водохранилище*, города Ангарск и Усолье-Сибирское) вода реки характеризуется как «слабо загрязненная», в среднем течении (*Братское водохранилище*) – от «слабо загрязненной» до «условно чистой». Основными ЗВ являются фенолы, нефтепродукты, ЛОС, лигнины, соединения меди. Наиболее загрязнен в *Усть-Илимском водохранилище* залив реки *Вихорева* (*Братский ЦКК*) с высоким содержанием нефтепродуктов, фенолов, железа общего, ЛОС. В целом вода в *Ангаре* характеризуется как «слабо загрязненная».

В верхнем течении *Лены* вода характеризуется как «загрязненная», ниже по течению – как «очень загрязненная» и «грязная». Здесь наблюдается повышенный природный фон меди, антропогенное загрязнение органическими веществами (по ХПК, БПК₅), железу общему и меди. Наиболее распространенные ЗВ в реках бассейна *Лены*: ЛОС (по БПК₅), фенолы, нефтепродукты, соединения железа, меди, марганца. По косвенным данным воды реки *Алдан* (правый приток *Лены*) и рек его бассейна могут быть в высокой

степени загрязнены вследствие сбросов неочищенных сточных вод многочисленных предприятий золотодобывающей промышленности.

Вода в *реке Колыма* и большинства ее притоков характеризуется как «загрязненная» и «очень загрязненная»; характерными ЗВ вод *реки Колыма* остаются нефтепродукты, фенолы, соединения железа, меди, свинца, марганца.

Воды *рек Шилка и Аргунь* (при слиянии – *Амур*) оцениваются в диапазоне «загрязненные» – «грязные». Основные источники загрязнения – стоки со стороны Китая, в частности, сброс ядовитых веществ (нитробензола, азот- и фосфорсодержащих соединений, ЛОС) в *реку Сунгари* – крупнейший правый приток *Амура*. Воды *рек бассейна Амура* относятся к категориям в диапазоне от «грязная» до «чрезвычайно грязная»; характерные ЗВ: соединения железа, меди, цинка, фенолы, ЛОС, нефтепродукты, азот аммонийный и нитритный; в самом *Амуре* – соединения меди, свинца, марганца; фенол. Вода в *Амуре* изменяется по качеству от «умеренно загрязненной» (Благовещенск) до «грязной» (города Амурск, Комсомольск-на-Амуре, Николаевск-на-Амуре).

Наблюдается тенденция увеличения загрязненности *рек острова Сахалин* нефтепродуктами, фенолами, азотом аммонийным, соединениями меди, железа, марганца, цинка, взвешенными веществами. Вода рек оценивается в диапазоне от «загрязненная» до «экстремально грязная» (*река Охтинка*).

Все *реки полуострова Камчатка* в 2005 году были загрязнены нефтепродуктами, другие ЗВ – фенолы, свинец, медь (*реки Быстрая, Камчатка*), цинк (*реки Камчатка, Быстрая, Авача*), ЛОС (*реки Камчатка, Авача*).

Оценка экологического состояния поверхностных вод по гидробиологическим показателям. В 2006 году по градациям экологического состояния наблюдаемые водные объекты распределились следующим образом (в скобках – доля в 1997 году): в состоянии экологического благополучия – 15% (11%); в состоянии *антропогенного экологического и метаболического регресса* – 25% (30%); в промежуточном состоянии *антропогенного экологического напряжения* и с элементами *экологического регресса* – 60% водных объектов (59%). По результатам гидробиологического мониторинга на протяжении последних десяти лет не происходило заметного улучшения качества воды и состояния водных экосистем. Не попавшие в число наблюдаемых в системе гидробиологического мониторинга многочисленные *малые и средние водные объекты (реки, озера)* по прямым и косвенным данным гидрохимического мониторинга «загрязнены в наибольшей степени» [3]. Это означает, что их экологическое состояние, по крайней мере, не лучше состояния крупных водных объектов, на которых проводились наблюдения.

Загрязнение подземных вод. Число участков загрязнения подземных вод в 2005 году составляло 5591, при этом более 80% участков заг-

рязнения выявлены в грунтовых водоносных горизонтах, обычно не являющихся источниками питьевого водоснабжения населения. В целом по РФ доля загрязненных вод не превышает 5-6% общей величины их использования для питьевого водоснабжения населения. Основными загрязняющими подземные воды веществами являются соединения азота (нитраты, нитриты, аммиак или аммоний), нефтепродукты, сульфаты, хлориды, фенолы, тяжелые металлы. Наибольшую опасность представляет загрязнение подземных вод на водозаборах питьевого водоснабжения, которое за период с 1985 по 2005 год было отмечено на 1210 водозаборах. Из общего числа водозаборов с загрязнением подземных вод большая их часть расположена в Самарской, Пензенской, Оренбургской и Свердловской областях, Республике Марий Эл [1].

Загрязнение морских вод. Воды Кольского залива *Баренцева моря* характеризуются высоким уровнем загрязнения нефтепродуктами; фенолами, металлами (медь, никель, свинец, марганец, железо, кадмий); воды Кольского залива оцениваются как «грязные».

Характерными ЗВ залива Неелова (поселок Тикси-3) *моря Лаптевых* являются соединения меди, фенолы, нефтепродукты, качество вод соответствует «умеренно загрязненным». Отмечается большая захламленность побережья и островов использованными бочками и цистернами с остатками горюче-смазочных материалов, которые периодически смываются в море после штормов и обрушения береговой линии.

В водах дельты *Северной Двины (Белого моря)* отмечаются повышенные концентрации меди, никеля и железа в морских водах Архангельского торгового порта, качество морских вод соответствовало «умеренно загрязненным». Устьевая область *рек Онега и Мезень* загрязнена нефтяными углеводородами (НУ) и аммонийным азотом. Качество вод в торговом порту Кандалакши оценивается как «умеренно загрязненные».

Воды восточной части *Финского залива Балтийского моря* можно отнести к классу «чистые». В *Куршском заливе* отмечается повышенное содержание нитритного и аммонийного азота, нефтепродуктов, фосфатов, детергентов, ртути. Воды северо-восточной части *Вислинского залива*, где находится устье *реки Преголя*, характеризуются как «грязные» и «очень грязные», воды на остальной территории залива относятся к «условно чистым» и «чистым».

Загрязнение *Азовского моря* в значительной степени обусловлено повышенным содержанием НУ, железа, хрома, меди, никеля, кадмия, свинца, СПАВ, нитритов, фосфатов, аммонийного азота.

На участке *Сочи – Адлер* прибрежные воды *Черного моря* загрязнены в основном НУ, вода соответствует классу «умеренно загрязненная».

Воды большинства районов *Северного и Среднего Каспия* в 2006 году были отнесены к классу «загрязненных», только в некоторых районах – «умеренно загрязненных». Основные ЗВ – НУ, аммонийный азот, фенолы.

Воды *шельфа острова Сахалин (Охотское море)* загрязнены НУ и фенолами. В бухте *Нагаева* установлена большая загрязненность НУ, повышенное содержание меди, цинка, свинца, марганца и железа отмечается в бухте *Гергнера*.

Для прибрежных вод *Японского моря* характерен высокий уровень загрязнения НУ; в водах *Амурского залива* постоянно отмечаются повышенные концентрации фенола, железа, меди; в *заливе Находка* – аномально высокое содержание меди, свинца, цинка и железа; в прибрежных водах *залива Петра Великого* – повышенные концентрации ХОП. Качество вод на контролируемых акваториях Японского моря колеблется от «умеренно загрязненных» до «грязных».

Радиоактивное загрязнение водной среды. Основной вклад в радиоактивное загрязнение *поверхностных вод* на территории России вносит техногенный ^{90}Sr . В среднем в воде рек России объемная активность ^{90}Sr стабилизировалась на фоновом уровне 4,8–6,2 мБк/л, что в 1000 раз ниже допустимого уровня загрязнения для населения $\text{УВ}_{\text{нас}} = 5,0 \text{ Бк/л}$. Объемная активность ^{90}Sr в реках вблизи загрязненной в результате аварии на ЧАЭС зоны вышла на фоновый уровень. Средняя концентрация ^{137}Cs в речных водах на территории России в 2003 году была на уровне 0,1–0,2 мБк/л [11], что на пять порядков ниже допустимого уровня загрязнения для населения $\text{УВ}_{\text{нас}} = 11 \text{ Бк/л}$. Средняя удельная активность трития (^3H) в основных реках России в 2006 году была в пределах 1,9–3,5 Бк/л – примерно в 3000 раз ниже $\text{УВ}_{\text{нас}} = 7,7 \cdot 10^3 \text{ Бк/л}$. На АТР наиболее загрязненной остается *река Теча* (приток Исети, левого притока Иртыша, бассейн Оби) вследствие выноса вод с территории ПО «Маяк». Среднегодовая объемная активность ^{90}Sr в водах Течи в 2006 году была 13,7 Бк/л, что в 2,7 раза выше приведенного $\text{УВ}_{\text{нас}} = 5,0 \text{ Бк/л}$ и примерно в 2600 раз выше среднего фонового уровня для рек России. В Тече наблюдалось также повышенное содержание трития по сравнению с фоновыми уровнями для рек России. Среднегодовая объемная активность трития в 2006 году в Тече (поселки Новый мост и Муслюмово) была 235 Бк/л, что примерно в 100 раз превышает фоновые уровни (1,9–3,5 Бк/л).

Уровни загрязнения *морской воды* ^{90}Sr в 2006 году в поверхностных водах Азовского, Белого, Баренцева, Охотского и Японского морей, а также в водах Тихого океана у берегов Камчатки (Авачинская губа) колебались в пределах от 1,5 мБк/л (Тихий океан, побережье Камчатки) до 6,0 мБк/л в водах Азовского моря (Таганрогский залив), отражая пределы диапазона содержания в речных водах.

Почвы

Фоновое загрязнение почв. Концентрация *свинца* в поверхностном слое почв на европейских СКФМ составила не более 1,5 мг/кг, кадмия – до 0,12 мг/кг, пестицидов – на уровнях близких к пределу обнаруже-

ния: гамма-ГХЦГ – около 1 мкг/кг, сумма ДДТ 3–40 мкг/кг. Действующая система мониторинга Росгидромета не дает пространственной картины загрязнения почв. Более адекватной задаче оценки фонового загрязнения почв нам представляется методология эколого-геохимического картирования, которая опирается на традиционные методы геохимического картирования применительно к почвам. Карты фонового содержания химических элементов в почвах (масштаб 1:1 000 000 и 1:200 000), одного из слоев большого проекта «Госгеолкарта-1000/3», могут дать полное представление о состоянии загрязнения почв на всей территории страны [3].

Загрязнение почв городов и промышленных районов. *Загрязнение токсичными металлами.* Основным критерием гигиенической оценки степени загрязнения почв металлами является ПДК и/или ОДК в почве. В обзоре Росгидромета [3] приведен список из нескольких десятков городов и населенных пунктов, в почвах которых среднее содержание каждого определяемого ТМ за период наблюдений 2002–2006 годы превышает (или достигает) 1 ПДК, 1 ОДК или 4 Ф. Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом ТМ проводится по индексу загрязнения $Z_{\Phi}(Z_n)$. Согласно этому индексу к опасной категории загрязнения почв ТМ относится 8,4% обследованных за период с 1990 по 2006 год населенных пунктов, 1- и 5-километровых зон вокруг источников загрязнения; к умеренно опасной – 12,6%. Почвы 79% населенных пунктов (в среднем) относятся к допустимой категории загрязнения ТМ, хотя отдельные участки почв городов могут иметь более высокую категорию загрязнения ТМ, чем в целом по городу.

Загрязнение почв фтором. За период с 2002 по 2006 год наблюдалось загрязнение водорастворимыми формами фтора почв территорий городов с предприятиями алюминиевой промышленности – Краснотурьинска, Шелехова и отдельных участков почв городов Зима, Каменск-Уральский, Ревда.

Загрязнение почв нефтепродуктами. Высокие уровни загрязнения почв НП, превышающие фоновые в 10–100 раз и более ($\Phi = 40 \cdot 75 \text{ млн}^{-1}$), наблюдаются в районах добычи, транспортировки, распределения и переработки нефти. По данным на 2006 год, загрязнение почв НП (среднее содержание 5 Ф и более) отмечено в Глазове (15 и 74 Ф), Ижевске (11 и 60 Ф), Новосибирске (6 и 11 Ф), Омске (7 и 67 Ф), Тольятти (километровая зона вокруг ВА3, 9–30 Ф).

Загрязнение сельскохозяйственных земель. *Загрязнение пестицидами.* В 2006 году остаточными количествами пестицидов было загрязнено около 5% обследованной площади 35,7 тыс. гектаров. В Верхнем Поволжье загрязненная почва обнаружена на 1,7–3,0% площади обследованных земель. В Среднем Поволжье осенью 2006 года почва, загрязненная суммарным ДДТ, обнаружена на 34% сельскохозяйственных земель. В почвах большинства областей регионов ЕТР в 2006 году не обнаружено

превышения ПДК контролируемых пестицидов. В Курганской области загрязненные пестицидами почвы составляют 0,12% общей обследованной площади. В областях Западной и Восточной Сибири содержание пестицидов в почвах, за незначительными исключениями, также не превышает ПДК. Осенью 2006 года загрязненные пестицидами почвы на уровне 1–2 ПДК в Приморском крае составили 4,0% обследованной площади.

Загрязнение токсичными металлами. Для большинства агроэкосистем, по данным обследования на 1995 год, доля площадей пахотных почв, загрязненных ТМ выше ПДК, не превышает 1–2% всей площади обследованных земель РФ. Для многих агроэкосистем характерна обратная проблема – дефицит необходимых для сельскохозяйственных растений микроэлементов. Например, в Московском регионе, испытывающем высокую техногенную нагрузку, до 80% пахотных земель характеризуются низким уровнем обеспеченности цинком, почти 10% почв испытывают недостаток молибдена, кобальта и меди [15].

Радиоактивное загрязнение почв. Фоновое загрязнение. Радиоактивное загрязнение местности в фоновых районах определяется присутствием в верхнем 10–20 см слое почв долгоживущих продуктов ядерных испытаний: ^{90}Sr (период полураспада 28,5 лет), ^{137}Cs (30,1 лет) и плутонием (изотопы ^{239}Pu и ^{240}Pu , периоды полураспада соответственно 24 380 и 6540 лет). В 2005 году средняя плотность загрязнения территории страны этими радионуклидами составляла: ^{90}Sr – около 900 Бк/м² (24 мКи/км²); ^{137}Cs – 1900 Бк/м² (50 мКи/км²); плутоний – около 30 Бк/м² (0,5–1 мКи/км²). Вклад этих радионуклидов в общую (естественную) радиоактивность почв фоновых районов не превышает 2–3%.

Загрязнение от радиационных аварий и катастроф. Вследствие Чернобыльской катастрофы общая площадь загрязненных районов с плотностью загрязнения ^{137}Cs 1–5 Ки/км² на территории 15 областей РФ составила в 1993 году около 50 000 км²; более половины площади радиоактивно загрязненных земель на ЕТР занято лесами [16]. На АТР в результате так называемой Кыштымской аварии (29 сентября 1957 года, ПО «Маяк») образовался «стронциевый» Восточно-Уральский радиоактивный след. Его площадь с плотностью загрязнения ^{90}Sr выше 3700 Бк/м² (100 мКи/км²) составила 15 000 (300х50) км²; площадь зоны с загрязнением выше 74 кБк/м² (2 Ки/км²) – около 1000 км² [17]. Общая площадь загрязненных земель вокруг ПО «Маяк» – несколько тысяч квадратных километров за счет относительно небольших аварийных выбросов. В целом, общая площадь сельскохозяйственных земель, выведенных из оборота на следах самых тяжелых радиационных аварий, оценивается примерно в 100–150 тыс. гектаров (менее 0,5% площади сельскохозяйственных угодий РФ).

В итоге, загрязнение земель в результате хозяйственной деятельности вызывает большую тревогу. По заключению экспертов, в 40 субъектах (око-

ло 50% территории РФ) эта проблема остается приоритетной в связи с загрязнением почв нефтью и нефтепродуктами, тяжелыми металлами, агрохимикатами, промышленными и бытовыми отходами, отходами сельскохозяйственного производства.

Отходы

Токсичные химические отходы. В XX веке в конечное изделие попало примерно 7% первичного природного сырья, а на каждого человека планеты промышленностью производилось 20 тонн отходов ежегодно [18].

В 1998 году в России образовалось 107,1 млн. тонн токсичных химических отходов, в том числе I класса опасности – 0,25 млн. тонн, II класса опасности – 2,33 млн. тонн, III класса опасности – 11,35 млн. тонн, IV класса опасности – 93,1 млн. тонн. Из общего количества токсичных отходов было использовано и полностью обезврежено 42,2 млн. тонн (39,4%) [19]. Из общего количества накопившихся отходов 99,2% составляют токсичные промышленные отходы. Основная масса промышленных отходов образуется на предприятиях черной (32%) и цветной (19%) металлургии, электроэнергетики (8%), угольной (10%) и химической (7%) промышленности. В промышленном производстве используется и полностью обезвреживается в среднем около 40% отходов всех классов опасности и лишь 10% – отходов I класса. Объемы размещения токсичных отходов на несанкционированных свалках постоянно растут: с 95,4 тыс. тонн в 1995 году до 140,5 тыс. тонн в 1997-м. Нерешенность проблем с отходами во многих регионах страны усиливает техногенную нагрузку на экологические системы и создает реальную угрозу здоровью населения.

Отходы атомной промышленности и энергетики. *Токсичные химические отходы.* По состоянию на начало 2002 года на предприятиях атомной отрасли скопилось 27,17 млн. тонн токсичных отходов, в том числе I класса опасности – 197,6 тонн, II класса опасности – 278,2 тыс. тонн; III класса опасности – 490,6 тыс. тонн; IV класса опасности – 26,4 млн. тонн. Вклад атомной отрасли в суммарный объем ежегодно образующихся токсичных химических отходов, а также в общую массу накопившихся в стране отходов составляет около 1,3% [21].

Радиоактивные отходы. Всего за 2001 год на предприятиях Минатома России образовалось около $4 \cdot 10^{18}$ Бк РАО, из них 98,5% – жидкие радиоактивные отходы. За этот же год предприятиями Минатома России переработаны РАО активностью $1,82 \cdot 10^{18}$ Бк, в том числе 1,6 млн. кубометров ЖРО. В 2001 году образовалось около $3 \cdot 10^{20}$ Бк ОЯТ.

На конец 2001 года общая активность накопленных РАО на предприятиях ЯТЦ – $7,7 \cdot 10^{19}$ Бк, из них свыше 469 млн. кубометров ($6,81 \cdot 10^{19}$ Бк) относится к ЖРО. Из общего объема накопленных ЖРО: *высокоактивные* составляют 30 тыс. кубометров (менее 0,01% общего объема), активность $1,3 \cdot 10^{19}$ Бк (19% общей активности ЖРО); *среднеактивные* – 11,4 млн.

кубометров (2,4%), активность $5,51 \cdot 10^{19}$ Бк (81% общей активности ЖРО); *низкоактивные* – 457,6 млн. кубометров (97,6%), активность $2,0 \cdot 10^{16}$ Бк (менее 0,02% общей активности ЖРО).

За 2001 год на предприятиях Минатома России образовалось 863 тыс. тонн ТРО с активностью $4,75 \cdot 10^{16}$ Бк; из них *высокоактивных* – 0,9 тыс. тонн (0,1% всей массы) с активностью $4,73 \cdot 10^{16}$ Бк (99,6%). На конец 2001 года на предприятиях ЯТЦ было накоплено более 57,1 млн. тонн ТРО с общей активностью $8,48 \cdot 10^{18}$ Бк, из них *высокоактивных* – 0,126 млн. тонн (0,2% всей массы ТРО) с активностью $8,47 \cdot 10^{18}$ Бк. Основное количество ТРО по активности на конец 2001 года находилось на ПО «Маяк» – 97,5%, а по массе – на ППГХО – 88,2% (50,3 млн. тонн).

Действующая концепция обращения с РАО, предполагающая их «окончательное» захоронение, не соответствует экологическим требованиям защиты биосферы. Предлагается новое направление – создание «техногенных месторождений» вместо «техногенных помоек». Его реализация требует знания законов природы, и ведущую роль в решении этой задачи должны играть экология и геология [21].

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 году» – Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: АНО «Центр международных проектов», 2006. – 500 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2008 году» – Министерство природных ресурсов Российской Федерации. – М.: ООО «РППР РусКонсалтингГрупп», 2009. – 488 с.
3. Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации за 2006 год. – М.: Росгидромет, 2007.
4. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2008 год. – М.: Росгидромет, 2009. – 182 с.
5. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2007 году: Ежегодник / Под ред. С.М. Вакуловского. – М.: ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2008. – 308 с.
6. Нормы радиационной безопасности – НРБ-99. СП 2.6.1.758-99. – М.: Минздрав России, 1999. – 116 с.
7. *Алексеевский Н.И., Гладкевич Г.И.* Водные ресурсы в мире и в России за 100 лет // Россия в окружающем мире: 2003 (Аналитический ежегодник). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. – С. 114.
8. *Вотинцев К.К.* Прогноз качества вод озера Байкал до 2000 года // Теория и методы прогноза изменений географической среды: Тез. V совещ. географов Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск, 1973. – С. 39–40.
9. *Ветров В.А., Кузнецова А.И.* Микроэлементы в природных средах региона озера Байкал. – Новосибирск: Изд. СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1997. – 234 с.
10. *Абакумов В.А.* Гидробиологический контроль пресноводных экосистем. – М.: Гидрометеиздат 1983. – 13 с.
11. Итоговый отчет по проекту МНТЦ № 1404 (рук. С.М. Вакуловский). – М.: Фонд НПО «Тайфун», авг. 2003 года.

12. Буренков Э.К. и др. Эколого-геохимическое картирование территорий // Прикладная геохимия. – Вып. 1: Геохимическое картирование. – М.: Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, 2000. – С. 105–121.
13. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве (утв. Минздравом СССР 19.11.1991 № 6229-91).
14. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва - растение - удобрение. – М.: Минсельхоз, ЦИНАО, 1997. – 289 с.
15. Курганова Е.В. Плодородие почв и эффективность минеральных удобрений в Московской области. – М.: МГУ, 1999. – 152с.
16. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1997 году // Ежегодник. Под ред. К.П. Махонько. – М.; СПб.: Гидрометеоизд. 1998. – 220 с.
17. Никипелов Б.В., Романов Г.Н., Булдаков Л.А. и др. Радиационная авария на Южном Урале в 1957 году // Атомная энергия. – 1989. – Т. 67, вып.2. – С. 74–80.
18. Поляков В.И. Экология и геология учат обращению с радиоактивными отходами // Современные наукоемкие технологии (Академия естествознания). – 2005. – № 2. – С. 19–22.
19. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1998 году» – М.: Госкомэкология, 1999. – 573 с.
20. Балиев А. Отходное дело // Российская газета. – 2009. – № 112 (23 июня). Экономика (Экология).
21. Поляков В.И. Перспективы решения проблемы РАО с учетом требований экологии // Бюллетень по атомной энергии. – 2003. – № 5. – С. 34–36.
22. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека // Матер. II Междунар. конф. Томск. 18–22 окт. 2004 года. – Томск, 2004. – 772 с.

7. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОГРАНИЧЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Признак искушенного ума – не беспокоиться о правильности определения природы вещей и не стремиться к точности там, где возможно лишь некоторое приближение к истине.

Аристотель

7.1. Основные подходы

Исторически регулирование качества окружающей человека среды (среды обитания) начиналось с ограничения содержания в воде и воздухе загрязняющих примесей, оказывающих вредное воздействие на здоровье человека. При таком «антропоцентрическом» подходе к качеству природной среды «по умолчанию» предполагалось, что ее состояние тем лучше, чем в большей степени оно отвечает требованиям к безопасности среды для здоровья человека. Концептуальное определение *вреда* окружающей среде, как оно отражено в Федеральном законе РФ «Об охране окружающей среды» [1], связывалось главным образом с ее загрязнением. До последнего времени основным механизмом ограничения загрязнения ОС было введение различных предельных уровней содержания загрязняющих веществ в компонентах среды. Этот принцип лежит в основе практически всех существующих как «нормативных» (т.е. предписанных к применению нормативными актами), так и различных новаторских подходов к ограничению загрязнения ОС.

К числу узаконенных «нормативных» подходов мы относим прежде всего концепцию санитарно-гигиенического нормирования и близкую к ней концепцию нормирования качества поверхностных вод на основе эколого-токсикологических критериев («рыбохозяйственные» нормы). К нормативным подходам можно также отнести оценку качества атмосферного воздуха и поверхностных вод с помощью различных комплексных показателей, которые рассчитываются на основе санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных ПДК.

В последние десятилетия XX века в связи с ростом озабоченности общества состоянием природной среды остро встал вопрос сохранения живой природы путем ограничения антропогенного воздействия, прежде всего загрязнения атмосферного воздуха и природных вод – проблема экологического нормирования (см. гл. 3). Большинство предлагаемых «экологических» подходов опирается на привычную концепцию предельно допустимых концентраций ЗВ в природных средах, которые обеспечивают сохранение тех или иных объектов живой природы (например, древостоя соснового леса). Наряду с этим появились более общие экосистемные под-

ходы, основанные на концепции сохранения устойчивости как отдельных экосистем различных рангов (например, биотопов), так и биосферы в целом. Ограничения на антропогенный пресс загрязнения при таких подходах будут выражаться скорее не в форме ПДК тех или иных ЗВ, а в более общей форме ограничения потоков ЗВ в экосистему, в более общем случае – в контроле природных балансов и круговорота химических веществ в геосистемах. Пример такого подхода – решение проблемы нарушения устойчивости глобальной атмосферы и биосферы в целом вследствие потепления климата путем ограничения выбросов парниковых газов и контроля за их балансом в атмосфере. Эти новые подходы, до настоящего времени не получившие формального признания в виде нормативных требований в природоохранной деятельности, мы попытались обобщить, выделив несколько так называемых неформальных подходов: экосистемный, эколого-геохимический, глобально-балансовый, эколого-экономический. Последний стоит несколько особняком, поскольку в качестве основного критерия для сдерживания выбросов ЗВ выступает экономическая оценка стоимости экологического ущерба.

Таким образом, современные подходы к ограничению загрязнения окружающей среды определенно основаны на *антропоцентрическом* и *экоцентрическом* принципах защиты соответственно человека и природных систем различных рангов. Понятно, что методологии установления соответствующих предельных уровней содержания загрязняющих веществ в природных средах, основанные на этих двух принципах, совершенно различны. В этой главе дан краткий обзор основных подходов, принадлежащих к обеим группам, без серьезного разбора перспектив их развития и использования.

7.2. Санитарно-гигиенический подход

Наиболее старый и традиционный санитарно-гигиенический подход к оценке качества среды обитания человека основан на системе лимитирующих показателей вредности загрязняющих веществ для здоровья и органов чувств человека. Предельные уровни загрязнения атмосферного воздуха и питьевой воды должны удовлетворять трем группам критериев: санитарно-токсикологическим (прямое действие на здоровье, например, ядовитых веществ), общесанитарным (опосредованное действие на здоровье, например, плохого качества питьевой воды), органолептическим (неприятный запах) [2]. В соответствии с законодательством РФ гигиенические нормативы предназначены для охраны атмосферного воздуха и всех видов вод, используемых населением, в том числе поверхностных, подземных водоисточников и водопроводной воды. Предусматриваются два вида нормативов: предельно допустимые концентрации и ориентировочные допустимые уровни. ПДК – максимальная концентрация вещества в воздухе и воде, в которой вещество при поступлении в организм в течение всей жизни не оказывает прямого или опосредованного влияния на здоровье

населения в настоящем и последующих поколениях, а также не ухудшает гигиенические условия водопользования. ОДУ – ориентировочный допустимый уровень химического вещества в воде – временный гигиенический норматив, разрабатываемый на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности и применяемый только на стадии предупредительного санитарного надзора.

Очевидно, что качество питьевой воды и ее безопасность для здоровья людей обусловлены составом исходных природных вод. Анализ проб воды из водоемов, используемых для питьевого водоснабжения в России, показывает, что в среднем около 30% проб по санитарно-химическим и около 25% по микробиологическим показателям опасны для здоровья человека. Не соответствует санитарным нормам (в среднем по стране) состояние 40,3% открытых водоемов (из которых поступает 67% питьевой воды) и 17,2% – подземных. «Цена» экологического неблагополучия составляет 350 тыс. человеческих смертей в год. Материальный ущерб от потери здоровья населения в связи с потреблением некачественной питьевой воды в целом по РФ оценивается почти в 34 млрд. рублей в год. Техрегламент нормирует содержание в питьевой воде 88 веществ, осуществление контроля за которыми невыполнимо практически ни для какого водоканала России. Необходимо формировать перечень ЗВ, которые свойственны конкретному региону. Региональный подход необходим еще и потому, что в России много населенных пунктов, где воды питьевого качества нет вообще [3].

Приведенный пример демонстрирует серьезные недостатки, свойственные применению санитарно-гигиенического подхода к регулированию качества поверхностных и подземных вод, и свидетельствует о необходимости коренного пересмотра методологии. Серьезными недостатками обладает также методология санитарно-гигиенического регулирования качества атмосферного воздуха.

На практике, при отсутствии других систем нормативов, санитарно-гигиенические нормативы загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод часто (и, как правило, неосознанно) используются как экологические нормативы качества природной среды.

7.3. Нормирование радиоактивного загрязнения

Примером законченной реализации основных положений концепции санитарно-гигиенического («антропоцентрического») подхода к оценке состояния окружающей среды служат Нормы радиационной безопасности (НРБ-99), регулирующие безопасные уровни радиоактивного загрязнения среды обитания человека. Основу системы радиационной безопасности, сформулированной в данных Нормах, составляют современные международные рекомендации, опыт стран, достигших высокого уровня радиационной защиты населения, в том числе отечественный опыт [4].

Одним из основных принципов радиационной защиты населения от потенциально вредного воздействия ионизирующих излучений, провозглашенным МКРЗ, является «принцип оптимизации» (принцип ALARA – As Low As Reasonable and Achievable) [5]. «Комиссия рекомендует систему предельно допустимых доз облучения, в основе которой лежит следующее:

а) никаких практических действий не может быть предпринято без получения положительного общего эффекта («net benefit», «чистая польза»);

б) все нормы (дозы) облучения должны быть настолько низкими, насколько это целесообразно по экономическим и социальным соображениям;

в) индивидуальные дозы облучения не должны превышать пределов, рекомендуемых комиссией для соответствующих условий».

В то же время многие ведущие специалисты сходятся во мнении, что провозглашенный МКРЗ (и отраженный в НРБ-99) принцип оптимизации оказался неработающим. Как следствие рекомендуемые МКРЗ нормы радиационной безопасности неоправданно жестки и расходы на их выполнение часто не соответствуют реальным рискам потери здоровья населением при малых дозах облучения, в особенности в сравнении с рисками от основных источников химического загрязнения окружающей среды (см., например, [6]).

Следует признать, что в настоящее время нормы радиационной безопасности, ограничивающие радиоактивное загрязнение среды обитания человека на основе количественной оценки приемлемого риска здоровью индивидуума, являют собой пример наиболее совершенной и практически законченной (от концепции до количественных критериев и норм) реализации «антропоцентрического» санитарно-гигиенического подхода к ограничению воздействия ионизирующих излучений на человека и объекты живой природы. Концепция и опыт разработки НРБ, в частности принципы ALARA, могут найти применение в методологии экологического нормирования не только радиоактивных веществ, но и любых химических поллютантов.

В последние десятилетия МАГАТЭ и МКРЗ по ряду причин предлагают включить рассмотрение вопросов радиационной безопасности животного и растительного мира в сферу деятельности по радиологической защите. Принятие этого предложения означало бы смену парадигмы радиационной защиты от антропоцентрической к экоцентрической системе ценностей. Подробно эта ситуация рассмотрена в п. 10.1.2.

7.4. Эколого-токсикологический подход

Эколого-токсикологический подход к установлению предельных уровней загрязнения природных водоемов основан на результатах экспериментальных поисков границ между токсическими, пороговыми и недействующими концентрациями химических вредных веществ для различных

видов, групп и стадий развития гидробионтов. При этом токсичной считается такая концентрация ЗВ, при которой относительные (по сравнению с контрольными опытами) показатели выживаемости, плодовитости, роста и биопродуцирования снижаются более чем на 50%. Пороговой считают концентрацию, при которой снижение значений указанных показателей не превышает 50%, максимальной недействующей (подпороговой) – концентрацию, при которой показатели жизнедеятельности гидробионтов отклоняются не более чем на 25% [7].

Эколого-токсикологический подход применяют для установления рыбохозяйственных ПДК для химических ЗВ в природных водоемах. В принципе, он близок к санитарно-гигиеническому подходу, т.е. основан на токсикологических, органолептических и поведенческих реакциях водных организмов (тест-объектов) на загрязнение природных вод. Среди организмов, обитающих в загрязненных водоемах, рыбы являются одним из приоритетных объектов наблюдения, позволяющих оценивать антропогенные изменения в водоемах: как показатели состояния популяций, так и показатели состояния организма рыб отражают состояние природной среды. Это доказывается прежде всего достоверно установленными связями между продукцией фитопланктона и зоопланктона и естественной рыбопродуктивностью водоемов. Исчезновение рыб в реках, озерах и водохранилищах указывает на неблагополучие в водной экосистеме, причиной которого может быть сильное загрязнение.

Однако использование рыбы в качестве тест-объекта при токсикологических опытах – один из принципиальных недостатков «рыбохозяйственного» подхода к нормированию качества природных вод. Действительно, наличие рыбы в водоеме не обязательно указывает на экологическое благополучие водной экосистемы с учетом высокой толерантности некоторых видов рыб к загрязнению воды и донных отложений, опасному при его использовании в рекреационных и промышленно-бытовых целях.

Современные физико-химические аналитические методы позволяют определять минимальное количество токсического вещества в образце. Но в лучшем случае можно выявить 5–25% органических веществ. Несмотря на постоянно растущее число химических веществ, используемых в производственных циклах, в странах Западной Европы контролируется только 30–40 химических показателей загрязнения [8].

В России установлены нормы ПДК для примерно 1600 соединений, но такого количества явно недостаточно для оценки миллионов химических соединений; даже при проведении полного анализа информация равна практически нулю. По мнению многих ведущих экотоксикологов, механизмы определения токсичности образцов следует изменить [8]. Часто результаты токсикологических тестов приводят к абсурдно жестким требованиям к качеству природной воды по рыбохозяйственным и санитарно-гигиеническим критериям. Об этом свидетельствует содержание табл. 7.1: во

Таблица 7.1. Сравнение рыбохозяйственных ПДК с фоновым содержанием некоторых металлов в поверхностных пресных водах, мкг/л

Воды	Al	V	Mn	Fe	Cu	Zn	Mo
Незагрязненные пресные поверхностные [9]	10–7900	0,2–19	0,4–1700	3–1500	0,01–400	0,002–4800	0,2–10
Речные (кларк) [10]	50	1	10	40	7	2	1
Озеро Байкал (в среднем) [11]	70	0,5	1,5	30	1,1	4	0,8
Рыбохозяйственные ПДК[12]	40	1	10	100	1	10	1

всех приведенных случаях рыбохозяйственные ПДК металлов находятся в диапазоне наблюдаемых природных концентраций в пресных водах, а содержание алюминия, ванадия, меди и молибдена в сверхчистой воде Байкала оказывается на уровне ПДК! Комментарии излишни.

Как следствие подобных несообразностей в обзорах Росгидромета [13, 14] отмечается, что многие из примесей в водах Камы, Енисея, Лены, в притоках Байкала (алюминий, железо общее, марганец, медь, нефтепродукты, фенолы и др.) являются «природными» ЗВ. Природный фон по этим компонентам высок и превышает нормативы ПДК в несколько раз, что вынуждает относить речные воды к категории «загрязненных» или даже «грязных». Здесь мы сталкиваемся как с неопределенностью в толковании понятия «загрязнение», так и с концептуальной несостоятельностью общей методологии определения рыбохозяйственных ПДК, в особенности для природных химических элементов и соединений.

В силу этих принципиальных методологических недостатков в последние десятилетия рыбохозяйственный подход подвергался справедливой критике, поскольку он не отвечает современным представлениям о критериях допустимых воздействий на природную среду и не обеспечивает сохранения природной ихтиофауны. Более того, традиционная токсикологическая методология оказалась практически бессильной в решении задачи нормирования лавинообразно растущего числа потенциальных промышленных токсикантов. Тем не менее до настоящего времени рыбохозяйственные ПДК остаются единственной принятой в России нормативной системой, ограничивающей загрязнение водной среды на основе изучения токсического действия ЗВ на водные организмы.

7.5. Комплексные подходы: атмосферный воздух, почва и поверхностные воды

7.5.1. Комплексные показатели загрязнения.

Атмосфера. При оценке степени загрязнения атмосферного воздуха в городах в системе наблюдений Росгидромета используется «индекс загрязнения атмосферы» (ИЗА_г) – количественная характеристика уровня

загрязнения атмосферы отдельной i -й примесью, учитывающая различие в скорости возрастания степени вредности веществ, приведенной к вредности диоксида серы. Расчет ИЗА_{*i*} основан на предположении, что на уровне ПДК все вредные вещества характеризуются одинаковым влиянием на человека, а при дальнейшем увеличении концентрации степень их вредности возрастает с различной скоростью, которая зависит от класса опасности вещества. ИЗА_{*i*} рассчитывают по формуле [15]:

$$I_i = \left(\frac{Q_r}{\text{ПДК}_{\text{с.с.}}}_i \right)^{c_i},$$

где Q_r – среднегодовая концентрация; $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ – среднесуточная ПДК; c_i – константа, принимающая значения 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 для соответственно I, II, III, IV классов опасности веществ, которая позволяет привести степень вредности i -го вещества к степени вредности диоксида серы.

Руководящим документом для сети мониторинга Росгидромета [15] предписывается также расчет более сложного комплексного индекса загрязнения атмосферы (КИЗА) для сравнения степени загрязнения атмосферы различных городов, районов одного города или сравнения степени загрязнения различными веществами в городе. Вначале на ЭВМ рассчитывают значения ИЗА I_i для каждого i -го ЗВ из приоритетного списка l контролируемых веществ, составленного в виде убывающего вариационного ряда величины I_i . После этого определяют КИЗА $I_i = \sum_{i=1}^l I_i$ как сумму ИЗА l первых ЗВ в ранжированном по убыванию ряду ИЗА.

По мнению разработчиков комплексных показателей типа ИЗА и КИЗА, эти индексы необходимо использовать для обобщенной оценки степени загрязнения атмосферы в различных городах или регионах при составлении приоритетных списков городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха.

Почва. Как уже отмечалось в п. 6.3.2, оценку степени химического загрязнения почв по критерию неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводят по суммарному показателю загрязнения Z_c , равному сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей (K_{Cr} – отношение концентрации в почве к региональному кларку) и выраженному формулой:

$$Z_c = \sum K_{Cr} - (n - 1),$$

где n – число определяемых веществ.

Использование кларка в качестве критерия «нормы» содержания элемента в почве позволяет отнести подход к оценке загрязнения почвы, основанный на расчете показателя Z_c , к категории эколого-геохимических подходов (см. п. 7.6).

Поверхностные воды. Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения предписано учитывать более жесткие нормативы качества поверхностных вод в случаях одновременного использования водного объекта или его участка различными водопользователями. Как правило, это наиболее распространенная ситуация на водных объектах. В настоящее время существует много различных способов комплексных оценок качества поверхностных вод: методы, оценивающие качество воды в виде различных приоритетных, с точки зрения авторов, показателей; различные типы коэффициентов загрязненности, коэффициентов комплексности. Однако все эти методы не дают однозначной оценки качества воды, в связи с чем одно и то же состояние воды по отдельным показателям может быть отнесено к разным категориям загрязненности.

При оценке качества поверхностных вод России по данным сети мониторинга Росгидромета воды классифицируются по комплексному показателю степени загрязненности химическими веществами и по гидробиологической классификации, разработанным и используемым в системе Росгидромета.

Условный комплексный индекс загрязнения воды (УКИЗВ), разработанный в Гидрохимическом институте Росгидромета (см., например, Ежегодник [16]), оценивает степень загрязнения поверхностных вод в виде безразмерного числа, учитывающего долю каждого из загрязняющих веществ, которые формируют общий загрязняющий эффект. УКИЗВ может принимать значения от 1 до 16 при возрастании степени загрязнения воды. Рассчитывается показатель по первым 15 ЗВ из ранжированного списка контролируемых веществ и показателей, у которых повторяемость (число случаев в году) концентраций, превышающих рыбохозяйственные ПДК, превышает 50%. На основании УКИЗВ проводят классификацию степени загрязненности:

- 1 класс – условно чистая;
- 2 класс – слабо загрязненная;
- 3 класс – разряды: а) загрязненная; б) очень загрязненная;
- 4 класс – разряды: а) грязная; б) очень грязная;
- 5 класс – чрезвычайно грязная.

7.5.2. Гидробиологические показатели загрязнения

По гидробиологическим показателям выделяют шесть классов качества воды на основании оценки состояния пресноводных экосистем по фито- и зоопланктону с использованием различных индексов сапробности (степени загрязнения по показателю видового разнообразия, см. п. 6.2.3) [17]. В последние несколько десятилетий делались попытки модифицировать метод индекса сапробности путем учета относительной частоты встречаемости организмов. По мнению ведущих специалистов, эти попытки не могут исправить принципиальный недостаток устаревшего метода

сапробности – неспособность по универсальному критерию дать объективную оценку состояния биоценозов (норма, отклонение, патология) из-за индивидуальных различий в природных условиях водоемов. По современным представлениям, эффективный метод оценки антропогенных воздействий на природные системы должен быть основан на системно-экологическом принципе контроля и оценки состояния природных экосистем, т.е. на «экосистемном» подходе.

Нарушение этого принципа приводит к заведомо неудачным схемам построения комплексных показателей для оценки качества природных вод. Примером такого малопродуктивного, на наш взгляд, построения служит предложенный Т.И. Моисеенко «экотоксикологический» подход к нормированию антропогенной нагрузки на водные экосистемы [18]. Заявленная автором направленность на комплексную оценку «здоровья экосистемы» («экосистемный» подход) находится в очевидном противоречии с методологией, в основе которой лежит «выявление связей между интегральными показателями... воздействия комплекса загрязняющих веществ и информативными биологическими критериями... на различных уровнях... экосистемы – ...от клеточного и биомолекулярного до уровня организмов» [18]. В результате строится сложный комплекс критериев, практическая пригодность которого вызывает сомнения.

7.5.3. Биотесты

По мнению ведущих экотоксикологов, из десятков и сотен тысяч токсичных веществ, загрязняющих природную среду, в лучшем случае можно определить 5–10% общего числа нормируемых поллютантов. Как было отмечено в п. 7.4, из огромного числа химических веществ, используемых в производственных циклах, в странах Западной Европы контролируется только 30–40 химических показателей загрязнения. В России установлены нормы ПДК для примерно 1600 соединений, но такого количества явно недостаточно для оценки опасности миллионов разных химических соединений, загрязняющих ОС [8].

При существующей концепции контроля загрязнения ОС, основанной на ПДК, современные физико-химические аналитические методы могут дать сведения только о количестве анализируемого вещества. При этом остается без ответа основной вопрос: насколько опасно присутствие этого вещества и особенно смеси различных и часто неизвестной природы токсичных веществ для жизнедеятельности экосистемы.

Тесты, основанные на биологических объектах, могут быть включены в общую аналитическую процедуру оценки токсичности отдельных загрязняющих веществ и их смесей. Основные недостатки биотестов – длительность анализов (24 ч и более), потребность в большом количестве анализируемого материала и субъективность оценки при подсчете доли погибших организмов.

Современные требования к биотестам:

- чувствительность ко всем классам химических соединений;
- корреляция отклика с действием на высшие животные;
- производство тест-объекта в консервированном виде;
- возможность инструментального измерения отклика;
- экспрессность анализа.

В настоящее время таким требованиям отвечают лишь отдельные биотесты. Сравнительная оценка различных типов биологических систем, проводившаяся с конца 1990-х годов, позволила выделить из множества биотестов люминесцентный бактериальный тест, в значительной степени свободный от перечисленных недостатков. Отклик люминесцентных бактерий на токсические вещества полностью коррелирует с таковым у других биологических организмов и с показателем смертности LD_{50} для высших животных. Трудной проблемой остается классификация степени загрязнения водоема («нормирование») по отклику биотеста [8].

7.6. Экосистемный подход: поверхностные воды

Использование химико-аналитических методов контроля качества окружающей среды не дает полного представления о биологических последствиях загрязнения. В свою очередь, ограничение («нормирование») нагрузок только по показателям содержания отдельных веществ-загрязнителей (ПДК, ПДВ) без знания ответной реакции биоты не позволяет избежать деградации биологических систем.

Перспективным методом оценки антропогенного воздействия на биоценозы водоемов, основанным на экосистемном подходе, следует признать метод экологических модификаций, опирающийся на теорию экологического регресса [19]. Согласно этой теории, при слабом загрязнении водной среды происходит увеличение метаболизма биоценоза (метаболический прогресс), экосистема переходит в состояние так называемого антропогенного экологического напряжения. При длительном увеличении метаболизма снижается разнообразие сообществ, укорачиваются пищевые цепочки, что определяется как экологический регресс. Если загрязнение продолжает увеличиваться, то метаболический прогресс прекращается и сменяется метаболическим регрессом, что ведет в конечном счете к ликвидации биоценоза.

В соответствии с положениями теории, экологическое состояние пресноводных экосистем по мере возрастания антропогенных нагрузок оценивается следующей шкалой:

- I – состояние экологического благополучия;
- II – состояние антропогенного экологического напряжения;
- III – состояние антропогенного биологического регресса;
- IV – состояние антропогенного метаболического регресса.

Изложенная классификация представляет собой пример практической реализации экологического подхода к оценке качества природных вод, который может служить общей основой нормирования антропогенной нагрузки на природные сообщества. Такой подход вполне гармонирует с изложенной выше идеей разделения природных экосистем на три-четыре категории в зависимости от степени антропогенной трансформации системы (см. п. 2.2). Более того, именно экосистемный подход к оценке состояния природных систем открывает путь к практическому решению проблемы экологического нормирования антропогенной нагрузки в зависимости от категории экосистемы: полностью освоенная (преобразованная), частично освоенная, нетронутая (заповедная). Понятно, что для каждой из этих категорий должны быть разработаны отдельные теоретические подходы к оценке допустимых воздействий по критерию сохранения состояния и устойчивого развития реальных экосистем (биомасса, продуктивность, биоразнообразие, устойчивость к внешним воздействиям и т.п.) с учетом их хозяйственного (экономического), социального, ресурсного и научного значений – так называемое экологическое нормирование (см. гл. 3).

7.7. Эколого-геохимический подход

Эколого-геохимический подход может служить примером промежуточного решения проблемы экологического нормирования. Он основан на концепции преадаптации живых организмов к верхним пределам вариаций природного геохимического фона. Принимается, что сохранение так называемого доиндустриального геохимического фона в основных компонентах неживой природы должно обеспечить стабильность структур и метаболизма природных биоценозов. Термином «доиндустриальный геохимический фон» обозначают средние концентрации элементов или природных химических соединений (кларки) в незагрязненных геофизических средах (атмосфере, континентальных и морских водах, почве и т.п.), а также в объектах живой природы. Кларки оптимальны для биоты, а верхний уровень вариаций фоновых концентраций (кларков) считается естественной, эволюционно обусловленной границей. Его значение принимают за максимально допустимое содержание («эколого-геохимическую» ПДК) элемента.

Эколого-геохимический подход был сформулирован и реализован при разработке норм сброса химических веществ Байкальским целлюлозно-бумажным комбинатом (БЦБК) в озеро Байкал; предложенные «эколого-геохимические» нормы обеспечивали сохранение природных гидрохимических характеристик вод озера [20]. По отношению к Байкалу, с учетом его уникального («заповедного») природного статуса, одним из критериев допустимой антропогенной нагрузки может служить сохранение природных гидрохимических характеристик воды озера в пределах, которые

в принципе обеспечивают стабильность структур и метаболизма водных биоценозов, т.е. отсутствие экологических модификаций (п. 7.6). По отношению к солевому и элементному составу воды озера эти пределы можно обозначить, если принять во внимание два важных обстоятельства.

Во-первых, токсическое действие (или любое другое регистрируемое действие) основных макрокомпонентов солевого состава (ионы K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^-) и микроэлементов начинается при концентрациях, как правило, в десятки и сотни раз превышающих средние природные концентрации в слабоминерализованной байкальской воде. Во-вторых, природные статистические распределения концентраций ионов и элементов содержат концентрации, значительно (для микроэлементов – в несколько раз) превышающие средние концентрации.

Эти свойства показателей гидрохимического фона природных вод позволили сформулировать три концептуальных положения, на которых был основан предложенный подход к оценке экологически допустимых концентраций минеральных компонентов на внешней границе «зоны влияния» сточных вод (СВ) БЦБК, непосредственно сбрасываемых в Байкал [20].

1. Предполагается, что относительно кратковременное воздействие на гидробионтов высоких концентраций, близких к некоторому квантилю X_N (например, квантиль 95%-ной обеспеченности) в природном статистическом распределении концентраций находится в пределах допустимой экологической нагрузки.

2. При сбросе СВ вод в озеро в прибрежных водах возникает так называемая зона влияния по гидрохимическим показателям. Вследствие переменного и случайного характера факторов, формирующих поле примеси в зоне (течения, волнение и т.п.), распределение концентраций ЗВ также носит случайный характер и в фиксированной точке водной массы выражается некоторым статистическим распределением.

3. Условие нормирования качества вод на границе «зоны влияния», в качестве границы которой мы принимаем заданный (условный, конвенциональный, регламентированный) контрольный створ (или контур), следующее: средняя концентрация ЗВ вдоль контрольного контура не должна превышать выбранный (также конвенциональный) квантиль X_N фоновое статистического распределения этого вещества. Этот квантиль принимают в качестве условного эколого-геохимического норматива ($ПДК_{эГ}$) для районов озера Байкал, испытывающих прямую антропогенную нагрузку: $ПДК_{эГ} = X_N$.

Таким образом, предлагаемый подход опирается на относительно безопасные концентрации минеральных веществ, к которым, как мы полагаем, адаптированы гидробионты в природных водоемах. При этом в самой «зоне влияния» сточных вод сохранение природного гидрохимического фона не гарантируется; ее размеры (границы) должны быть заданы исходя из приемлемого экологического ущерба, неизбежного при любом импакт-

ном антропогенном воздействии. В соответствии с идеей классификации природных экосистем по степени антропогенной нагрузки (см. п. 2.2) эта зона должна быть отнесена к категории экосистем, испытывающих умеренную нагрузку.

В качестве примера практического применения такого подхода приводим методологическую схему экологического нормирования химического состава сточных вод БЦБК. Схема включает следующие этапы [20].

1. Контрольный створ/контур (рис. 7.1) устанавливается из соображений компромисса между двумя противоположными требованиями, а именно: а) минимизация экологического ущерба, мерой которого может служить площадь зоны влияния; б) однородность характеристик качества воды в контрольном створе/контуре; это условие обеспечивается лишь за пределами зоны турбулентного рассеяния СВ. Таким образом, размер «зоны влияния» – величина конвенциональная.

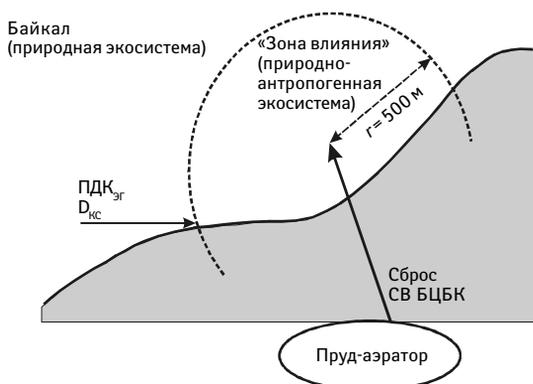


Рис. 7.1. Конвенциональная «зона влияния» сточных вод БЦБК в Байкале [20]

2. Эколого-геохимический предел средней концентрации нормируемого компонента на границе «зоны влияния» – ПДК_{эгр} – устанавливается на основе изученного статистического распределения фоновых концентраций компонента в приемных байкальских водах; квантиль $X_N = \text{ПДК}_{\text{эгр}}$ – также величина конвенциональная (экспертный выбор).

3. Предельная концентрация нормируемого компонента в СВ («норма») определяется путем решения обратной задачи: расчет по принятому ПДК_{эгр} с учетом кратности разбавления СВ в контрольном створе/контуре – D_{кc}, т.е. на границе «зоны влияния» (см. рис. 7.1).

В монографии Н.Ф. Реймерса [21] упоминается подход к обоснованию ПДК химических вредных веществ в морской воде. Этот подход основан на практически той же идее, что и в работе В.А. Ветрова [20], а именно на

утверждении, что средние концентрации металлов в Мировом океане оптимальны для его биотического населения, а крайние пределы статистических распределений природных концентраций отражают критические уровни – нижний и верхний. Верхний уровень считается естественной, эволюционно обусловленной границей. Его значение принимают за максимально допустимое содержание металла для всего населения Мирового океана.

Все подобные идеи относительно безопасных уровней концентрации химических элементов и соединений, соответствующих природным концентрациям этих веществ («геохимическому фону»), мы объединяем в рамки эколого-геохимического подхода к нормированию химического загрязнения ОС.

7.8. Глобально-балансовый подход

Называемый нами «глобально-балансовым» подход к определению пределов загрязнения атмосферного воздуха, основанный на сохранении природных («доиндустриальных») уровней глобальных концентраций химических веществ в атмосфере, можно рассматривать как частный случай более общего эколого-геохимического подхода применительно к глобальным балансам химических веществ. Глобально-балансовый подход получил широкое развитие и признание в связи с проблемой роста содержания в атмосфере так называемых парниковых газов (ПГ) и озона, который может нарушить радиационный баланс Земли.

Глобальная концентрация углекислого газа (диоксида углерода, CO_2) варьировала в диапазоне от 180 до 300 ppm (объема) на протяжении последних 400 000 лет [22]. Она менялась в пределах примерно 270–290 ppm в течение последних 1000 лет в «доиндустриальную» эру (условно – до 1860 года) и, таким образом, была практически постоянной. С середины XIX столетия концентрация CO_2 стала быстро возрастать и превысила к настоящему времени (начало XXI века) 370 ppm (см. рис. 1.3). Несмотря на отсутствие полного согласия ведущих экспертов относительно причин и динамики наблюдаемого периода потепления климата (порядка $+0,5^\circ\text{C}$ за последние 100 лет [23]), имеется общее мнение о потенциальной опасности роста антропогенной эмиссии CO_2 и других парниковых газов (см. п. 1.4).

Согласно принятой в 1992 году Рамочной конвенции ООН об изменении климата, страны – участницы Конвенции, включая Россию, взяли на себя обязательства по ограничению эмиссии диоксида углерода. Выполнение этих обязательств должно обеспечить «предел» средней концентрации CO_2 в тропосфере на уровне 360 ppm. В соответствии с Киотским протоколом к Рамочной конвенции ООН, Россия берет на себя обязательство сохранить в 2008–2012 годах выбросы парниковых газов на уровне 1990 года. По оценкам, в 2010 году выбросы ПГ предприятиями ТЭК (ос-

нового источника ПГ в России) составят 75–80% уровня 1990 года и даже к 2020 году не достигнут этого уровня, что позволит России выполнить указанное обязательство [24]. Налицо конструктивная попытка контроля глобальных процессов путем введения пределов концентрации ПГ в глобальной атмосфере.

В настоящее время продолжают интенсивные исследования по определению пределов антропогенного роста среднего содержания парниковых газов в атмосфере, которые должны обеспечить сохранение устойчивости радиационного баланса и климата планеты (см., например, [25]). Исключительную важность этого направления отмечает один из ведущих западных экспертов в области глобальной экологии Дж. Лавлок (J. Lovelock). В своей последней книге «Месть Геи» (The Revenge of Gaia, 2006) он выступает за немедленное резкое сокращение выбросов парниковых газов промышленностью и энергетикой. Будучи в течение многих лет убежденным противником развития ядерной энергетики, Лавлок предлагает переход на ядерную энергетику в качестве единственной реальной альтернативы энергетике на органическом топливе – по крайней мере, до того времени, пока не будут разработаны экономически приемлемые технологии использования неисчерпаемых источников энергии (солнца, ветра, приливов и т.п.). «Приверженность “зеленых” возобновляемым источникам энергии похвальна, но ошибочна», – утверждает Лавлок. «...Если мы не остановимся сейчас, мы загубим жизни наших потомков. Если мы будем копать еще 40–50 лет, у них не останется никаких шансов...»

7.9. Эколого-экономический подход

Вариантом комплексного (комбинированного) подхода к оценке приемлемого состояния природной среды служит эколого-экономический подход, который можно продемонстрировать на примере анализа различных аспектов безопасности ядерной энергетики. В работе [26] рассматриваются эколого-экономические аспекты развития ядерной энергетики в сравнении с ТЭС и другими альтернативными энерготехнологиями. По существу при таком подходе речь идет о попытке ограничения выбросов вредных веществ в окружающую среду путем установления отраслевых предельных значений удельных выбросов на единицу продукции, в рассматриваемом примере – на единицу вырабатываемой энергии. Эти значения можно рассчитать, исходя из стоимости экологического ущерба от выброса присущих рассматриваемой отрасли вредных веществ.

Анализируя ценообразование в энергетике России, эксперты приходят к выводу, что в условиях рыночной экономики основным фактором, определяющим конкурентоспособность существующих энергетических технологий, является *величина производственных издержек, но не капиталовложений* [26]. При некоторых реальных предположениях современные АЭС с морально устаревшими блоками ВВЭР-1000 оказываются более

конкурентоспособными, чем даже будущие парогазовые электростанции (ПГЭС) на основе наиболее передовой технологии сжигания газа. Принципиально важно, что этот вывод сделан без учета того, что *природоохранные платежи в производственных издержках обеих технологий в современной практике природоохранного налогообложения составляют ничтожную долю*. Если ввести более жесткие принципы платежей, соответствующих современным представлениям о стоимости природных ресурсов и ущербов от деградации природной среды в результате загрязнения, то опережение конкурентоспособности АЭС по сравнению с наиболее передовыми технологиями сжигания углеводородного топлива (ПГЭС) будет гораздо больше.

В мировой практике встречаются различные подходы к экономической оценке экологических ущербов. Для угольных ТЭС экологический ущерб для выбросов в денежном выражении, как правило, значительно превышает стоимость электроэнергии. Так, если в США на уровне 2000 года цена электроэнергии была 4,8 цент/(кВт·ч), то ущерб от выбросов при ее производстве оценивался в 6,6–8,1 цент/(кВт·ч). В рамках общей задачи – поддержки принятия решений о выборе энергетических объектов (Decision Making Support System Project) – за рубежом были разработаны методологии оценки экологических ущербов и базы данных по различным энерго-технологиям. Например, стандартные экономические эквиваленты выбросов в атмосферу, разработанные в Германии, составляли в 1996 году за 1 т выбросов в немецких марках: SO_x – 5000; NO_x – 4000; CO – 500; HC – 2000; CO_2 (низкий уровень) – 10; CO_2 (высокий уровень) – 100; пыль – 1000 [26].

На основании подобных показателей можно рассчитать значения экологических ущербов, приходящихся на 1 кВт·ч выработанной электроэнергии. При этом соотношение ущербов для различных энергетических технологий позволяет судить, какой экологический эффект (в стоимостном выражении) можно получить при замене одной технологии другой.

Для действующих АЭС России такие данные с достаточной очевидностью показывают экологические преимущества АЭС перед ТЭС на ископаемом топливе, включая ТЭС на газе. Существенно, что они отражают показатели не только самих станций (в стадии конверсии), но и всего топливного цикла. С учетом структуры тепловой энергетики российская ядерная энергетика к 1994 году (производящая меньше 13% электроэнергии в стране) уже предотвратила выброс в атмосферу порядка 19,4 млн. тонн оксидов серы, 4,7 млн. тонн оксидов азота и 1,09 млрд. тонн диоксида углерода. До конца эксплуатации действующих АЭС эти значения должны возрасти в 2,5 раза.

Некоторые факторы, которые здесь количественно не оцениваются, должны значительно увеличить эколого-экономический эффект от развития ядерной энергетике. К ним, в частности, относятся: потребление тепло-

вой энергетикой кислорода и природоохранные мероприятия для восстановления его количества; выбросы тяжелых и радиоактивных элементов на ТЭС и риск парникового эффекта, экологические последствия которого могут принять катастрофический характер для биосферы. Большое значение также имеет экологический ущерб, связанный с временным или постоянным отчуждением земельных ресурсов. Роль этого показателя для различных энергоисточников и их топливных циклов особенно значительна, когда они расположены в промышленно развитых регионах с высокой плотностью населения и стоимостью земли. Так, среднее удельное (на единицу продукции, кВт·ч) значение площади земли, отчуждаемой объектами ядерной энергетики, примерно в 4 раза меньше, чем в угольной энергетике, и в 2,5 раза меньше, чем в газовой энергетике (см. п. 10.1.3).

Для сравнительной эколого-экономической оценки загрязнения атмосферного воздуха от различных отраслей хозяйства в работе [27] предложен удельный эколого-экономический индекс загрязнения φ_i от i -й отрасли, учитывающий стоимость годовой валовой продукции рассматриваемой i -й отрасли, – M_i , р./год:

$$\varphi_i = \Sigma V_{ik} / M_i \text{ [м}^3/\text{р.]}$$

В числителе ΣV_{ik} – сумма индексов загрязнения V_{ik} , рассчитанных для всех основных загрязняющих веществ.

Индекс загрязнения конкретного природного ресурса k -м веществом от i -й отрасли определяется соотношением

$$V_{ik} = P_{ik} / \text{ПДК}_k,$$

где P_{ik} – валовый выброс k -го вещества предприятиями i -й отрасли, г/год; ПДК_k – его санитарно-гигиенический норматив, г/м³. Понятно, что физический смысл индекса загрязнения V_k – объем возобновляемого ресурса (например, атмосферного воздуха), потребного для «разбавления» массы валового выброса k -го вещества P_k до относительно безопасной концентрации ПДК_k . Таким образом, удельный эколого-экономический индекс i представляет собой объем («экологическую стоимость») природного ресурса (атмосферный воздух, пресная вода), который должен быть затрачен при производстве единицы стоимости продукции i -й отрасли (1 р.) для обеспечения экологической безопасности отходов производства. Для оценки вклада атомной отрасли в суммарный экологический риск загрязнения атмосферы были рассчитаны значения i для атомной промышленности и энергетики и для ведущих отраслей хозяйства, внесивших в 1999 году основной вклад в загрязнение воздуха: промышленности в целом, автотранспорта, ЖКХ, энергетики (без атомной). В табл. 7.2 приведены результаты этих расчетов, в которых в качестве основных компонентов загрязняющих атмосферных выбросов учитывались взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, свинец и радиоактивные вещества [27].

Таблица 7.2. Эколого-экономические показатели загрязнения атмосферного воздуха различными отраслями хозяйства РФ в 1999 году [27]

Показатель	Промышленность в целом	Автотранспорт	ЖКХ	Энергетика (без атомной)	Атомная промышленность и энергетика	
					в целом	АЭС
$\Sigma V_{ij}, 10^{12} \text{ м}^3$	121 000	12 400	5500	39 300	800	0,02
$M_j, 10^{12} \text{ р.}$	4,80	1,00	2,60	0,40	0,050	0,035
$\Phi_j, \text{ м}^3/\text{р.}$	25 200	12 400	2100	98 259	16 000	0,6

Как видно из данных, приведенных в табл. 7.2, к наиболее «грязным» отраслям экономики по отношению к атмосферному воздуху следует отнести теплоэнергетику (на органическом топливе) и промышленность в целом. По «экологической стоимости» продукция атомной промышленности близка к продукции автотранспорта за счет загрязняющих выбросов на стадиях получения ядерного топлива (добыча и переработка руды и т.п.), в то время как производство электроэнергии на АЭС на шесть порядков чище, чем на ТЭС.

В свете сказанного очевидно, что при оценке социальной приемлемости различных энерготехнологий и принятии решений по их выбору крайне важно, чтобы присущие этим технологиям негативные экологические последствия получали не только натуральную, но и экономическую оценку, которая в конечном счете должна найти отражение в стоимости производства энергии. Включение стоимости экологического ущерба в стоимость продукции может стать революционным методом разрешения противоречий между экономической и экологической парадигмами развития общества.

7.10. Резюме. Современные подходы к ограничению загрязнения окружающей среды

Основные подходы

Регулирование качества окружающей человека среды (среды обитания) путем ограничения содержания загрязняющих примесей в воде и воздухе лежит в основе санитарно-гигиенического подхода к нормированию качества среды с «антропоцентрических» позиций. С этих позиций строятся различные комплексные показатели и индексы загрязнения природных сред. В последние десятилетия XX века появились «экоцентрические» подходы к ограничению загрязнения природной среды, основанные на концепции сохранения устойчивости как отдельных экосистем различных рангов, так и биосферы в целом. Эти новые подходы представлены в нескольких примерах: экосистемный, эколого-геохимический, глобально-балансовый, эколого-экономический.

Санитарно-гигиенический подход

Традиционный санитарно-гигиенический подход к оценке качества среды обитания человека основан на системе лимитирующих показате-

лей вредности для здоровья и органов чувств человека. Очевидно, что качество питьевой воды и ее безопасность для здоровья людей обусловлены составом исходных природных вод. Следует формировать перечень загрязняющих веществ, которые свойственны конкретному региону. Региональный подход необходим еще и потому, что в России много населенных пунктов, где воды питьевого качества нет вообще [3].

Нормирование радиоактивного загрязнения

Примером законченной реализации основных положений концепции санитарно-гигиенического («антропоцентрического») подхода к оценке состояния окружающей среды служат Нормы радиационной безопасности. Концепция и опыт разработки НРБ, в частности принципы ALARA, могут найти применение в методологии экологического нормирования не только радиоактивных веществ, но и любых химических поллютантов.

Эколого-токсикологический подход

Эколого-токсикологический подход к установлению предельных уровней загрязнения природных водоемов основан на результатах экспериментального определения концентраций токсических веществ для различных видов, групп и стадий развития гидробионтов. Эколого-токсикологический подход применяется для установления рыбохозяйственных ПДК для химических загрязняющих веществ в природных водоемах, однако традиционная токсикологическая методология практически бессильна в решении проблемы экологического нормирования для лавинообразно растущего числа потенциальных промышленных поллютантов. По мнению многих ведущих экотоксикологов, методы определения токсичности загрязняющих веществ следует изменить [8]. В силу принципиальных методологических недостатков эколого-токсикологический подход не отвечает современным представлениям о критериях допустимых воздействий на природную среду.

Комплексные подходы: атмосферный воздух и поверхностные воды

Комплексные показатели загрязнения. Комплексные показатели типа ИЗА и КИЗА, основанные на санитарно-гигиенических ПДК, используются для обобщенной оценки степени загрязнения атмосферы в различных городах или регионах для составления приоритетных списков городов с наибольшим уровнем загрязнения воздуха.

Использование кларка в качестве критерия «нормы» содержания элемента в почве позволяет отнести подход к оценке загрязнения почвы, основанный на расчете показателя Z_c , к категории эколого-геохимических подходов.

Многочисленные методы комплексных оценок качества поверхностных вод не дают однозначной оценки качества воды, в связи с чем одно и то же состояние воды, определенное разными методами, может быть выражено разными показателями загрязненности.

Гидробиологические показатели загрязнения. Интегральные и так называемые комплексные гидробиологические показатели состояния водных экосистем (типа индекса сапробности) не могут удовлетворять потребность в оценке экологических последствий загрязнения, поскольку в силу «универсального» характера они не учитывают индивидуальных особенностей конкретных экосистем. По мнению ведущих специалистов, эффективный метод оценки антропогенных воздействий на природные системы должен быть основан на системно-экологических принципах контроля и оценки состояния природных экосистем, т.е. на «экосистемном» подходе.

Биотесты. Тесты, основанные на биологических объектах, могут быть включены в общую аналитическую процедуру оценки общей токсичности отдельных загрязняющих веществ и их смесей. В настоящее время требованиям к практической применимости биотестов отвечают лишь отдельные биотесты, например люминесцентный бактериальный тест. Проблемой остается классификация степени загрязнения водоема («нормирование») по отклику биотеста.

Экосистемный подход: поверхностные воды

Экосистемные подходы, использующие динамические экологические показатели при оценке состояния поверхностных вод, рассматриваются большинством специалистов как наиболее перспективная методология нормирования антропогенных воздействий. Примером такого подхода служит метод экологических модификаций, опирающийся на теорию экологического регресса [19]. Он позволяет практически решить проблему экологического нормирования антропогенной нагрузки в зависимости от категории экосистемы: полностью освоенная (преобразованная), частично освоенная, нетронутая (заповедная). При таком подходе для каждой из этих категорий должны быть разработаны отдельные требования к допустимому антропогенному воздействию по критерию сохранения состояния и устойчивого развития реальных экосистем.

Эколого-геохимический подход

Эколого-геохимический подход основан на концепции преадаптации живых организмов к верхним пределам вариаций природного геохимического фона. Принимается, что сохранение так называемого доиндустриального геохимического фона в основных компонентах неживой природы должно обеспечить стабильность структур и метаболизма природных биоценозов. При этом средние концентрации химических элементов в абиотических компонентах природной среды (кларки) оптимальны для биоты,

а верхний уровень вариаций фоновых концентраций считается естественной, эволюционно обусловленной границей. Его значение принимается за максимально допустимое содержание («эколого-геохимическую» ПДК) элемента в природной среде.

Глобально-балансовый подход

Называемый нами «глобально-балансовым», подход к определению пределов загрязнения атмосферного воздуха основан на принципе сохранения природных («доиндустриальных») уровней глобальных концентраций химических веществ в атмосфере. Он может рассматриваться как частный случай более общего эколого-геохимического подхода применительно к глобальным балансам химических веществ. В настоящее время продолжают интенсивные исследования по определению пределов антропогенного роста среднего содержания парниковых газов в атмосфере, которые должны обеспечить сохранение устойчивости радиационного баланса и климата планеты.

Эколого-экономический подход

Эколого-экономический подход к регулированию состояния природной среды, основанный на оценке экологического ущерба от хозяйственной деятельности, может и должен использоваться в качестве мощного инструмента ограничения загрязнения природной среды. Включение стоимости экологического ущерба в стоимость продукции может стать революционным методом разрешения противоречий между экономической и экологической парадигмами развития общества. В частности, при выборе различных энерготехнологий крайне важно, чтобы присущие этим технологиям негативные экологические последствия получали не только натуральную, но и экономическую оценку, которая в конечном счете должна найти отражение в стоимости производства энергии. Ключевая проблема развития эколого-экономического подхода – разработка основополагающих принципов (концепции) стоимостной оценки экологического ущерба.

Список литературы

1. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ (принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года).
2. ГОСТ СанПиН 2.1.4.559–96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
3. Барановская Н. По регламенту не выпьешь // Российская газета. – 2009. – № 112 (23 июня). Экономика (Экология).
4. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения // Сер. изданий по безопасности. – 1997. – № 115. – Вена: МАГАТЭ. – 382 с.
5. Recommendations of the ICRP: ICRP Publication 26 // Oxford: Pergamon Press, 1977.

6. Тымченко Э.А. К чему приводит законопослушание // Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергетике. – 1999. – № 3-4.

7. Методические рекомендации по установлению предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для воды рыбохозяйственных водоемов (утверждены Роскомрыболовством 21 апреля 1986 года).

8. Данилов В.С. Современные интегральные методы биотестирования в оценке качества окружающей среды // Матер. междунар. науч.-практ. конф. МГУ – СУНИ «Человечество и окружающая среда». 26–28 окт. 2004 года, М., МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд. МГУ, 2004. – С. 13.

9. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 311 с.

10. Корж В.Д. Геохимия элементного состава гидросферы. – М.: Наука, 1991. – 243 с.

11. Ветров В.А., Кузнецова А.И. Базовые уровни содержания металлов в различных частях водной массы озера Байкал // География и природные ресурсы. – 1983. – № 3. – С. 121–129.

12. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд. ВНИРО, 1999.

13. Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации в 2006 году. – М.: Росгидромет, 2007.

14. Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации в 2005 году. – М.: Росгидромет, 2005.

15. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

16. Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации в 1998 году. – СПб.: Гидрометеиздат, 1999.

17. Абакумов В.А. Гидробиологический контроль пресноводных экосистем. – М.: Гидрометеиздат, 1983. – 13 с.

18. Моисеенко Т.И. Антропогенная изменчивость пресноводных экосистем и критерии оценки качества вод // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. XIX. – СПб.: Гидрометеиздат, 2003. – С. 72–94.

19. Абакумов В.А. Основные направления изменения водных биоценозов в условиях загрязнения окружающей среды // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – Т. 2. – С. 37–48.

20. Ветров В.А. Экологический подход к нормированию качества сточных вод Байкальского целлюлозно-бумажного комбината по минеральным компонентам // Охрана природы от загрязнения предприятиями целлюлозно-бумажной промышленности. – Л., 1983. – С. 56–65.

21. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: Изд. центр «Россия молодая», 1992. – 363 с.

22. Barnola J.M., Raynaud D., Lorius C., Barkov N.I. Historical CO₂ record from the Vostok ice core // A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center. Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy. – Oak Ridge, Tenn., U.S.A., 2003. <<http://cdiac.esd.ornl.gov/>>

23. Современные изменения климата северного полушария / К.Я. Винников, Г.В. Груза, В.Ф. Захаров др. // Метеорология и гидрология. – 1980. – № 6. – С. 5–17.

24. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 августа 2003 года № 1234-р).

25. *Израэль Ю.А., Семенов С.М.* (Институт глобального климата и экологии) Критические уровни парниковых газов, стабилизационные сценарии и последствия для глобальных решений: Доклад на саммите в Экзетере (Англия), февраль 2005 года.

26. *Петухов А.В.* Эколого-экономическая безопасность атомной энергетики // Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергии. – 1998. – № 11. – С. 22–25.

27. *Ветров В.А.* Сравнительная оценка ущерба природным ресурсам и окружающей среде от деятельности атомной и других отраслей экономики России // Научные аспекты экологических проблем России: Тр. Всерос. конф., М., 13–16 июня 2001. – М.: Наука, 2002. – Т. 2. – С. 493–504.

8. ДЕЙСТВУЮЩИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ВЗИМАНИЯ ПЛАТЫ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ДРУГИЕ ВИДЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА

Мы стали богатыми в познании, но бедными в мудрости.

К.Г. Юнг

8.1. Плата за загрязнение: существующие подходы

Система экологических платежей и фондов была создана в нашей стране в 1990–1991 годах. Традиционный для России наиболее простой административный подход к ограничению выбросов/сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду – штрафные санкции. Его недостатки: штрафы не компенсируют нанесенный ущерб, а главное, их размеры не позволяют воспроизводить (восстанавливать) природную среду. К тому же обезличенные при поступлении в казну штрафные платежи, как правило, уходят из природоохранных фондов пострадавшего региона на более приоритетные (по мнению чиновников) нужды в другом месте.

В числе других экономических приемов ограничения загрязнения ОС можно назвать введение квот на выбросы с возможностью торговли квотами в случае наличия «резерва» либо превышения квоты. Практические механизмы внедрения этого подхода на межгосударственном уровне активно обсуждаются в рамках выполнения условий принятого в конце 1997 года Киотского протокола – самого «рыночного» и наиболее спорного международного соглашения в области экологии. Согласно этому соглашению, страны-участницы обязуются к 2008–2012 годам ограничить выбросы в атмосферу парниковых газов в пределах эмиссии на уровне 1990 года. Для большинства развитых стран это означает сокращение текущих (на 2003–2005 годы) выбросов на 7–15%, в то время как для стран с развивающейся и переходной экономикой (включая Россию) остаются «резервы» квот в виде разницы между текущими уровнями выбросов и выбросами в 1990 году.

Примером довольно сложного экономического механизма ограничения загрязнения ОС служат предложенные Е.В. Хлобыстовым критерии стоимостной оценки «региональной экологической безопасности» [1]:

- суммарные по всем предприятиям годовые платежи за загрязнение окружающей природной среды в пределах лимита;
- суммарные по всем предприятиям годовые сверхлимитные экологические платежи (платежи за сверхлимитное загрязнение, за аварийные и залповые выбросы, экологические штрафы);
- суммарные по региону годовые платежи за нормативное использование соответствующих ресурсов;

– суммарные по региону годовые платежи за сверхнормативное использование ресурсов.

В итоге суммарный ущерб, нанесенный ОС предприятиями региона, рассчитывается на основании удельных ущербов исходя из общего годового объема выбросов и сбросов вредных веществ, а также вывоза и захоронения отходов промышленным комплексом региона. Одним из способов стимулирования сокращения выбросов может служить введение системы прогрессивного снижения налога на выбросы ниже установленных лимитов либо вообще отмена налога за выбросы ниже «нулевого» (минимального) лимита. Другой способ – вышеприведенный пример с Киотским протоколом: введение механизма эколого-экономической конкуренции путем торговли объемами ЗВ; «грязное» предприятие может купить надбавку к своему лимиту выбросов от более «чистого» предприятия, имеющего «запас» разрешенного объема выбросов (разница между лимитом и фактом).

Необходимо в ближайшей перспективе повсеместно переходить от свалок отходов к полигонам, которые представляют собой сложные инженерные сооружения, оборудованные системами борьбы с загрязнением воды и воздуха и используют метан для производства тепла и электроэнергии.

Следует признать, что большинство, если не все, применяемых на практике экономических механизмов ограничения загрязнения ОС основано в той или иной степени на субъективных стоимостных оценках ущерба, не имеющих под собой серьезной научной основы. Наука еще не дошла до понимания необходимости перевода экономики из области «гуманитарных» наук в область естествознания, где действуют объективные законы развития биологических систем, а не разрушительные по своей природе экономические законы.

Положение дел в области охраны ОС можно существенно улучшить путем принятия законопроекта «О плате за негативное воздействие на окружающую среду», в котором должен быть заложен экономический механизм стимулирования снижения негативного воздействия на ОС.

8.2. Законодательная и нормативно-правовая база

Законодательной и нормативно-правовой базой экономического механизма ограничения загрязнения окружающей среды на современном этапе (2009 год) следует считать Постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 года № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» [2] (далее – Постановление № 344). Содержание этого документа ввиду его краткости вполне уместно привести полностью:

«Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Утвердить нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух заг-

рязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления согласно приложению 1.

2. Установить, что нормативы платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления применяются с использованием коэффициентов, учитывающих экологические факторы, согласно приложению 2 и дополнительного коэффициента 2 для особо охраняемых природных территорий, в том числе лечебно-оздоровительных местностей и курортов, а также для районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, Байкальской природной территории и зон экологического бедствия».

Основной объем Постановления № 344 занят приложениями 1 и 2 с нормативами платы за выбросы и сбросы и с перечнем коэффициентов, учитывающих экологические факторы.

В самом Постановлении № 344 нет никаких ссылок ни на основания для его принятия, ни на нормативный акт, во исполнение которого оно было принято. Кроме того, нет никаких указаний на методологию получения нормативов платы за выбросы (в атмосферу), сбросы (в поверхностные и подземные воды) и размещение отходов (приложение 1), а также на методологию получения коэффициентов, учитывающих экологические факторы, и дополнительного коэффициента для территорий с особым статусом (приложение 2).

Поскольку Постановление № 344, по всей видимости, готовилось на основе предыдущих подобных нормативных актов и подходов, имеет смысл рассмотреть предысторию вопроса.

8.3. Действующий механизм установления платы за загрязнение окружающей среды

8.3.1. Общие принципы

Общий принцип – «загрязняющий платит» [3]. Следует заметить, что изъятие денег по этому принципу снижает возможности предприятия модернизировать технологии в направлении уменьшения выбросов в ОС. Этот принцип плохо работает без одновременного введения механизма поощрения сокращения выбросов: если есть «кнут», то должен быть и «пряник».

Плата за загрязнение представляет собой форму возмещения части экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду. По сути, она выполняет три функции: компенсационную, стимулирующую и экологическую. Во-первых, плата за загрязнение должна полностью или частично компенсировать вред, причиняемый загрязняющими выбросами природной среде, здоровью чело-

века, материальным ценностям. Во-вторых, плата взимается в бесспорном порядке (т.е. в форме налога) за счет прибыли предприятия и на этой основе должна стимулировать сокращение выбросов/сбросов вредных веществ. В-третьих, платежи за загрязнение через внебюджетные экологические фонды используются для реабилитации и охраны окружающей природной среды.

Для выполнения Закона РСФСР «Об охране окружающей среды» (1991 год) [4] Правительство РФ издало Постановление «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды...» (1992 год, «Постановление № 632») [5]. Этими документами было установлено, что плата за загрязнение окружающей природной среды (далее «плата за загрязнение») взимается с природопользователей, осуществляющих следующие виды воздействия на окружающую природную среду:

- выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников;
- сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, а также любое подземное размещение загрязняющих веществ;
- размещение отходов.

Порядок установления платы состоит из трех этапов, на каждом из которых определяются:

- базовые нормативы платы (БН);
- дифференцированные ставки (ДС);
- конкретные размеры платы за загрязнение.

Основной недостаток исторически сложившейся системы платежей – отсутствие дифференцированного подхода к размерам налогов (платежей) за загрязнение экосистем разных категорий – от природных (максимальные ставки налога) до антропогенных (например, промзоны, минимальные ставки, см. п. 2.2). Вводимые в ставку налога корректирующие коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния территорий (см. п. 8.3.3) можно расценивать лишь как весьма грубое приближение к дифференцированному подходу. Причина заключается в том, что в Постановлении № 344 [2] речь идет об административных территориях, всей площади которых приписывается тот или иной экологический коэффициент, что в принципе неверно. По существу, действующая система платежей не нацелена на охрану собственно природных комплексов, она выполняет чисто фискальные функции.

8.3.2. Базовые нормативы

Базовые нормативы платы за выбросы и сбросы конкретных загрязняющих веществ или по видам вредного воздействия (шум и т.п.) определяются как произведение удельного экономического ущерба от вредного воздействия в пределах допустимых нормативов (или лимитов) на по-

казатели относительной опасности конкретного вредного ЗВ или воздействия для ОС и здоровья населения и на коэффициенты индексации платы. Базовые нормативы платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ в ОС рассчитаны для наиболее распространенных ингредиентов и видов вредного воздействия. Базовые нормативы представлены в двух видах:

– за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, другие виды вредного воздействия, размещение отходов в пределах установленных лимитов (нормативов);

– то же – сверх установленных нормативов, но в пределах утвержденных лимитов или временно согласованных выбросов.

Показатели относительной опасности веществ рассчитываются на основе нормативных документов: «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» [6] и «Правила охраны поверхностных вод» [7]. В этих документах за ПДК для атмосферного воздуха принимается ПДК_{сс} – предельно допустимая концентрация среднесуточная; за ПДК для водных объектов – ПДК_{рх}, предельно допустимая концентрация в воде рыбохозяйственных водоемов. При отсутствии ПДК_{сс} применяется предельно допустимая максимальная разовая концентрация (ПДК_{мр}), при отсутствии ПДК_{сс} и ПДК_{мр} применяется ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ). При отсутствии ПДК_{рх} используется предельно допустимая концентрация для водоемов культурно-бытового назначения или ОБУВ.

8.3.3. Дифференцированные нормативы

В 1990-х годах для учета экологического состояния территорий базовые нормативы платы, утверждаемые Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ и согласованные с Министерством экономического развития и торговли РФ и Министерством финансов РФ, подлежали коррекции умножением на коэффициенты, учитывающие экологические факторы по конкретным территориям и бассейнам рек. Полученные величины называют дифференцированными ставками платы, они утверждаются органами исполнительной власти республик в составе РФ, краев, областей, городов Москвы и Санкт-Петербурга, автономных образований.

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха, почвы и водных объектов на территории РФ были введены в 2003 году для учета суммарного воздействия, оказываемого выбросами (сбросами, размещением отходов) ЗВ на данной территории [2]. Указанные коэффициенты были рассчитаны по данным Лаборатории мониторинга природной среды и климата Роскомгидромета и Российской академии наук (ЛАН). В их основу положен показатель степени загрязнения и деградации природной среды на территории экономических районов РФ в результате присущих этим районам выбросов в атмосферу и образующихся и размещаемых на их территории отходов.

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов по бассейнам основных рек определены по данным о количестве сброшенных загрязненных сточных вод в этих бассейнах в республиках, краях, областях и данным об объеме стока по бассейнам основных рек в экономических районах РФ. Оценка ущерба от загрязнения поверхностных водных объектов и воздушного бассейна проводится посредством применения повышающего коэффициента к установленным в законодательном порядке ставкам платы за загрязнение ОС. Ущерб считается причиненным в случае превышения установленных лимитов сброса и выброса вредных веществ и рассчитывается исходя из 25-кратного увеличения базовой ставки платы [8].

8.3.4. Конкретные размеры платежей

Важно отметить, что в настоящее время платежи за загрязнение носят налоговый характер. Это признано де-факто, поскольку их неуплата дает право органам Министерства природных ресурсов России взыскивать эти платежи с предприятий в безакцептном порядке. Это обстоятельство в 2002 году привело к полному кризису системы платежей за загрязнение ОС в связи с введением нового Закона [9], согласно которому порядок и размеры платежей устанавливаются на основе законодательных актов (федеральных законов). Этим был отменен прежний порядок, основанный на правительственных постановлениях и ведомственных подзаконных актах.

Следствием всех юридических перипетий 2002–2003 годов стало введение Правительством РФ новых нормативов платы за загрязнение (Постановление № 344 [2], вступило в силу 30 июня 2003 года). Конкретные размеры платежей за загрязнение для предприятий-загрязнителей определяются исполнительными органами власти города, района с участием органов охраны природы, санэпиднадзора и предприятия.

Порядок определения платы, утвержденный Постановлением № 632 в 1992 году [5], изменений не претерпел.

Платежи за выбросы и размещение отходов производятся за счет себестоимости продукции, а платежи за превышение лимитов загрязнения – за счет прибыли, которая остается в распоряжении предприятия.

На конкретных примерах мы рассмотрим порядок применения нормативов при расчете платежей за загрязнение ОС. Размер экологических платежей определяется как сумма платы за загрязнение: в пределах установленных нормативов выбросов, сбросов ЗВ, а также за сверхлимитное загрязнение окружающей среды. При этом к базовым нормативам платы (приложение 1 к Постановлению № 344 [2]) для отдельных экономических районов и бассейнов рек установлены коэффициенты, учитывающие различные экологические факторы и важность территорий (приложение 2 к Постановлению № 344).

Платежи за выбросы в атмосферу и сбросы загрязняющих веществ в водные объекты. Постановлением № 344 [2] установлены базовые нормативы платы за выбросы в атмосферу ЗВ стационарными и передвижными источниками. Плата зависит от количества выбрасываемых вредных веществ. В связи с этим введены ставки платы по выбросам, превышающим предельно допустимый норматив ($БН_n$) и не превышающим временно согласованные выбросы, то есть находящимся в пределах установленных лимитов ($БН_l$).

Базовые ставки платы за загрязнение в пределах установленных лимитов в 5 раз выше, чем ставки за загрязнение в пределах установленных нормативов. Сумма платежа за сверхлимитные выбросы (СЛВ) в 5 раз превышает ставку платы за загрязнение в пределах установленных лимитов ($БН_l$). Об этом говорится в п. 5 Порядка определения платы, утвержденного Постановлением № 632 [5]. Порядок расчета следующий.

Во-первых, следует определить дифференцированную ставку платы по каждому виду загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в пределах допустимых нормативов ($ДС_n$), а также в рамках установленных лимитов ($ДС_l$). Она рассчитывается исходя из базовых нормативов по загрязняющим веществам ($БН$, приложение 1 к Постановлению № 344) и коэффициента K , учитывающего экологические факторы: K_a – состояние атмосферного воздуха и почвы по территориям экономических районов РФ; K_b – состояние водных объектов по бассейнам морей и рек (коэффициенты приведены в приложении 2 к Постановлению № 344).

Формула расчета платы:

$$ДС_n = БН_n K_{ав};$$

$$ДС_l = БН_l K_{ав}.$$

Значения коэффициентов K_a умножаются на 1,2 при выбросе загрязняющих веществ в атмосферу городов соответствующих экономических районов.

Во-вторых, следует определить количество каждого вида ЗВ, выброшенных в окружающую среду.

В-третьих, надо рассчитать сумму платежа. Для этого количество каждого вида ЗВ, попавших в окружающую среду, надо умножить на соответствующую дифференцированную ставку платы. При выбросе нескольких видов следует рассчитать плату по каждому из них в отдельности, а затем сложить полученные показатели.

Плата за размещение отходов производства и потребления. Постановлением № 344 также введены нормативы платы за размещение отходов в пределах установленных лимитов. Величина этих выплат зависит от степени опасности отходов. Установленный норматив применяется с использованием понижающих коэффициентов 0 и 0,3. Чтобы узнать,

сколько надо заплатить за размещение отходов, необходимо также определить дифференцированную ставку по каждому их виду в пределах установленных лимитов. Она рассчитывается исходя из базовых нормативов платы за размещение отходов с учетом понижающих коэффициентов (приложение 1 к Постановлению № 344) и коэффициента, установленного для почвы того или иного экономического района РФ (приложение 2 к Постановлению № 344). Затем дифференцированная ставка платы по каждому виду отходов умножается на объем фактически размещенных отходов.

8.4. Методы оценки ущерба биоресурсам

Как уже было отмечено ранее (п. 5.2.2), изменение функционирования экосистем в результате хозяйственной деятельности может и должно иметь стоимостную оценку. В качестве основы для такой оценки можно взять полные денежные затраты на практические мероприятия по ликвидации ущерба экосистеме, нанесенного хозяйственной деятельностью. Если это загрязнение природной среды, то стоимость ущерба оценивают по сумме затрат на ликвидацию загрязнения до уровня, когда в природных комплексах не будет ощущаться его влияние. Если же это снижение численности животных, то стоимость оценивают в суммах, необходимых для проведения биотехнических мероприятий по восстановлению численности до исходного состояния. Этот подход лежит в основе природоохранного законодательства и экологического регулирования в США (см. п. 9.3.2).

Понятно, что реализация такого подхода потребует для каждой конкретной экосистемы разработки предельных уровней (ПУ) либо уровней вмешательства (УВ – как в Нормах радиационной безопасности [10]) как для загрязняющих либо иных воздействий, так и для численности популяций ключевых (системообразующих) видов организмов. Другими словами, экономические механизмы ограничения загрязнения природных экосистем также нуждаются в «экологическом нормировании» загрязнения в том смысле этого понятия, о котором говорилось в п. 2.2.3.

Как справедливо отмечают разработчики методов оценки ущерба биоресурсам [11], «важный методический аспект решения проблемы объективности при расчете ущерба биоресурсам – это обязательное наличие исходной информации», а именно:

- факторы воздействия проектируемого объекта;
- описание начального (исходного) состояния природных комплексов в зоне импактного воздействия проектируемого объекта;
- информация о реагировании компонентов и ожидаемых природных комплексов на факторы воздействия.

Для продвижения этого методического подхода в область практической деятельности остается только формализовать такое на вид очевидное понятие, как «исходное состояние природного комплекса», а также полу-

читать многочисленные зависимости «воздействие – эффект» для количественного описания «реагирования компонентов природных комплексов на факторы воздействия». К сожалению, состояние знаний по этим вопросам таково, что «решение проблемы объективности (?) при расчете ущерба» по предлагаемой схеме потребует больших и длительных исследований, стоимость которых вряд ли окупится выплатами за расчетный ущерб [11]. Тем не менее полезным пособием для оценки и возмещения вреда, нанесенного окружающей природной среде в результате экологических правонарушений, может служить аналитический справочник [12]. Он содержит рекомендации по оценке вреда, рекомендации по порядку организации и проведения работ для определения и обоснования размеров убытков территориальными природоохранными органами, а также рекомендации по порядку предъявления исков для возмещения нанесенного вреда.

Оценку вреда, причиненного экологическими правонарушениями, производят территориальные природоохранные органы, при необходимости с привлечением научно-исследовательских и проектных институтов. Экологическая оценка предотвращенного ущерба, согласно данной Методике, осуществляется по видам природоохранных ресурсов, включая атмосферу, водные ресурсы, почвы и земельные ресурсы, биологические ресурсы. К основным факторам, определяющим величину предотвращенного экологического ущерба, относятся: снижение выбросов и сбросов ЗВ; снижение загрязненности почв химическими веществами; уменьшение площадей земель под несанкционированными свалками отходов; уменьшение площадей деградированных земель; сохранение (поддержание) или увеличение биоразнообразия и др. [12].

8.5. Резюме. Действующий экономический механизм взимания платы за загрязнение окружающей среды и другие виды экологического ущерба

Плата за загрязнение: существующие подходы

Традиционный для России наиболее простой административный подход к ограничению выбросов/сбросов ЗВ в окружающую среду – штрафные санкции. Его недостатки: штрафы не компенсируют нанесенный ущерб, а главное, их размеры не позволяют воспроизводить (восстанавливать) природную среду. Субъективные стоимостные оценки ущерба не имеют под собой серьезной научной основы. Суммарный региональный ущерб рассчитывается на основании удельных ущербов исходя из общего годового объема выбросов и сбросов вредных веществ, а также вывоза и захоронения отходов. Одним из способов стимулирования сокращения выбросов может служить введение системы прогрессивного снижения налога на выбросы ниже установленных лимитов либо вообще отмена налога за выбросы ниже «нулевого» (минимального) лимита.

Законодательная и нормативно-правовая база

Законодательной и нормативно-правовой базой экономического механизма ограничения загрязнения окружающей среды на современном этапе (2008 год) следует считать Постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 года № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ..., сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» [2].

Действующий механизм установления платы за загрязнение окружающей среды

Общий принцип – «загрязняющий платит» [3]. Этот принцип плохо работает без одновременного введения механизма поощрения сокращения выбросов. Порядок установления платы состоит из трех этапов, на каждом из которых определяются: *базовые нормативы* платы (БН); *дифференцированные нормативы*; *конкретные размеры платежей* за загрязнение.

Базовые нормативы представлены в двух видах: 1) за выбросы/сбросы ЗВ, другие виды вредного воздействия, размещение отходов в пределах установленных лимитов (нормативов); 2) то же – сверх установленных нормативов, но в пределах утвержденных лимитов или временно согласованных выбросов.

Дифференцированные ставки (ДС) платы – базовые нормативы, умноженные на коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха, почвы и водных объектов, учитывающие экологические факторы по конкретным территориям и бассейнам рек [2].

Конкретные размеры платежей за загрязнение для предприятий-загрязнителей определяются исполнительными органами власти города, района с участием органов охраны природы, санэпиднадзора и предприятия. Основным недостатком существующей системы платежей является отсутствие дифференцированного подхода к размерам налогов (платежей) за загрязнение экосистем разных категорий – от природных (максимальные ставки налога) до антропогенных (минимальные ставки). Вводимые в ставку налога корректирующие коэффициенты можно расценивать лишь как весьма грубое приближение к дифференцированному подходу по той причине, что в Постановлении № 344 [2] речь идет об административных территориях, всей площади которых приписывается тот или иной экологический коэффициент, что в принципе неверно. По существу, действующая система платежей не нацелена на охрану собственно природных комплексов, она выполняет чисто фискальные функции.

Методы оценки ущерба биоресурсам

Стоимость ущерба от загрязнения природной среды должна оцениваться по сумме затрат на ликвидацию загрязнения до уровня, когда

в природных комплексах не будет ощущаться его влияние. Реализация такого подхода потребует для каждой конкретной экосистемы разработки системы предельных уровней либо уровней вмешательства как для загрязняющих либо иных воздействий, так и для численности популяций ключевых (системообразующих) видов организмов. Таким образом, экономические механизмы ограничения загрязнения природных экосистем также нуждаются в «экологическом нормировании» загрязнения в том смысле этого понятия, о котором говорилось в гл. 2.

Список литературы

1. Хлобыстов Е.В. Методология анализа и нормирования экологической безопасности промышленного производства // Экология городов и рекреационных зон // Матер. междунар. научн.-практ. конф. – Одесса, 1998. – С.87–94.
2. Постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 года № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».
3. Экономический механизм рационального использования природных ресурсов: Сб. нормативно-методических документов и аналитический обзор. – Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации, 1994.
4. Закон РСФСР от 19 декабря 1991 года № 2060-1 «Об охране окружающей природной среды».
5. Постановление Правительства РФ от 28 августа 1992 года № 632 «Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия».
6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест – Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03. Дата введения 25 июня 2003 года.
7. Правила охраны поверхностных вод (Правила) – Госкомприроды СССР от 21 февраля 1991 года.
8. Возмещение экологического ущерба (правовые и экономические аспекты проблемы прошлого экологического ущерба) / Под редакцией С.А. Боголюбова. – М.: Изд. Научного и учебно-методического центра, 2001. – 144 с.
9. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ (Принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года).
10. Нормы радиационной безопасности – НРБ-99. СП 2.6.1.758-99. – Минздрав России, 1999. – 116 с.
11. Методы оценки ущерба биоресурсам: Сб. нормативно-методических документов и аналитический обзор. – М.: Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, Проект ГЭФ «Сохранение биологического разнообразия», АО «ОКАЭКОС», 2000. – 240 с.
12. Принципы и методы экономической оценки земель и живой природы: Аналитический справочник / Под ред. О.А. Нестеровой и А.А. Тишкова. – М.: Институт экономики природопользования, 2005. – 348 с.

9. ПРИМЕРЫ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Будущие законы в области охраны окружающей среды, вероятно, совпадут с системой правового регулирования.

Н.А. Робинсон «Правовое регулирование природопользования и охраны окружающей среды в США»

9.1. Общие подходы

Основное содержание этой главы составлено по материалам обзора [1].

На сегодняшний день в большинстве развитых стран существует детально разработанная методическая база оценки экологического ущерба, включая оценку ущерба от хозяйственной деятельности в прошлом и оценку потенциальных финансовых обязательств. Конкретные процедуры и методы предназначены для целей экологического аудита при смене собственности на объекты недвижимости, в том числе промышленные предприятия и земельные участки, расчета сумм компенсации причиненного ущерба, обоснования мер по охране окружающей среды и управлению риском.

Сочетание сравнительно жестких норм ответственности за экологический ущерб и детально разработанных методов его оценки обусловило тот факт, что в современной хозяйственной практике проведение процедур оценки экологической ответственности стало общепринятым. Экономическая оценка экологической ответственности представляет собой оценку финансовых обязательств, связанных с возмещением ущерба.

В мировой практике применяется ряд законов, регламентирующих экологическую ответственность и определяющих принципы ее экономической оценки. Ответственность трактуется как обязательства, имеющие силу юридического принуждения. Согласно одному из определений, экологическая ответственность – это «юридическое обязательство осуществить будущие расходы, вызванные прошлым или текущим производством, использованием, выбросом или потенциальным выбросом вредных веществ или иной деятельностью, негативно влияющей на окружающую среду». Потенциальная экологическая ответственность – это потенциальное обязательство, которое зависит от будущих действий или событий (например, обнаружения загрязненного объекта, подачи иска от потерпевшей стороны и т.п.) или от будущих законов и норм (например, принятия закона, устанавливающего ответственность за ту или иную деятельность или ее последствия).

Ответственность за прошлый экологический ущерб носит характер потенциальной экологической ответственности в том случае, если негативные последствия, квалифицируемые как ущерб от прошлой деятельно-

сти, еще не наступили или не выявлены. Это обусловлено тем, что между прошлой деятельностью и ее последствиями (например, в виде утраты здоровья) может пройти какое-то время. Таким образом, в экономическом плане прошлый экологический ущерб может включать не только текущие, но и будущие расходы. В связи с этим оценка потенциальной экологической ответственности имеет специфику, связанную с необходимостью определить размеры потенциальных расходов ответственной стороны для какого-либо момента в будущем. Поскольку размер будущих расходов всегда связан с долей неопределенности, для оценки потенциальной экологической ответственности применяются специально разработанные процедуры и методики. Для оценки размеров финансовых обязательств требуется знать, какие расходы связаны с различными составляющими прошлого экологического ущерба. Структура ущерба, подлежащего возмещению, согласно принятой международной практике и правовым нормам отдельных стран, включает в себя ущерб жизни и здоровью; ущерб имуществу; ущерб окружающей природной среде (природным ресурсам и объектам).

При этом в каждый из трех видов ущерба может входить исчисление *упущенной выгоды* (потерянных доходов). В зарубежной практике такой вид убытков также называется экономическими потерями. Кроме того, отдельной категорией в составе ущерба могут рассматриваться *расходы на превентивные мероприятия*, т.е. на меры по предотвращению ущерба. Например, Конвенция о гражданской ответственности за ущерб от деятельности, опасной для окружающей среды (Convention on Civil Liability for Damage Resulting from Activities Dangerous to the Environment), принятая странами – членами Совета Европы, другими странами и ЕЭС в Лугано 21 июня 1993 года, определяет ущерб как:

- а) потерю жизни или здоровья;
- б) потерю или повреждение имущества, отличного от самого производственного объекта;
- в) потери и убытки вследствие ухудшения окружающей среды, отличные от упоминавшихся в п. а) и б), при условии, что компенсация за ухудшение окружающей среды должна ограничиваться стоимостью восстановительных мер, которые были или будут приняты (кроме упущенных доходов вследствие такого ухудшения);
- г) любые потери и убытки, причиненные превентивными мерами, не приведшими к результату.

Конвенция оговаривает, что восстановительные и превентивные меры должны быть «разумными».

9.2. Методы экономической оценки экологического ущерба

Выражение экологической ответственности в денежной форме имеет значение для целей планирования стратегии развития бизнеса, обосо-

вания инвестиций экологического назначения, замещения производственных технологий или сырья, размещения производства и отходов, предотвращения возникновения или сокращения обязательств. В связи с этим имеются различные методы и инструменты экономической оценки ущерба.

9.2.1. Процедура «экологической ответственности»

В мировой практике разработаны и используются различные методики экономической оценки прошлого экологического ущерба, предназначенные для органов власти или для аудиторских фирм и охватывающие как общие случаи загрязнения, так и загрязнения, вызванные отраслевыми или специальными источниками.

Наиболее простой вариант оценки прошлого экологического ущерба производится в рамках процедуры «экологической ответственности» (*environmental due diligence*). В странах, где законодательством предусмотрена юридическая и материальная ответственность за прошлый экологический ущерб, процедуру осуществляют многочисленные аудиторские компании в сфере оценки недвижимости, инженерных и экологических услуг.

Процедура «экологической ответственности» формализована и состоит из трех этапов :

- I. Информация по истории использования строений и земли, история возможного риска загрязнения, инспекция места для выявления опасных веществ и нефтепродуктов, которые несут потенциальный финансовый риск.
- II. Экологический аудит и лабораторные анализы почвы, подземных и поверхностных вод, материалов, строений, рекомендации по устранению ущерба.
- III. Устранение прошлого экологического ущерба.

В США разработаны и используются стандартизированные процедуры оценки как прошлого экологического ущерба, так и потенциальной экологической ответственности, которая может быть связана с определенными видами деятельности. Сумма затрат на ликвидацию загрязнения и экономических потерь составляет общий экономический ущерб для предъявления финансовых претензий и судебных исков. В соответствии с регламентами Министерства юстиции США федеральные власти могут претендовать на получение компенсации за ущерб природным ресурсам только в том случае, если ущерб им сохраняется после завершения мер по очистке. Как показывает практика, половина претензий по устранению загрязнения не содержит требований отдельных платежей за ущерб природным ресурсам, поскольку меры по ликвидации загрязнения устраняют ущерб.

9.2.2. Метод «ресурс за ресурс»

Принципы и методы оценки ущерба природным ресурсам с целью определения финансовой ответственности сведены в методическом документе

Guidance Document for Natural Resource Damage Assessment Under the Oil Pollution Act 1998. Исходный принцип – претензии по ущербу природным ресурсам определяются затратами на возмещение ущерба. Устанавливается следующая последовательность действий: определение ущерба природным ресурсам (оценка ущерба в натуральном выражении); составление списка вариантов восстановления природных ресурсов и экологических условий; ранжирование вариантов в соответствии с набором критериев; выбор окончательного варианта. Идентификация нанесенного ущерба производится следующим образом:

- перечень природных ресурсов и экосистем, которым нанесен ущерб;
 - показатели, характеризующие воздействие и ущерб;
 - механизм возникновения ущерба, его тип и масштабы;
 - отрицательные изменения, вызывающие ущерб;
 - возможные процедуры оценки;
 - продолжительность и затраты;
 - вероятный период естественного восстановления;
 - типы возможных действий по восстановлению нанесенного ущерба.
- Варианты возмещения ущерба сравниваются по стандартизованным для подобных процедур критериям:
- стоимость реализации;
 - соотношение затрат и выгод;
 - минимизация затрат при одинаковых условиях;
 - степень компенсации потерь;
 - вероятность успеха варианта;
 - получение выгод более чем по одному виду природных ресурсов и природных комплексов;
 - соответствие условиям загрязненных мест обитания;
 - близость к загрязненной области;
 - степень подготовленности проекта;
 - определение, в чьей собственности находится участок;
 - технические возможности реализации проекта;
 - организационный аспект (период реализации проекта);
 - возможность негативного влияния проекта на другие природные ресурсы;
 - социальный и политический аспект;
 - обеспечение общественной безопасности и здоровья.

Дальнейшая классификация вариантов восстановления природных ресурсов и качества ОС (в оригинале – «service», что в контексте документа нами переводится как «экологические условия», «качество ОС», «экосистема». – *Авт.*) направлена на выбор такого варианта, который обеспечивает возмещение, эквивалентное по типу, качеству и цене. С этой целью сравнивают показатели, отражающие экологическое качество загрязненного объекта и замещающего объекта. К показателями экологического каче-

ства относятся плотность природного ресурса, генетическое и биологическое разнообразие, уровень загрязнения воды, земли, воздуха. Показателями экологического качества для общества являются затраты, разнообразие видов деятельности, перегруженность, изолированность, уровень развития, генетическое и биологическое разнообразие, уровень загрязнения воды, земли, воздуха. Сравнение вариантов по цене упрощается, если сопоставляются экосистемы одного типа и качества и одинаковы условия спроса и предложения.

Содержание метода «ресурс за ресурс» (resource-to-resource) – эквивалентное замещение загрязненных ресурсов с учетом дисконтирования «качество за качество» (service-to-service).

Замещение экологических условий (экосистем) упрощает оценки размеров восстановления по сравнению с методом «ресурс за ресурс», так как определяет только приемлемые (желаемые) экологические условия (service, «качество ОС»), а не ресурсы по принципу «стоимость за стоимость» (value-to-value).

9.2.3. «Затраты за стоимость»

При замещении стоимости затратами сравниваются затраты на восстановление с потерями в денежном выражении (value-to-cost). Этот подход применяется при наличии экономических оценок потерь. При выборе метода расчета размеров компенсации предлагается руководствоваться следующими соображениями. Если проект обеспечивает замещающую экосистему (service) тех же типа, качества и сравнимой цены, что и потерянный ресурс, то разумно применение метода «качество за качество» (service-to-service). Усложнение метода оценки должно быть оправдано получаемым выигрышем. Метод эквивалентности места обитания (habitat equivalency analysis) представляет собой упрощенный метод определения размеров компенсационных действий при возмещении среды обитания биологических видов для достижения тождественности типа, качества и цены замещения.

Для вычисления размеров компенсации необходимы данные трех типов: утерянное качество экосистемы; замещающее качество экосистемы; зависимость между спросом и предложением по утерянным и замещающим качествам экосистем.

Количественная оценка утерянных качеств экосистемы включает оценку потери качества непосредственно после аварийного воздействия, оценку исходного качества и прогнозируемую траекторию восстановления экологических условий до исходного состояния. Оценка качества замещающей экосистемы включает в себя оценку трансформации экосистемы за время осуществления проекта и после его реализации, в том числе количественный и качественный аспект такого изменения. Для получения требуемых данных предлагается использовать полевые наблюдения в районе

загрязнения и аналогичных местах, экстраполяцию накопленных сведений по другим случаям, моделирование процессов.

Метод субъективных оценок дает возможность оценить полную стоимость экосистемы, включая прямое и косвенное использование природных ресурсов, на основе опросов о готовности платить за сохранение природного ресурса либо получить компенсацию за его утрату или иное негативное воздействие.

Метод «переноса выгод» позволяет использовать для целей оценки ресурса или экосистемы экономические значения или функциональные зависимости, полученные в других случаях. Для переноса необходима сопоставимость природных ресурсов или экосистем, пользователей, количества или качества природных ресурсов и экологических условий.

Метод анализа факторов производства можно применить для расчета изменения ренты. Метод использует производственные функции, которые определяют вклад определенных видов затрат в производство продукции (затраты как факторы производства). Авария может снизить количество или качество природных ресурсов и тем самым повысить стоимость природных ресурсов, используемых в производстве. Так, загрязнение водных источников повышает расходы на питьевую воду, усиление водной эрозии ухудшает условия навигации. Если цены на конечный продукт и другие факторы производства не меняются, то изменение экономической ренты является простой суммой изменения факторов производства, на которые влияет загрязнение. В общем случае экономическую ренту вычисляют по моделям спроса и предложения.

Метод транспортных расходов связывает рекреационную ценность природных ресурсов с затратами на транспорт, т.е. с теми расходами, которые люди производят, чтобы добраться до места его нахождения.

9.3. Практика оценки ущерба природным ресурсам

9.3.1. Национальные особенности

Ответственность за загрязнение территории в отдельных странах определяется внутренним законодательством. Им могут быть предусмотрены различные санкции и меры регулирования. Отсутствие специального законодательства в этой области приводит, как правило, к накоплению проблем, ассоциируемых с прошлым экологическим ущербом. В свою очередь, принятие законодательства ведет за собой изменение поведения субъектов хозяйственной деятельности.

С точки зрения оценки экологического ущерба и практики его возмещения большое значение имеет то определение, которое окружающая среда получает в законодательстве. В особенности это касается таких ее ценностей, которые относятся к «ресурсам общего пользования». Окружающая среда в широком понимании как «экологическая и культурная ниша»

человека (включающая, например, пейзаж с историческими и визуальными характеристиками) находит отражение в законодательстве Бразилии, Испании, Греции, Италии, Норвегии, Португалии, многих земель Германии. В то же время в праве других стран (Франции, Бельгии, США, Великобритании, Швеции, в федеральном законодательстве Германии) такое широкое определение отсутствует и упор сделан на охрану здоровья и отдельные элементы ресурсов (почвы, воздуха, воды и др.). Тем не менее в практике оценки ущерба природным ресурсам выработан ряд интересных подходов.

В США ряд законодательных актов в области охраны окружающей среды (The Oil Pollution Act 1990, CERCLA, The Clean Water Act) содержит положения о необходимости оценки ущерба природным ресурсам и компенсации ущерба ответственной стороной путем восстановления природных ресурсов и качества ОС. Обширная практика применения указанных законов в судебной и хозяйственной деятельности потребовала проведения кропотливой работы по инвентаризации природных ресурсов в каждом штате с целью поднять уровень научной обоснованности принимаемых решений. Например, в 1980 году закон штата Нью-Йорк обязал советы по экологическому управлению округов (графств) разработать и ввести в действие на постоянной основе систему учета природных ресурсов на территории округов, включая любую сопутствующую информацию: исторические и архитектурные памятники, геологические и почвенные характеристики, водные и растительные ресурсы, популяции диких животных, уникальные ландшафты и т.п. [2].

Интересно отметить, что при составлении баз данных кадастрового учета природных ресурсов не используется какая-либо классификация экосистем по степени хозяйственного освоения («антропогенной нагрузки»), подобная содержащейся в Законе РФ [3] (см. п. 2.2). Здесь проявляется приверженность западного менталитета в этических и юридических нормах принципу «серой зоны», который гораздо ближе «природе вещей» реального мира, нежели принципы жесткого регулирования и ранжирования, принятые в России. Принятое в США регулирование землепользования нормами экологического права не идентично зонированию. Смысл зонирования состоит в предупреждении несовместных видов землепользования путем разработки комплексных планов распределения видов и плотности землепользования муниципальных земель, что имеет тенденцию к формированию негибкой модели землепользования. На практике муниципалитеты отказались от жесткого планирования в пользу более гибкого подхода, при котором правовой режим устанавливается применительно к каждому конкретному участку [2].

Оценка ущерба природным ресурсам производится по расходам на воспроизводство, компенсирующее потери. Воспроизводство включает следующие составляющие:

- 1) затраты на восстановление, замещение нарушенных природных ресурсов – первичная реабилитация;
- 2) компенсация потерь качества природных ресурсов за период до их восстановления до исходного состояния;
- 3) расходы на оценку ущерба.

При расчете ущерба на основе данных видов затрат предполагается, что восстановленные или перемещенные природные ресурсы и экологические условия должны обеспечивать эквивалентную замену загрязненному, подвергнувшемуся воздействию ресурсу, компоненту окружающей среды. Данный подход к оценке ущерба, т.е. затратный подход, проще в применении, поскольку затраты оценить легче, чем эффект.

Одним из основных принципов при предъявлении иска о возмещении ущерба является соответствие нанесенного ущерба фактическим или планируемым расходам. Компенсация ущерба природным ресурсам составляет по известным случаям 26% общих затрат на возмещение ущерба.

9.3.2. США: аварийное и накопленное загрязнение

С точки зрения оценки ущерба интерес представляют американские исследования ущерба природным ресурсам в результате аварийного и накопленного загрязнения [2]. Один из примеров – оценка накопленного ущерба водным ресурсам от заброшенных шахтных выработок. Ущерб оценен по стоимости мероприятий, необходимых для компенсации потерь рыбы. Натурные исследования показали, что высокие концентрации меди, цинка, кобальта и других ингредиентов серьезно влияют на рыбные ресурсы данного водного бассейна. Для сравнения выбрана контрольная территория с аналогичным количеством и качеством природных ресурсов и такой показатель, как мальки лосося, который характеризует все рыбное стадо и жизнедеятельность экосистемы в целом.

Местные власти разработали план восстановления водных ресурсов до 2005 года и проекты по воспроизводству лосося, а также повышению норм прироста и выживания. Для полной компенсации потерянного качества природных систем предполагаются дополнительные мероприятия на других территориях. Выбраны наиболее приемлемые и низкозатратные мероприятия для восстановления популяции лосося – такие, чтобы дисконтированное количество восстановленного лосося сравнялось с дисконтированным количеством потерянного лосося. Исходный уровень популяции принимается постоянным и равным 200 пар. Предполагается, что до начала восстановления объем популяции равен нулю и восстанавливается по траектории биологического воспроизводства, просчитанной по модели. Суммарные потери рассчитаны с 1980 года при норме дисконтирования 3%. Начало воспроизводства и достижения исходного уровня ожидается в 2005 и 2021 годах соответственно. Общие затраты оценены в 9 млн.

долларов без расходов на оценку ущерба. Для стимулирования реализации программы подготовлена система штрафов за каждый отложенный день.

Другой пример – оценка ущерба природным ресурсам в связи с аварией нефтепровода и загрязнением озера Баррэ [4]. Ущерб оценен по компенсации потерь за период до полного восстановления природных ресурсов. Выделены потенциальные объекты вредного воздействия: фауна залива, птицы, функции болот и рекреационное рыболовство. По каждому из объектов определены масштабы негативного воздействия. Ущерб фауне залива составил более 7 тыс. килограммов погибшей рыбы, крабов и др.; ущерб птицам – 333 погибших особей; ущерб функции болот – 75,6 дисконтированных акро-лет деградации экосистемы; рекреационное рыболовство не понесло явных потерь.

Стратегия восстановления включает в себя первичное восстановление и компенсацию потерь. Первичное восстановление производится для ускорения естественного воспроизводства природных ресурсов и качества ОС до исходного состояния. Компенсация восполняет потери природных ресурсов и качества ОС за период от аварии до возвращения к исходному уровню. Анализ показал, что естественное восстановление загрязненных природных ресурсов происходит достаточно быстро и не требует дополнительного вмешательства за исключением одного, наиболее загрязненного, участка болот площадью 0,28 акра (0,11 га).

Следующий этап – выбор мероприятий по компенсации потерь на период до полного восстановления природных ресурсов. Для компенсации потерь болот предложено создание нового болота или расширение имеющегося, что одновременно возместит потери птиц и фауны.

Следующий шаг – определение вариантов создания болота и выбор наилучшего. Первый этап отбора проведен по двум критериям: соответствие условиям загрязненных мест обитания и близость к загрязненной области. По первому критерию отобраны места, которые могут стать солеными болотами, и вычеркнуты пресноводные. Второй этап отбора включал такие факторы, как степень подготовленности проекта, права собственности на участок, технические возможности реализации проекта, организационный аспект, соотношение затрат и выгод, минимизация затрат при одинаковых условиях, возможность негативного влияния проекта на другие природные ресурсы, социальный и политический аспекты.

В итоге отобран вариант расширения болота на пограничном с морским заливом острове, пострадавшем от ураганов и штормов. Предложенная технология дренажа и посадки растений полосами отработана, благоприятна для заселения морскими организмами и высокопродуктивна, увеличивает площадь острова, связывает экосистемы суши и моря, защищая прибрежные районы.

Расчет площади расширения болота проводится исходя из его эквивалентности потерянными экологическим условиям загрязненных мест оби-

тания (Habitat Equivalency Analysis). Для обеспечения эквивалентности учитывается период выбытия, производительность болота, измеряемая экологическими параметрами, период достижения полной производительности. Потери рассчитаны как потери экологических условий на 1 акр (0,4047 га) в год, дисконтированные к настоящему времени. Компенсация рассчитана как будущие экологические условия на 1 акр за время действия проекта, дисконтированные к настоящему времени.

9.4. Резюме. Примеры зарубежного опыта экономической оценки ущерба от воздействия на природную среду

Общие подходы

На сегодняшний день в большинстве развитых стран существует детально разработанная методическая база оценки экологического ущерба, включая оценку ущерба от хозяйственной деятельности в прошлом и оценку потенциальных финансовых обязательств. Сочетание сравнительно жестких норм ответственности за экологический ущерб и детально разработанных методов его оценки обусловило тот факт, что в современной хозяйственной практике проведение процедур оценки экологической ответственности стало общепринятым. Экологическая ответственность – это «юридическое обязательство осуществить будущие расходы, вызванные... выбросом вредных веществ или иной деятельностью, негативно влияющей на окружающую среду». Структура ущерба, подлежащего возмещению, включает в себя ущерб жизни и здоровью; ущерб имуществу; ущерб окружающей природной среде (природным ресурсам и объектам).

Методы экономической оценки экологического ущерба в юридической практике США

Процедура «экологическая ответственность» (environmental due diligence) формализована и состоит из трех этапов.

- I. Информация по истории использования строений и земли, инспекция места для выявления опасных веществ.
- II. Экологический аудит и лабораторные анализы почвы, подземных и поверхностных вод и т.п.
- III. Устранение прошлого экологического ущерба.

Исходный принцип **метода «ресурс за ресурс» (resource-to-resource)** – претензии по ущербам природным ресурсам определяются затратами на возмещение ущерба. Устанавливается следующая последовательность действий: оценка ущерба природным ресурсам в натуральном выражении; составление списка вариантов восстановления природных ресурсов и экологических условий; ранжирование вариантов в соответствии с набором критериев; выбор окончательного варианта.

Метод «затраты за стоимость» («value-to-cost») состоит в замещении стоимости ущерба затратами на восстановление в денежном выражении. Этот подход применяют при наличии экономических оценок ущерба.

Практика оценки ущерба природным ресурсам

Национальные особенности. Основное достоинство зарубежной практики применения экономических методов экологического регулирования состоит, на наш взгляд, в прагматичном подходе к решению экологических проблем, основанном на концепции директив (методических указаний, *guidelines*) относительно методологии оценки состояния экосистем. При таком подходе экологические платежи служат лишь одним из инструментов достижения главной цели – сохранения и восстановления природных комплексов до желательного состояния. В этом принципиальное отличие принятых в передовых странах принципов регулирования от российской системы, которая унаследовала от СССР чисто фискальный подход к экономическим методам экологического регулирования.

В правовом регулировании в зарубежных правовых актах большое значение придается определению понятия «окружающая среда». В особенности это касается тех ее ценностей, которые относятся к «ресурсам общего пользования». Применение природоохранных законов в судебной и хозяйственной деятельности в США, например, потребовало проведения кропотливой работы по инвентаризации природных ресурсов в каждом штате с целью поднять уровень научной обоснованности принимаемых решений. При этом в природоохранном регулировании не используется какая-либо классификация (ранжирование) экосистем по степени хозяйственного освоения («антропогенной нагрузки»). В западных этических и юридических нормах находит отражение принцип «серой зоны», который гораздо ближе «природе вещей» реального мира, нежели принципы жесткого регулирования и ранжирования, характерные для России во всех сферах управления.

США: аварийное и накопленное загрязнение. Примером принятой в США методологии оценки ущерба от накопленного загрязнения служит оценка ущерба водным ресурсам от заброшенных шахтных выработок. Ущерб оценен по стоимости мероприятий, необходимых для компенсации потерь рыбы, где показателем служат мальки лосося, который характеризует все рыбное стадо и жизнедеятельность экосистемы в целом.

Список литературы

1. *Василенко В.А.* Экология и экономика: проблемы и поиски путей устойчивого развития: Аналитический обзор. – Новосибирск: Изд. СО РАН ГПНТБ, ИЭиОПП, 1997.

2. *Робинсон Н.А.* Правовое регулирование природопользования и охраны окружающей среды в США. – М.: Прогресс, 1990. – 524 с.

3. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ (принят Государственной Думой 20 декабря 2001 года).

4. Damage Assessment and Restoration Plan Texaco Pipeline Inc. Crude oil discharge lake Barre, 1997.

10. РОЛЬ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ОБЩЕСТВА

Еще задолго до реального истощения ресурсов глобальная система снабжения первичной энергией находится в удручающем состоянии.

Ф. Кастро Диас-Баларт, МАГАТЭ

Время установления диагноза прошло, настало время действовать.

Гро Х. Брундтланд

10.1. Роль ядерной энергетики в обеспечении экологически безопасного энергопроизводства

10.1.1. Эволюция развития и глобальные прогнозы

Как было показано в п. 1.3.4, обеспечение энергией давно уже стало важнейшей проблемой любого сценария развития.

Ядерная энергетика (ЯЭ) до катастрофы на Чернобыльской АЭС считалась надежным и перспективным направлением развития мировой энергетики. С 1970 года, когда возникла угроза энергобезопасности развитых стран в связи с нестабильностью поставок нефти, она развивалась все более интенсивными темпами и достигла наивысшего расцвета в период 1980–1985 годов. Суммарная мощность действовавших тогда АЭС в мире составила 417 ГВт. В последующие годы можно было ожидать сохранения того же темпа развития. Однако Чернобыльская катастрофа перечеркнула многие планы, и после 1986 года начался явный спад в ЯЭ. На рубеже 1990-х годов количество закрываемых реакторов превысило количество вводимых в эксплуатацию. Во многих странах развернулись серьезные дискуссии об экономических и экологических проблемах ядерной энергетики. Все настойчивее стали обсуждаться вопросы экологической безопасности ЯЭ и проблемы РАО и ОЯТ, образующихся в процессе работы АЭС. Некоторые страны, такие, как Германия, Швеция, Италия, Австрия, кардинально пересмотрели свою политику в отношении ЯЭ; Германия стала снимать с эксплуатации энергоблоки, построенные в восточных землях по советским проектам. В 2004 году ни в одной стране Западной Европы, кроме Франции, не велось строительство новых реакторов [1].

Притом что потенциал действующих АЭС в мире велик, рост ЯЭ в последнее десятилетие приостановился. По состоянию на начало 1997 года в 31 стране мира находились в эксплуатации 432 ядерных энергоблока общей установленной мощностью 367,4 ГВт [1]. Через 10 лет, к концу 2007 года, в 32 странах мира (две трети населения планеты) действовали 439 энергоблока общей установленной мощностью 371,7 ГВт, и еще 35 бло-

ков находились на стадии строительства. На долю ядерной энергетике к концу 2007 года приходилось около 15% вырабатываемой электроэнергии в мире, в ряде стран АЭС являются одним из основных ее источников [2–4].

Положение дел в мире в области выработки электроэнергии на АЭС на 2008 год было крайне неоднородно: доля АЭС в производстве электроэнергии изменялась от 78% во Франции до менее 2% в Китае [4]. Лидируют в области использования ядерной энергии США, где в эксплуатации находятся 109 энергоблоков общей электрической мощностью 105,4 ГВт. Во Франции работают 56 энергоблоков мощностью 61 ГВт, которые обеспечивают 78% энергоснабжения страны. Далее следуют Япония – 52 энергоблока общей мощностью 44 ГВт, и Германия – 20 энергоблоков мощностью 23,5 ГВт [3]. В России по состоянию на декабрь 2006 года в эксплуатации находился 31 энергоблок установленной мощностью 23,5 ГВт [5]. В десятку стран, имеющих развитую ядерную энергетiku, входят также Канада, Украина, Великобритания, Швеция, Республика Корея.

Из всех действующих АЭС мира две трети работают в Северной Америке и Европе. В Азиатско-Тихоокеанском регионе (А-ТР) многие активно развивающиеся, но ограниченные в запасах топлива и гидроресурсов государства уделяют большое внимание национальным программам по ядерной энергетике. Планировалось, что к 2010 году общее число коммерческих реакторов в А-ТР приблизится к 120, а в 2025 году здесь будут действовать более трети всех АЭС мира.

Наиболее развитая ЯЭ в этом регионе остается у Японии, имевшей к началу 2008 года 55 энергоблоков (две трети всех азиатских ядерных станций) и один в стадии строительства и планирующей увеличить долю ЯЭ с 30% в 2006 году до более 40% к 2020 году [4].

В Китае, несмотря на наличие богатых месторождений угля и гидроресурсов в центральной части страны, строительство АЭС признано наиболее экономически эффективным для удовлетворения растущих потребностей в электроэнергии, особенно в прибрежных районах вблизи индустриальных зон: для 10,7% роста ВВП в 2006 году потребовалось около 8,5% роста потребления энергии [6]. Правительство Китая не тревожится относительно протестов населения, а страна, несомненно, нуждается в новых источниках энергии. К концу 2007 года Китай имел всего четыре действующих реактора, но к 2020 году планирует довести суммарную мощность АЭС до 50 ГВт, что означает строительство десятков новых энергоблоков [1, 2]. Впрочем, этот впечатляющий рывок радикально не повысит небольшую долю АЭС в электроснабжении страны: с 2% в 2006 году до 4% в 2020 году [4].

В 2008 году перспективы мировой ЯЭ характеризовались строительством в 12 странах мира 30 ядерных энергоблоков общей мощностью 23,4 ГВт (эл.) [3].

По мнению некоторых экспертов, в целом картина развития ЯЭ в мире к концу XX столетия выглядела не очень динамичной. У разных государств,

уже имеющих АЭС, были свои, специфические причины, тормозившие интенсивное развитие этой индустрии. Одной из главных общих причин сдерживания роста отрасли были, по мнению пессимистов, нерешенные проблемы обеспечения требуемой ядерной, радиационной и экологической безопасности. С учетом негативных факторов было преждевременно делать серьезные прогнозы развития мировой ЯЭ в XXI столетии [1].

В наше время ведущие эксперты в области ЯЭ настроены более оптимистично. Так, генеральный директор МАГАТЭ М. эль-Барадеи отмечает возрождение в первом десятилетии XXI века интереса к ЯЭ в мире, особенно в развивающихся странах. В числе основных причин этого явления он выделяет: 1) необходимость обеспечения энергетической безопасности за счет диверсификации источников энергии; 2) минимально низкие выбросы ПГ от всей цепочки ЯТЦ по сравнению с другими традиционными источниками энергии; 3) высокие технологические и экономические показатели работы АЭС [2]. Основываясь на анализе динамики спроса на традиционные энергоресурсы в ближайшие десятилетия, авторы обзора [3] приходят к выводу, что к 2030 году область неудовлетворенного спроса может составить почти треть всей прогнозируемой потребности в энергии, т.е. порядка 1000 ГВт. Примерно так же оцениваются современные планы развития ядерной энергетики, которые независимо рассматриваются в странах мира. Таким образом, прогнозируемые энергетические потребности в мире в XXI веке не ставят развитию ЯЭ верхнего предела. Ее масштабы будут определяться возможностями и требованиями устойчивого развития, которые необходимо анализировать уже сегодня [3].

МАГАТЭ разработало два варианта прогноза развития ЯЭ – «низкий» и «высокий», которые ежегодно обновляются. Согласно «низкому» сценарию, будет происходить умеренный устойчивый рост до суммарного уровня мощности 447 ГВт (эл.) в 2030 году при общем 25%-ном росте производства электроэнергии. В «высоком» прогнозе дополнительно учитываются реакторы, строительство которых входит в долгосрочные планы правительств и энергетических компаний. Согласно этому сценарию, суммарная мощность АЭС к 2030 году достигнет 691 ГВт (эл.) при росте производства электроэнергии 93%. Прогнозируемый рост ЯЭ будет иметь место главным образом в технологически развитых странах и больших развивающихся странах (Китай, Индия) [2].

К 2015 году сырьевые потребности ЯЭ в уране, по прогнозу авторитетного экспертного агентства Merrill Lynch, достигнут 89 тыс. тонн в год (рис. 10.1). При этом потребности в урановом сырье на мировом рынке с начала 1990-х годов устойчиво превышают предложение со стороны уранодобывающих компаний – от 30% в 1991 году до двух раз (60 против 30 тыс. тонн в год) в 1999 году. Устойчивый дефицит урана привел к грандиозному росту цен (от 40 долл./кг в начале 1990-х годов до 250–350 долл./кг в 2007 году), что дало возможность обрабатывать руды

с себестоимостью добычи выше 80 долл. за 1 кг урана. Установленные урановые ресурсы (со стоимостью извлечения менее 130 долл./кг) оцениваются до 5,5 млн. тонн, годовой объем мирового производства урана в 2005–2007 годах оставался на уровне, примерно равном 40 000 т, при этом среднегодовой спрос составил приблизительно 67 000 т. Разница компенсировалась вторичными источниками – гражданскими и военными запасами, предприятиями по переработке отработавшего топлива и повторным обогащением обедненного урана (рис. 10.1) [4, 7].

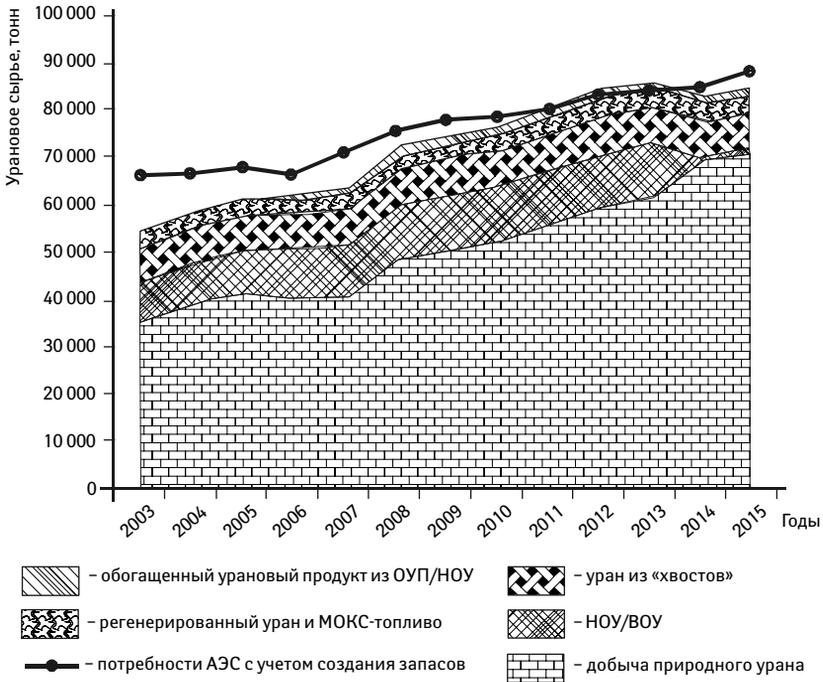


Рис. 10.1. Потребности мировой ядерной энергетики в урановом сырье и их удовлетворение из различных источников [7]:

ОУП – обогащенный урановый продукт; НОУ – низкообогащенный уран; МОКС-топливо – для него используется смесь урана и плутония (от англ. MOX – Mixed-Oxide fuel); НОУ – низкообогащенный уран; ВОУ – высокообогащенный уран

10.1.2. Топливные циклы: воздействие на окружающую среду

Радиационное воздействие

Испытания ядерного оружия, радиационные аварии, сверхнормативные либо неконтролируемые сбросы предприятий ЯТЦ в окружающую

среду в ранний период развития отрасли привели к появлению в биосфере техногенных радионуклидов, т.е. к специфическому радиоактивному загрязнению геосистем всех рангов – от глобального до локального.

До настоящего времени степень опасности радиоактивного загрязнения природных сред – как, впрочем, и для загрязнения большинством других вредных химических веществ (ВХВ) – оценивалась как степень опасности загрязнения среды обитания человека (воздух, вода, поверхности предметов, пищевые продукты и т.п.). Этот подход к оценке радиационного риска в точности соответствует наиболее старой методологии санитарно-гигиенического нормирования (т.е. установлению верхних пределов содержания) ЗВ в среде обитания человека, поэтому многими экологами в свое время он был определен как «антропоцентрический» (см. п. 7.1) [8]. Примером полной реализации основных положений концепции санитарно-гигиенического (антропоцентрического) подхода к оценке состояния окружающей среды служат Нормы радиационной безопасности [9], регулирующие безопасные уровни радиоактивного загрязнения среды обитания человека.

Как и в случае других ВХВ, при отсутствии «экологических» пределов радиоактивного загрязнения природных сред НРБ могут служить условными пределами безопасного (для любых живых организмов) радиоактивного загрязнения компонентов природных экосистем. Серьезным аргументом в пользу этого антропоцентрического принципа служит концептуальное положение Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) относительно норм радиационной безопасности, впервые выдвинутое еще в 1977 году и в более развернутой форме сформулированное в 1991 году. Положение гласит: «...Нормы контроля окружающей среды, необходимые для защиты человека (от радиации) в той мере, которая в настоящее время признается желательной, обеспечат безопасность и других биологических видов, хотя отдельным особям может быть причинен вред, но не представляющий опасности для всего вида или не нарушающий баланс между видами» [10, 11].

В контексте этой проблемы многие ведущие специалисты по радиационной безопасности убеждены, что в силу объективных исторических причин в обществе, государственных и международных природоохранных институтах до сих пор существует неадекватное реальной ситуации преувеличенно негативное отношение к рискам, связанным с радиационным воздействием. Как следствие этого предубеждения существующую нормативно-правовую базу в области радиационной безопасности отличает чрезмерная жесткость безопасных пределов облучения человека (уровней вмешательства) и производных от них пределов радиоактивного загрязнения природных сред (производных уровней вмешательства) по сравнению с иными видами техногенных воздействий на экосистемы [12, 13]. Действительно, за пределами небольших участков с экстремально высокими

уровнями радиоактивного загрязнения в результате тяжелых радиационных аварий (например, в пределах 1 км² вокруг аварийного энергоблока Чернобыльской АЭС) *в мире нет ни одного района со сколько-нибудь заметными экологическими нарушениями, вызванными действием радиации* [12].

Анализ объективных данных показывает, что суммарный вклад радиационных рисков в общие риски для жизни и здоровья человека мал, а вклад предприятий атомной отрасли в суммарное облучение населения находится в пределах погрешности оценки, т.е. составляет менее 0,1%. Несмотря на эти очевидные факты, Федеральный закон РФ «О радиационной безопасности населения» инициировал дальнейшее ужесточение норм радиационной безопасности, что потребует неоправданно высоких затрат на обеспечение снижения рисков, в первую очередь при профессиональном облучении. Подобный подход в условиях, когда риски, обусловленные химическим загрязнением объектов окружающей среды, во многих случаях лежат в области неприемлемых значений, представляется нерациональным [12].

В энергетической политике России складывается противоречивая ситуация. С одной стороны, необходимы дополнительные затраты на ужесточение норм радиационной безопасности при отсутствии условий для интенсивного развития ядерной энергетики. С другой стороны, не уделяется должного внимания экологической безопасности энергетики на органическом топливе. Государство и общество демонстрируют терпимость ко многим негативным последствиям теплотехники, среди которых выбросы и сбросы химических вредных веществ, а также выбросы естественных радионуклидов наносят наибольший экологический ущерб. В сложившейся ситуации предпочтение ошибочно может быть отдано энерготехнологиям, существенно более опасным для окружающей среды и здоровья населения как в региональном, так и в глобальном масштабах [12].

Несмотря на фундаментальные достижения радиологической науки и приведенные выше соображения, в последние десятилетия МАГАТЭ и МКРЗ по ряду причин (по нашему мнению, весьма далеких от реальных запросов общества) предлагают включить рассмотрение вопросов радиационной безопасности животного и растительного мира (и, возможно, абиотических компонентов окружающей среды) в сферу деятельности по радиологической защите. Принятие этого предложения означало бы смену парадигмы радиационной защиты от антропоцентрической к экоцентрической системе ценностей [13]. Эта инициатива вызвала неоднозначное отношение со стороны различных международных организаций. В табл. 10.1 приведены основные аргументы, к которым прибегают участники дискуссии об антропоцентрическом и экоцентрическом принципах радиологической защиты.

В левой колонке табл. 10.1 самое сильное утверждение состоит в том, что человек является наиболее чувствительным к радиационному воздей-

Таблица 10.1. Сопоставление возможных обоснований антропоцентрического и экоцентрического принципов радиологической защиты окружающей среды [13]

Антропоцентрический принцип	Экоцентрический принцип
Главной моральной ценностью и объектом защиты считается человек, а защита окружающей среды определяется степенью взаимодействия человека со средой	Моральная ценность в равной степени распространяется на все компоненты экосистем, приравнивая ценность человека к ценности любого другого элемента биоты
Человек является наиболее чувствительным к радиационному воздействию звеном биосферы	При некоторых сценариях радиационного воздействия на уровне нормативов для человека воздействие на представителей некоторых экосистем может представлять опасность для ряда видовых сообществ
Регламентация радиационного воздействия для человека основана на консервативных положениях и предусматривает большие коэффициенты запаса	Виды, отличные от человека, не имеют возможности целенаправленно защищаться от радиационного воздействия
Обеспечение безопасности человека является высшим приоритетом в его практической деятельности	В окружающей среде могут реализоваться ситуации, когда человек как объект радиационного воздействия отсутствует, а радиоактивное загрязнение, созданное его деятельностью, действует только на биоту

ствию звеном биосферы. Этому утверждению противостоит совершенно невнятный аргумент о гипотетической опасности безвредных для человека уровней воздействия для «ряда (?) видовых сообществ». Полную несостоятельность этого аргумента доказывает диаграмма на рис. 10.2, иллюстрирующая меру чувствительности практически всех видов живых организмов к радиационному воздействию (по критерию полулетальной дозы LD_{50}). Диаграмма показывает, что существующий антропоцентрический подход к ограничению радиационного воздействия на биоту на деле не противоречит экоцентрическому подходу.

Заметим также, что дозы, при которых будут наблюдаться заметные радиационные повреждения природных экосистем, настолько велики, что реально они могут быть достигнуты либо превышены только в ограниченных импактных зонах сильного радиоактивного загрязнения на следах тяжелых радиационных аварий. Это означает, что разработка нормативов предельно допустимого радиационного воздействия на природные экосистемы лишена всякого смысла, так как отсутствуют контролируемые ситуации, в которых эти нормативы могут и должны применяться.

Сравнение методов и уровней защиты окружающей среды от радиоактивных и химических загрязнителей показывает радикальные разли-

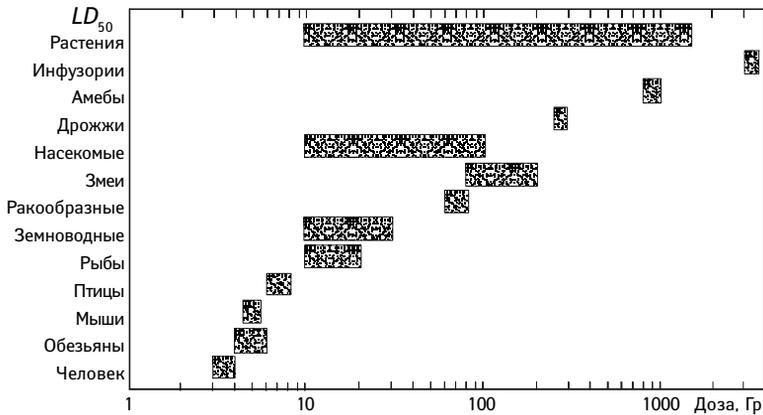


Рис. 10.2. Приблизительный диапазон полулетальных доз облучения LD_{50} для различных видов живых организмов [13]

чия в методологии и несбалансированность рисков. Избыточная жесткость норм радиационной безопасности, о чем упоминалось выше, представляется нерациональной и требует гармонизации на основе комплексного анализа риска [13].

Радиоактивные отходы [14]. Суммарное количество ОЯТ всех реакторов в мире составляет около 10 500 т тяжелого металла (ТММ) в год. Индия, Китай, Российская Федерация, Франция и Япония перерабатывают большую часть своего отработавшего топлива либо хранят его для будущей переработки. Однако по ряду причин технического характера имеющиеся мировые производственные мощности по переработке используются в настоящее время всего примерно на 50%. Канада, США, Финляндия и Швеция планируют прямое захоронение ОЯТ, хотя США начали осуществление Глобального ядерно-энергетического партнерства (ГЯЭП), которое включает разработку передовых технологий – таких, как рециклирование. В 2007 году 19 стран подписали Заявление о принципах ГЯЭП, которые предусматривают ускоренное развитие и развертывание технологий усовершенствованного топливного цикла.

Программы создания хранилищ США, Финляндии, Франции и Швеции продолжают оставаться самыми передовыми, однако, по-видимому, ни одна из этих стран не обеспечит ввода в эксплуатацию хранилища ранее 2020 года. Большинство стран в настоящее время хранят ОЯТ и в то же время следят за разработками, связанными с переработкой и прямым захоронением. В результате более чем 50-летнего опыта хранения ОЯТ достигнут высокий уровень технической уверенности в технологиях как мокрого, так и сухого хранения и в способности этих технологий справляться с возрастающими объемами и более длительными сроками хранения.

Воздействие нерадиационных факторов

Вещества, характерные для выбросов ТЭС, относятся к числу приоритетных токсичных примесей в воздухе многих городов России. По данным Росгидромета, в настоящее время 30 млн. человек проживают в городах, где средние за год концентрации взвешенных веществ и диоксида азота превышают ПДК как минимум в 10 раз. *В каждом втором городе России, входящем в Приоритетный список городов с максимальным уровнем загрязнения атмосферного воздуха, тепловая энергетика относится к числу главных источников загрязнения атмосферы* (см. п. 6.1.3). Расчеты рисков смерти для населения от воздействия воздуха, загрязненного взвешенными веществами, в городах с крупными угольными ТЭС показали, что индивидуальные годовые риски находятся на уровне 10^{-3} – 10^{-4} , в то время как риск здоровью населения, проживающего вблизи АЭС, составляет 10^{-5} – 10^{-7} . Суммарный популяционный риск смерти для населения, проживающего в сфере влияния выбросов угольных ТЭС, оценивается в 8–10 тыс. дополнительных смертей в год [12].

С энергетикой на органическом топливе связаны такие крупномасштабные экологические явления, как *закисление осадков и парниковый эффект*.

Процесс закисления осадков, вызванный интенсивным антропогенным поступлением в атмосферу сернистого газа и оксидов азота, в последние десятилетия приобрел региональные масштабы и характерен для северных территорий Европы и Северной Америки.

Как было отмечено в п. 1.4.1, не вызывает сомнений увеличение в атмосфере в 1,5–2 раза по сравнению с началом XX века концентраций основных парниковых газов (углекислого газа, метана, закиси азота и др.) вследствие их интенсивной антропогенной эмиссии, более 50% которой приходится на добычу и сжигание органического топлива [15, 16]. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), три четверти объемов углекислого газа, образующегося в результате человеческой деятельности, выбрасывается при производстве и использовании ископаемых видов топлива [17]. В настоящее время (2008–2009 годы) при сжигании топлива в мире ежегодно выбрасывается в атмосферу около 28 млрд. тонн парниковых газов (в пересчете на CO_2). Из них на нефть и уголь приходится приблизительно по 40%, на природный газ – около 20% [15].

Особенностью современного этапа развития мировой энергетики является рост требований к экологической безопасности. После принятия Рамочной конвенции ООН и подписания Киотского протокола к конвенции об изменении климата значимым направлением экономического развития стран становится осуществление мер по ограничению и снижению выбросов парниковых газов в различных отраслях экономики, в первую очередь в энергетическом секторе.

Характеристики атмосферных выбросов ПГ от различных топливных циклов иллюстрируют табл. 10.2–10.6 и рис. 10.3, 10.4. В России на долю предприятий ТЭК приходится свыше 30% суммарных промышленных выбросов вредных веществ, около 90% промышленных выбросов ПГ (табл. 10.6), 70% оксида азота и 30% сернистого ангидрида [17].

Сравнительный анализ данных, приведенных в табл. 10.2–10.6, показывает, что ЯЭ обладает наилучшими экологическими показателями выбросов ПГ среди энерготехнологий, использующих ископаемое топливо (невозобновляемый ресурс).

Характерная особенность энерготехнологий с нелокализуемыми отходами состоит в том, что их безопасность, а следовательно, и издержки на ее обеспечение до настоящего времени определяются только эксплуатационными характеристиками и практически, за исключением чисто символических выплат за выбросы и сбросы, не связываются с экологическими ограничениями. Сегодня средний уровень улавливания отходящих ЗВ на российских ТЭС составляет для твердых веществ 95,7%, для газов – 1,7%. *Экономика органической энергетике сегодня – это экономика нелокализуемых отходов, и ее конкурентоспособность основана только на отсутствии издержек на их локализацию* [17].

Таблица 10.2. Основные показатели, характеризующие атмосферные выбросы предприятий по производству и распределению электроэнергии, газа и воды в России в 2000 году, тыс. тонн [17]

Показатель	Выбросы
Выброшено вредных веществ, всего	4206,0
в том числе:	
твердых веществ	1233,8
жидких и газообразных веществ,	2972,2
из них:	
диоксида серы	1281,1
оксида углерода	619,5
оксидов азота	937,1
углеводородов (без ЛОС*)	45,3
ЛОС	12,3

* ЛОС - летучие органические соединения.

Таблица 10.3. Удельные атмосферные выбросы от различных топливных циклов, включая стадию производства электроэнергии, г/(кВт·ч) (эл.) [17]

Топливный цикл	Вид выброса					
	SO _x	NO _x	CO	CH ₄	CO ₂	Твердые частицы
Уголь	12,5	3,0	0,24	0,05	1100	0,90
Нефть	8,3	4,5	0,61	1,25	640	0,86
Газ	13,7	3,4	0,06	0,01	530	0,14
ЯЭ	1,5	0,4	0,01	0,005	8,0	0,4

Таблица 10.4. Относительные атмосферные выбросы от различных топливных циклов* [17]

Топливный цикл	Вид выброса					
	SO _x	NO _x	CO	CH ₄	CO ₂	Твердые частицы
Уголь	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Нефть	0,67	1,5	2,8	26,0	0,58	0,95
Газ	1,10	1,10	0,38	0,20	0,48	0,16
ЯЭ	0,12	0,13	0,04	0,09	0,007	0,4

* За единицу приняты выбросы угольного топливного цикла.

Таблица 10.5. Относительные атмосферные выбросы от различных топливных циклов на стадии производства электроэнергии (за единицу приняты выбросы угольных ТЭС) [17]

Топливный цикл	Вид выброса					
	SO _x	NO _x	CO	CH ₄	CO ₂	Твердые частицы
Уголь	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Нефть	0,34	0,95	0,35	1,17	0,75	0,15
Газ	—	0,83	0,30	0,09	0,50	0,14
ЯЭ	—	—	—	—	—	—

Таблица 10.6. Выбросы парниковых газов по секторам экономики РФ в 1990–2006 годах, тыс. тонн CO₂-экв./год [18]

Сектор	Вид выброса				
	1990	1998	2002	2005	2006
Энергетика*	2 707 433	1 645 144	1 660 802	1 730 807	1 786 811
Промышленные процессы, использование растворителей и др. продукции	245 070	134 921	168 779	187 378	199 108
Сельское хозяйство	309 369	154 790	146 267	134 223	131 477
Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство	180 006	91 059	347 708	159 197	288 194
Отходы	64 570	58 226	62 514	71 071	72 997
Всего без учета землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства	3 326 441	1 993 081	2 038 362	2 123 478	2 190 392
Всего, с учетом землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства	3 506 447	2 084 140	2 386 070	2 282 675	2 478 586

* К энергетическому сектору относятся сжигание всех видов ископаемого топлива, а также процессы, приводящие к утечкам и технологическим выбросам топливных продуктов в атмосферу независимо от того, в каких отраслях экономики они происходят.

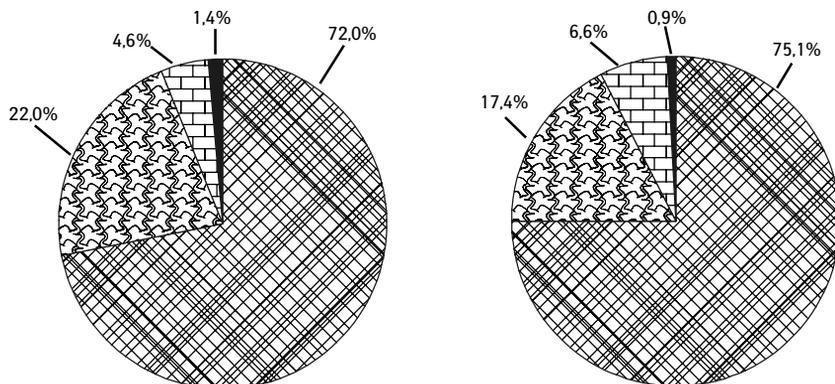


Рис. 10.3. Доля отдельных парниковых газов в их общем выбросе (CO₂-экв.) всеми отраслями экономики России в 1990 и 2006 годах (без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство») [18]

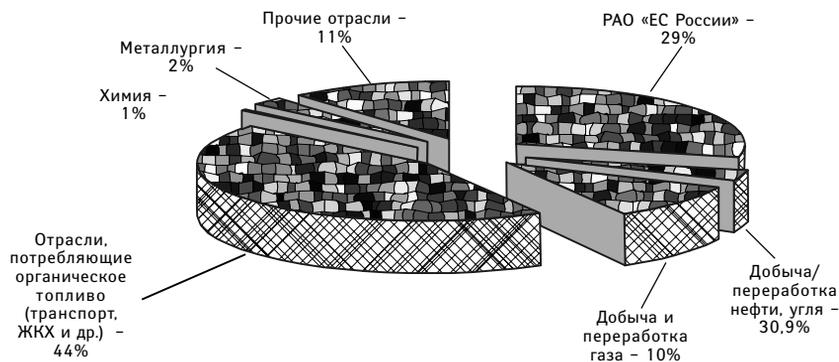


Рис. 10.4. Эмиссия парниковых газов по отраслям экономики России в 2007 году [19]

Потребление органических видов топлива в мире продолжает стремительно расти (см. п. 1.3.4). До настоящего времени энергопотребление росло быстрее, чем выбросы (за счет опережающего использования наиболее экологически чистого топлива – природного газа). Однако в ближайшие десятилетия, как считают специалисты МЭА, в связи с ростом использования угля темпы выбросов оксидов углерода будут даже несколько превышать темпы роста суммарного энергопотребления, в результате чего

к 2020 году ожидаемый уровень эмиссии оксидов углерода может достигнуть 36 млрд. тонн CO_2 -экв. [17].

Безопасность энерготехнологий с локализуемыми отходами и издержки на ее обеспечение в основном связаны с технологиями локализации отходов. *Экономика ядерной энергетики сегодня – это экономика локализации отходов в пределах технологического цикла, и ее конкурентоспособность ограничивается в основном издержками на технические средства этой локализации* [17].

Всякий раз, когда обсуждаются проблемы производства электроэнергии на АЭС, возникает вопрос обращения с ОЯТ. К настоящему времени все страны, имеющие АЭС, по отношению к способам обращения с ОЯТ разделились на три группы [1]:

- Франция, Россия, Япония, Китай, Индия перерабатывают (или временно хранят до переработки) большую часть своего ОЯТ;
- США, Канада, Финляндия, Швеция используют вариант прямого захоронения;
- остальные страны ядерного сообщества еще не сделали свой выбор в отношении приемлемой стратегии.

Как отмечено выше, в 2006 году США выступили с инициативой ГЯЭП [14]. Франция осуществляет стратегию по трем направлениям: разделение и трансмутация ОЯТ; создание геологических хранилищ с возможностью и без возможности извлечения РАО; кондиционирование и долгосрочное хранение [1].

10.1.3. Сравнительная оценка экологических ущербов от ядерной энергетики и других отраслей экономики

Общие показатели

Подчинение главному императиву устойчивого развития – сохранению биосферы, а также признание центральной роли энергии в достижении целей устойчивого развития приводят нас к выбору показателя «экологический ущерб» в качестве основного критерия для оценки соответствия различных способов получения энергии условиям устойчивого развития.

В понятие «экологический ущерб» мы включаем как безвозвратное потребление природных ресурсов, так и собственно ущерб природным средам в виде любых негативных последствий экономической деятельности, но прежде всего за счет загрязнения атмосферного воздуха, природных вод и почв промышленными отходами, а также за счет потерь земельных ресурсов.

Согласно известным данным, во Франции более 90% энергетических ресурсов получают за счет работы АЭС и ГЭС, что благоприятно сказывается на экологии страны – если не брать во внимание экологический ущерб

от затопления земель при строительстве ГЭС. В то же время в России на долю этих двух экологически чистых источников энергии приходится лишь порядка 30%, а остальные 70% – это ТЭС на угле, нефти и газе, выбросы которых самым негативным образом влияют на человека и природную среду.

Как уже отмечалось в п. 10.1.2, в силу объективных исторических причин в обществе и государстве до сих пор существует неадекватное негативное отношение к рискам, связанным с радиационным воздействием. В условиях подобного отношения нормативно-правовую базу в области радиационной безопасности отличает чрезмерная жесткость в отношении регламентации радиационного фактора по сравнению с иными видами техногенных воздействий, притом что вклад радиационных рисков в общие риски для жизни и здоровья человека невелик. По самым консервативным оценкам *вклад предприятий ядерной отрасли в суммарное облучение населения пренебрежимо мал и составляет менее 0,1%* [12, 20].

В работе [21] на основе сравнительного анализа экологических последствий деятельности отдельных отраслей экономики сделан вывод о том, что в регионах размещения ведущих предприятий ядерной отрасли основными причинами загрязнения и деградации окружающей среды и экологических рисков здоровью населения являются выбросы загрязняющих химических веществ, промышленные и бытовые отходы, техногенные нарушения ландшафта. *За исключением бассейна реки Течи, объекты ядерной промышленности и энергетики не входят в число основных или существенных источников текущего экологического ущерба в регионах их размещения.*

Потери земельных ресурсов

Наиболее значительный ущерб окружающей среде в масштабе всей планеты от радиоактивного загрязнения был нанесен в результате самых тяжелых радиационных аварий на территории бывшего СССР – так называемой Кыштымской (Южный Урал, 1957 год) и Чернобыльской (Киевская область, 1986 год). Площадь отчужденных (выведенных из хозяйственного оборота) земель на сильно загрязненных территориях в районе расположения самого крупного радиохимического комбината, ПО «Маяк», в результате аварии 1957 года и других аварийных выбросов и сбросов составила до 1000 км². Столь же масштабные последствия имела Чернобыльская катастрофа для центральных областей России, примыкающих к району аварии. На конец 1998 года из хозяйственного оборота на следе от Чернобыльской катастрофы была выведена территория с уровнями загрязнения выше 15 Ки/км² площадью до 2500 км²; более половины этой площади занята лесами. Суммарная площадь остальных участков земли, пострадавших от радиоактивных выбросов предприятий ядерного комплекса, оценивается значением приблизительно 750 км².

Таким образом, на территории России общая площадь земли, выведенной из хозяйственного оборота в результате радиоактивного загрязнения, составляет 4000–4500 км²; основная часть этой площади приходится на следы выпадений от Кыштымской и Чернобыльской аварий (см. п. 6.3.4).

Как отмечалось в п. 4.2.2, основными причинами, приводящими к деградации почв и потерям хозяйственного земельного фонда являются:

- загрязнение земель в результате хозяйственной деятельности и аварий;

- техногенные нарушения (промышленные и бытовые отходы) и невыполнение обязательств по рекультивации;

- невыполнение почвозащитных и иных природоохранных мероприятий;

- невыполнение программ повышения плодородия почв.

В целом, процессами деградации на уровне экологического кризиса охвачено более четверти земельного фонда страны на площади до 400 млн. гектаров [22]. Площадь земель, пострадавших от радиоактивного загрязнения в результате тяжелых радиационных аварий и радиоактивных выбросов предприятий ядерного комплекса, составляет порядка 0,1% этой величины. При этом следует заметить, что земли, отчужденные по причине относительно высоких уровней радиоактивного загрязнения (4–5 тыс. км²), строго говоря, нельзя отнести к категории земельного фонда «на уровне экологического кризиса», поскольку они не только не утратили своих природных свойств (т.е. не деградировали как почвенные биоценозы), но даже повысили почвенный статус за счет снятия антропогенной нагрузки. Практически эти земли вполне пригодны для тех отраслей сельского и лесного хозяйства, которые не связаны с производством продовольствия и деловой древесины: выращивания технических культур (для получения эфирных масел, спирта, скипидара и т.п.), садоводства и лесоразведения (выращивания саженцев элитных пород), семеноводства, племенного животноводства и т.п. [23].

Таким образом, экологический ущерб (исчисляемый в единицах площади деградированных земель) от радиационных аварий и прошлой деятельности ядерного оружейного комплекса в наиболее «аварийном» регионе мира (бывшем СССР и нынешней России) составляет порядка 0,1% суммарного ущерба земельным ресурсам от всех других видов хозяйственной деятельности. Для иллюстрации удельных значений изъятия земельных площадей в энергетической отрасли в табл. 10.7 приведены показатели для некоторых объектов ТЭК.

Радиоактивные отходы

Проблема обращения с РАО в настоящее время имеет ключевое значение для развития ядерной энергетики. Ее решение представляется нам лежащим не в технической области, а в основном в социально-психологи-

Таблица 10.7. Удельные значения изъятия земельных площадей для целей энергетического хозяйства (из сб. «Экологические проблемы энергетики», 1989)

Объект ТЭК	Показатель удельного изъятия земли	Значение
1. Предприятия по добыче угля	км ² /млн. тонн	0,1–5,0
2. Пруды-охладители: ТЭС	км ² /(ГВт·год), производство электроэнергии	5,0–6,0
3. Воздушные линии электропередач 500 кВ	км ² /км	0,1–0,2

ческом плане, поскольку в сознании большинства людей именно с РАО ассоциируются главные угрозы для чистоты природы и здоровья человека. Объективный анализ рисков при традиционных способах обращения с РАО и ОЯТ показывает, что опасность сильно преувеличена [24].

Действительно, отечественный и мировой опыт показывает, что дозы облучения персонала и населения при транспортировке упаковок с ОЯТ весьма малы. Так, дозы облучения персонала ПО «Маяк» и Красноярского горно-химического комбината (ГХК), осуществлявшего перевозку ОЯТ, находились в диапазоне 1,5–3,0 мЗв в год, т.е. более чем в десять раз меньше допустимой. Дозы персонала, осуществляющего перевозки ОЯТ, равны дозам облучения населения России от природных источников. Радиологические риски для населения, связанные с транспортировкой ОЯТ, находятся в области пренебрежимо малого риска (индивидуальные риски ниже 10^{-8}) [24].

Операции по долгосрочному хранению, как мокрому, так и сухому, практически не приводят к облучению населения и дают сравнительно низкие дозы для персонала. Аварийные ситуации в процессах переработки после длительного (в течение 30–40 лет) хранения ОЯТ могут быть только при серьезных нарушениях технологического процесса, при этом их радиологические последствия затронут в основном персонал. В качестве примера можно привести аварию на Сибирском химическом комбинате (Томск) в 1993 году. Наиболее серьезные последствия наблюдались на площадке комбината. Полная коллективная доза персонала, принимавшего участие в ликвидации аварии, составила 11,2 чел.·Зв. Коллективная доза для населения не превысила 0,02 чел.·Зв. Таким образом, даже крупная авария не несет серьезных дозовых нагрузок, связанных с обращением с ОЯТ [24].

Работы по захоронению отходов не приводят к значительным дозам облучения персонала. Дозы персонала, связанные с транспортированием и размещением отходов АЭС в хранилище, оцениваются на уровне 0,0001 чел.·Зв/год в расчете на 1 ГВт установленной мощности. Предполагается, что захоронение РАО в глубокие геологические формации обеспе-

чит безопасность населения на многие тысячелетия. Хотя окончательных решений по захоронению РАО еще нет, нет и оснований для сомнений в возможности обеспечения столь высокого уровня безопасности.

В Российской Федерации Государственная концепция обращения с РАО, на которой основана Федеральная целевая программа «Обращение с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996–2005 годы» [25], предполагает в качестве основного направления работ кондиционирование РАО и последующее их захоронение. Захоронение РАО – это по определению есть изоляция кондиционированных РАО от сферы деятельности человека в течение всего срока сохранения потенциальной опасности отходов без намерения последующего извлечения – следовательно, на протяжении миллионов лет, т.е. вечно.

Некоторые ведущие специалисты в области обращения с ОЯТ выдвигают парадоксальный, на первый взгляд, тезис о том, что «захоронение РАО – это неэкологично» [26]. С учетом ускорения развития общества и технологий, расширения сферы деятельности человека, социальных, геологических и климатических изменений в течение необходимого срока хранения РАО следует сделать вывод о принципиальной невозможности безопасного захоронения РАО на миллионы лет по нескольким соображениям, из которых наиболее веские:

- «вечная» изоляция внутри биосферы от самой биосферы невозможно – за тысячи лет вероятны климатические изменения, войны, иные катастрофы;

- в «вечной» изоляции РАО нет необходимости, так как в этом случае безвозвратно выбрасываются созданные человеческим трудом материальные и производственные ресурсы, заключенные в данном случае во вторичных материалах.

Проблема кардинального сокращения РАО может быть решена значительно быстрее и эффективнее по сравнению с другими промышленными отходами. Этому обстоятельству способствуют некоторые свойства радиоактивных отходов:

- очень малая их масса: при одинаковой мощности 1000 МВт теплоэлектростанция на угле дает в год 830 000 т твердых отходов, а АЭС – всего 27 т; масса жидких и газообразных отходов на АЭС в 10^4 – 10^6 раз меньше;

- состав радиоактивных отходов, обогащенных редкими и дорогими элементами, потребительский спрос на которые постоянно растет: если в 1869 году промышленность использовала всего 35 химических элементов, в 1906 году – 52, в 1937 году – 73, то в 1990 году – уже 95;

- радиоактивность является дополнительным ценным потребительским качеством: потребность в радионуклидной продукции в медицине и промышленности растет быстрее по сравнению с другими сырьевыми продуктами.

Таким образом, РАО могут рассматриваться как вторичный ресурс, как перспективный *сырьевой материал ядерного комплекса* [26]. Сроки экономически целесообразного использования этих ресурсов могут уточняться, но тенденция вытекает из экологических законов: «Быстрота оборота вовлеченных природных ресурсов (вторичных, третичных и т.д.) исторически возрастает» [27]. Предложенная концепция перехода от традиционных методов обращения с РАО к их утилизации как перспективного сырьевого материала ядерного комплекса является примером нового подхода к обращению с РАО – постепенному переводу всех ядерных технологий на безотходные циклы.

10.1.4. Топливные циклы: конкурентоспособность

По мнению большинства отечественных оппонентов ЯЭ (в основном экологов), основная проблема ядерной отрасли – неприемлемый риск возможных аварий и несовершенство существующих ядерных технологий. При этом многие зарубежные эксперты на первое место среди причин торможения развития этой отрасли ставят экономические. В целом, конкурентоспособность ЯЭ вызывает сомнения из-за следующих проблем [1].

1. Безопасность реакторов. Неопределенности в отношении безопасности никогда не будут полностью разрешены заранее. Большое их количество можно обнаружить только во время эксплуатации новых реакторов.

2. Экономичность вырабатываемой электроэнергии. Строительство АЭС и ее безопасная работа намного дороже, чем строительство и работа станции такой же мощности на традиционных источниках энергии.

3. Снижение эмиссии диоксида углерода. По расчетам Европейской комиссии, только для прекращения увеличения выброса диоксида углерода с помощью АЭС в Европе пришлось бы построить не менее 85 новых атомных реакторов. Основной акцент следует делать на энергосберегающих технологиях и возобновляемых источниках – таких, как солнце, ветер, водная стихия. Например, потенциал для энергосбережения и повышения энергоэффективности в России достигает 40% всей производимой электроэнергии (см. п. 4.4.5).

4. Накопление радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива. Обращение с РАО играет ключевую роль в вопросах безопасности и охраны окружающей среды. Общий объем РАО, накопленный в России, составляет около 600 млн. кубометров с суммарной радиоактивностью 1,5 млрд. кюри. Особую проблему представляет ОЯТ, являющееся самым высокоактивным материалом в ЯЭ. К настоящему времени в России в хранилищах различного типа находится около 14 тыс. тонн ОЯТ, его суммарная радиоактивность составляет 5 млрд. кюри. При переработке ОЯТ образуется огромное количество жидких и твердых РАО всех типов активностью 600 тыс. кюри на 1 т ОЯТ.

5. Опасность использования АЭС для распространения ядерного оружия. Каждый реактор производит ежегодно плутоний в количестве, достаточном для создания нескольких атомных бомб. Поэтому МАГАТЭ старается держать под контролем весь цикл обращения с ОЯТ.

Перечисленные проблемы вполне осознаются ведущими авторитетами в ядерной отрасли, но их оценка перспектив решения проблем по понятным профессиональным причинам достаточно оптимистична. По мнению генерального директора МАГАТЭ М. эль-Барадеи, для того чтобы ядерная энергетика сохраняла конкурентоспособность в качестве источника энергии, необходимо решить ряд ключевых проблем отрасли (в основном совпадающих с перечисленными выше) [2].

- *Ядерная безопасность.* Авария на Чернобыльской АЭС, отбросившая развитие ядерной энергетики на десятилетия, была следствием устаревшей конструкции реактора в сочетании с вопиющими нарушениями основных правил безопасности. Экологическая катастрофа стимулировала радикальные изменения в подходах к обеспечению ядерной безопасности, в результате чего МАГАТЭ разработало так называемый международный «режим ядерной безопасности» и обновило весь комплекс норм безопасности с тем, чтобы он отражал образцовую практику в отрасли.

- *Физическая ядерная безопасность.* В последние годы МАГАТЭ последовательно проводила работу по оказанию странам помощи в улучшении контроля над имеющимися ядерными материалами и источниками и в защите радиационно-опасных объектов (РОО) от экстремистских элементов.

- *Обращение с отработавшим ядерным топливом.* Обращение с ОЯТ и захоронение высокоактивных РАО – одна из ключевых проблем ядерно-энергетической отрасли. В значительной степени эта проблема преувеличена в глазах мирового общественного мнения, если сравнить количество ежегодно образующегося ОЯТ (приблизительно 10 000 т) с количеством CO_2 – одного из самых зловещих отходов от сжигания органического топлива, источника опасности глобальных изменений климата (28 млрд. тонн). При этом независимые эксперты сходятся во мнении, что захоронение РАО в достаточно глубоких геологических формациях безопасно и технологически осуществимо.

- *Ядерное нераспространение.* По мере промышленного развития все большего числа стран усложняется контроль над распространением ядерных технологий, в особенности над обогащением урана и переработкой ОЯТ. МАГАТЭ прилагает усилия по дальнейшему развитию Договора о нераспространении ядерного оружия в направлении создания системы многонационального контроля любой новой деятельности по обогащению урана и выделению плутония.

- *Технологические инновации.* На будущее ЯЭ существенно влияют технологические инновации – развитие новых технологий реакторов и топливных циклов. Современные НИОКР в ядерной области сосредоточены

на повышении безопасности, разработке энергетических реакторов малой и средней мощности, реакторов на быстрых нейтронах, а также использовании плутония в качестве топлива для АЭС.

• *Инфраструктурные потребности.* Будучи сложной технологией, ЯЭ требует соответственно сложной инфраструктуры, включающей многие элементы – от промышленного комплекса до юридических и регулирующих основ, кадровых и финансовых ресурсов.

• *Восприятие общественностью.* Заключительный аспект, играющий важную роль в определении будущего ЯЭ, – общественное восприятие. Восприятие населением риска сильно влияет на выбор страной источников энергии. Так же, как и любая другая передовая технология (например, гражданская авиация), ЯЭ не сопровождается абсолютными гарантиями безопасности. Важны четкое понимание и оценки рисков и выгод. Поэтому членам ядерного сообщества следует делать все возможное, чтобы предоставлять точную и понятную информацию о рисках и выгодах при использовании ядерной энергии. Чрезвычайно важно, чтобы характер деятельности ядерного сообщества воспринимался как прозрачный и открытый, что улучшит понимание и повысит уверенность в безопасности предприятий ЯТЦ.

Таким образом, проблема отходов в значительной степени определяет конкурентоспособность способа получения промышленной энергии. В зависимости от отходов все энерготехнологии условно можно подразделить на две группы:

- энерготехнологии, в которых основную часть отходов составляют технологически нелокализуемые отходы;
- энерготехнологии, в которых подавляющая часть отходов локализуется технологически.

К первой группе принадлежит, в частности, энергетика на ископаемом органическом топливе. Ядерная энергетика относится к числу энерготехнологий с локализуемыми отходами [17].

Радиоактивное загрязнение и наличие радиационно-опасных объектов – лишь одно из последствий промышленной деятельности человечества в XX веке. Нельзя забывать об утрате для хозяйственного использования десятков тысяч квадратных километров земель в результате гидростроительства и добычи полезных ископаемых, о потере плодородия и загрязнении миллионов гектаров почв сельхозугодий тяжелыми металлами и пестицидами, о возникновении «техногенных пустынь» вокруг крупных предприятий цветной металлургии, о глобальных эффектах загрязнения атмосферы парниковыми газами, о наличии потенциально опасных технических объектов, связанных как с оборонной деятельностью, так и с гражданскими отраслями хозяйства: химической, нефтехимической, фармацевтической, микробиологической и другими отраслями промышленности [12].

Из всего изложенного следует, что на современном этапе мирового социально-экономического развития важным, если не решающим, конкурент-

ным показателем при выборе энергетической стратегии должна быть всесторонняя оценка ущерба природным ресурсам: потребление (изъятие из природных циклов), загрязнение, деградация и т.п. В работе [21] была выполнена сравнительная оценка ущерба природным ресурсам и окружающей среде от деятельности атомной и других отраслей экономики России по состоянию на 2000 год. Основные выводы из этой работы следующие.

Потребление пресной воды. В 1998–1999 годах доля атомной отрасли составила около 4–5% забранного объема ресурса пресной воды, а в объеме загрязненных сточных вод, сброшенных в поверхностные воды, – 30% этого показателя для электроэнергетики и 1,4% объема для всей экономики. При этом потери в целом по атомной отрасли составляют около 0,3% всего объема забранной воды, т.е. являются самыми низкими среди всех отраслей народного хозяйства.

Изъятие земельных ресурсов. Среднее значение удельной (на единицу продукции, кВт·ч) площади земли, отчуждаемой объектами атомной энергетики, примерно в 4 раза меньше, чем в угольной энергетике, и в 2,5 раза меньше, чем в газовой. Роль этого показателя для различных предприятий ТЭК особенно значительна, когда они расположены в промышленно развитых регионах с высокой плотностью населения.

Лес. Атомная отрасль практически не присутствует в основных статьях расхода добываемого древесного сырья – экспорт, производство деловой древесины и лесохимия.

Загрязнение атмосферного воздуха. Основными источниками техногенного загрязнения атмосферного воздуха, представляющего опасность для населения страны и для устойчивости теплового баланса глобальной атмосферы, являются в первую очередь энергетические отрасли промышленности (тепло- и электроэнергетика на ископаемом топливе), нефтехимия, химическая промышленность, цветная и черная металлургия, автотранспорт. Предприятия атомной отрасли практически не оказывают вредного воздействия на качество атмосферного воздуха как в импактных зонах (за пределами промзон), так и на региональном уровне.

Для сравнительной эколого-экономической оценки загрязнения атмосферного воздуха в работе [21] был предложен индекс загрязнения φ_i ($\text{м}^3/\text{р.}$), который учитывает стоимость валовой продукции рассматриваемой i -й отрасли (р./год , см. п. 7.9). Физический смысл индекса φ_i – объем атмосферного воздуха, необходимого для разбавления массы выброса в атмосферу до нормативно безопасной концентрации (ПДК) при производстве единицы стоимости продукции i -й отрасли (1 р.) Для сравнения с атомной отраслью значения φ_i были рассчитаны для ведущих отраслей хозяйства, вносящих основной вклад в загрязнение воздуха, – промышленность в целом, автотранспорт, ЖКХ, энергетика (без атомной). Как показал анализ, к наиболее «грязным» отраслям экономики по отношению к атмосферному воздуху следует отнести теплоэнергетику (на ископаемом

топливе) и промышленность в целом. «Экологическая стоимость» продукции ЯТЦ близка к продукции автотранспорта (за счет загрязняющих выбросов на стадиях получения ядерного топлива), в то время как «экологическая стоимость» собственно производства электроэнергии на АЭС на пять порядков ниже, чем на ТЭС.

Почвы. Основные виды ущерба – промышленные загрязнения и техногенные нарушения; площадь деградированных по этим причинам земель исчисляется сотнями тысяч квадратных километров почвенного покрова с полностью нарушенными природными экологическими свойствами. Среди отраслей народного хозяйства, ответственных за деградацию почв и связанный с ней экологический и экономический ущерб, ядерная энергетика (радиоактивное загрязнение) занимает одно из последних мест (см. п. 6.3).

Применение предложенной в работе [21] методологии к проблеме оценки экологических рисков при развитии атомной промышленности и энергетики приводит к выводу, что в регионах размещения ведущих предприятий атомной отрасли основными причинами загрязнения и деградации окружающей среды и экологических рисков здоровью населения являются выбросы загрязняющих химических веществ, промышленные и бытовые отходы, техногенные нарушения ландшафта. При этом объекты атомной промышленности и энергетики не входят в число основных источников экологического ущерба в регионах их размещения на территории РФ, если не принимать во внимание прошлый ущерб, нанесенный природным комплексам на начальной стадии создания атомной отрасли в СССР в 1946–1956 годах (например, территория вокруг ПО «Маяк»).

Гидроэнергетика значительно меньше, чем другие виды энергетики, загрязняет окружающую среду, однако гидротехнические сооружения на реках и создание водохранилищ часто приводят к другим нарушениям экологического равновесия – способствуют необратимым изменениям в климате, почвах, флоре и фауне рек и прилегающих территорий. С другой стороны, при отсутствии строительства ГЭС пришлось бы сооружать тепловые и ядерные электростанции с выполнением тех же функций в энергосистеме (покрытие пиков нагрузки, регулирование частоты и т.д.), что привело бы к резкому возрастанию установленных мощностей с вытекающими экологическими последствиями. Интерес к гидроэнергетике вызван рядом объективных факторов: возобновляемостью гидроресурсов, высокой производительностью труда, низкой себестоимостью энергии, высокой маневренностью ГЭС, что делает их особо привлекательными для покрытия пиков нагрузки систем [28].

10.1.5. Топливные циклы: Киотский протокол

Требования к экологической безопасности энергетики становятся не менее жесткими ограничителями ее развития, чем обеспеченность ресурсами топлива и экономическая эффективность производства. На практи-

ке эти требования при реализации Киотского протокола могут играть роль экономического стимула для выбора малоотходных (по эмиссии парниковых газов) энерготехнологий с целью предотвращения выбросов ПГ.

Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК), принятый в декабре 1997 года и вступивший в силу в феврале 2005 года, инициировал создание нового международного рынка – рынка торговли квотами на выброс ПГ. Этот рынок основан на том, что, в отличие от других международных соглашений в области охраны окружающей среды, Киотский протокол предусматривает в качестве дополнительных имплементирующих мероприятий для Сторон Приложения В, взявших на себя конкретные количественные обязательства по ограничению или сокращению выбросов ПГ, экономические механизмы – так называемые механизмы гибкости. В рамках этих механизмов Стороны могут передавать друг другу сокращенные единицы выбросов ПГ, выраженные в тоннах CO_2 -экв. [29].

Принцип действия торговли квотами на выброс ПГ заключается в том, что если Страна Приложения I к РКИК перевыполнила свои количественные обязательства по Киотскому протоколу и обладает неиспользованной квотой, то она может продать часть этой национальной квоты. Отдельные компании также могут участвовать в торговле квотами на выброс ПГ. Механизмы Киотского протокола, представляющие собой инновационный экономический инструмент решения глобальных природоохранных вопросов, получили широкое распространение. Примером может служить механизм чистого развития (МЧР), который предоставляет кредиты на развитие энергетики для развивающихся стран.

Наиболее успешен опыт Европейского союза, где с 2005 года действует утвержденная Директивой 2003/87/ЕС Европейская система торговли выбросами (ЕСТВ). Эта Директива устанавливает обязательные квоты на выбросы ПГ для 15 тыс. крупных предприятий, зарегистрированных в странах ЕС, включая производителей тепла и энергии, нефтеперерабатывающие предприятия, металлургические и целлюлозно-бумажные комбинаты, на долю которых в совокупности приходится 45% выбросов CO_2 . Мелкие производители исключаются путем установления пороговых значений мощности (не менее 20 МВт) [29].

В 2004 году мировое производство электроэнергии (около 17 470 млрд. киловатт-часов) внесло вклад в размере 11 Гт CO_2 -экв. в суммарный объем выбросов ПГ. 16%-ная доля ядерной энергетики в производстве электроэнергии позволила избежать выбросов в объеме 2,0–2,2 Гт CO_2 -экв. (в зависимости от того, какой вид энергии мог бы заменить ЯЭ в современной структуре мировой электроэнергетики). В любом случае ЯЭ сегодня позволяет избежать большего объема выбросов ПГ, чем тот, который был бы достигнут при полномасштабном осуществлении Киотского протокола. Это свидетельствует об исключительно позитивной роли ЯЭ в контексте РКИК [30].

При выборе вариантов энергетических стратегий для выполнения условий Киотского протокола решающую роль, по крайней мере на современном этапе, играют экономические соображения при анализе затрат на альтернативные источники энергии для снижения выбросов ПГ. В качестве основного параметра при этом используются затраты на предотвращение выброса 1 т CO_2 -экв. в течение жизненного цикла энерготехнологии. Сравнение с наиболее перспективными технологиями показывает, что ЯЭ находится в нижней области диапазона затрат с заходом в отрицательную область: от -8 до 18 долл. США на 1 т CO_2 -экв. Отрицательные затраты свидетельствуют о растущем рыночном потенциале ЯЭ даже без выгод в контексте Киотского протокола [30].

При всех достоинствах в роли альтернативной технологии для смягчения последствий изменения климата ядерная энергетика в настоящее время не включена в совместные международные проекты в рамках деятельности в соответствии с Киотским протоколом. Основные аргументы противников ЯЭ: высокая стоимость и длительность строительства АЭС, недостаточный уровень ядерной и радиационной безопасности (в частности, угроза неконтролируемого распространения ядерных материалов), нерешенные проблемы обращения с ОЯТ и РАО. По мнению независимых экспертов, следует предоставить рынкам решать, экономична и безопасна ли ЯЭ в той же степени, насколько она экологична. В любом случае вопрос о включении ЯЭ или любой другой альтернативной технологии в международные проекты по изменению климата должен рассматриваться на основе объективного и всестороннего анализа эффективности применения этой технологии для смягчения последствий изменения климата [31].

Россия приняла план действий по реализации Киотского протокола в следующих направлениях деятельности [29].

I. Реализация политики и мер, направленных на сокращение выбросов и увеличение абсорбции парниковых газов (ст. 2 и 10 Киотского протокола).

II. Формирование и обеспечение функционирования национальной системы для оценки ежегодного кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов (ст. 5 и 7 Киотского протокола).

III. Обеспечение участия РФ в механизмах в соответствии со ст. 6, 12 и 17 Киотского протокола.

IV. Участие в международной деятельности, связанной с реализацией Киотского протокола.

По первому направлению деятельности в качестве основных мер, направленных на сокращение выбросов ПГ в энергетике, промышленности и строительстве, приняты следующие:

- снижение энергоемкости ВВП на 8% к 2010 году;
- увеличение доли возобновляемых источников энергии;

- утилизация нефтяного попутного газа и шахтного метана;
- сокращение потерь газа в газовой промышленности.

Планируемые структурные изменения в ВВП будут содействовать уменьшению эмиссии ПГ за счет повышения эффективности работы транспорта, ЖКХ, энергогенерации и др.

Как видно из этого перечня, развитие ЯЭ не вошло в число основных мероприятий национальной политики РФ в области изменения климата по упомянутым выше причинам. Тем не менее присоединение к Киотскому протоколу играет важную роль для экономики России – прежде всего в качестве дополнительного стимула для повышения энергоэффективности и энергосбережения, а также в качестве «катализатора» экологической деятельности в целом, включая рост источников финансирования экологических, исследовательских и образовательных проектов [29].

Прямое влияние Киотского протокола на жизнь людей в России невелико, но положительно. Региональным администрациям, бизнесу и общественности имеет смысл поддержать активное участие России в Киотском протоколе и, насколько возможно, воспользоваться его дополнительными возможностями.

10.2. Ядерная энергетика в энергетической стратегии России

10.2.1. Национальная стратегия устойчивого развития

Оценка состояния национальной стратегии устойчивого развития России в 2008 году была дана Н.Н. Марфениным в предисловии к Ежегоднику «Россия в окружающем мире – 2008» [32].

Один из основных тезисов Н.Н. Марфенина, который мы полностью разделяем: «Концепция устойчивого развития не подвергает сомнению первостепенное значение экономики, но, по сути своей, предупреждает об опасности решения сначала экономических, а затем других задач – социальных, экологических, педагогических, психологических. Тем более опасно решение экономических задач за счет "перекачивания ресурсов" из других сфер жизни. Энергия "экономического реактора" нередко становится разрушительной – как у двигателя с плохой системой управления. Эта истина получила признание в мире всего несколько десятилетий назад».

От себя добавим, что последствия нарушения сформулированного выше одного из основных положений концепции устойчивого развития мы наблюдаем в 2008–2010 годах в виде мирового финансово-экономического кризиса.

Концепция устойчивого развития была разработана по инициативе ООН с целью предотвращения опасных перекосов в развитии всего мирового сообщества, а не отдельных стран. Тем не менее методологию подхода

к предотвращению возможных кризисов можно с успехом применить и в отдельном государстве, и в более мелких структурных образованиях – на любых системных уровнях (см. п. 11.5.1). Можно вполне судить о глубине и проработанности плана развития любой страны по действиям законодательной и исполнительной ветвей власти, направленным на решение задач, поставленных в Повестке дня на XXI век – главном международном документе, принятом на Всемирном форуме в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

С этих позиций приходится с сожалением констатировать, что у нас в стране концепция устойчивого развития была воспринята незаинтересованно и без глубокого понимания. Поэтапный стиль управления и решения государственных задач явно взял верх над стратегией параллельной разработки краткосрочных и долгосрочных программ действий.

В Повестке дня на XXI век содержится 40 разделов, определяющих основные направления действий. Большинство из них заслуживают серьезного внимания, глубокого профессионального анализа, а затем принятия национальных программ действий с последующим контролем их выполнения. Однако по состоянию на 2008 год в России по многим направлениям не только нет значительных результатов, но даже не разработано никаких программных документов [32].

В частности, как говорится в гл. 4 Повестки дня на XXI век, изменение структуры потребления означает последовательное снижение ресурсоемкости и энергоемкости производства. Кризисное положение с энергоэффективностью экономики России было показано выше (п. 4.4.5). Для снижения затрат энергии и других ресурсов недостаточно повышать на них цены. Необходимы специальные государственные программы поддержки новых технологий, экономии энергии, использования возобновляемых источников энергии. Однако даже в Энергетической стратегии России на период до 2020 года [33] дальше деклараций дело не пошло. В последующие годы программа государственной поддержки ресурсосбережения так и не была принята.

Другой пример – загрязнение окружающей среды, негативное воздействие которого может проявляться в пределах ограниченной территории. Предполагалось, что для предотвращения ущербов будут приняты государственные планы снижения загрязнения окружающей среды предприятиями и автотранспортом. Однако подобные планы не были разработаны в России ни в период экономического спада 1990-х годов, ни в последующие годы начала возрождения экономики.

В общем, при подготовке перспективных планов развития России задачи устойчивого развития, сформулированные в Повестке дня на XXI век, оказались вне фокуса внимания общественности и правительственных структур [32].

Концепция устойчивого развития обращает внимание на близорукость разделения задач на первостепенные (срочные) и отложенные до лучших

времен (долгосрочные). Сила и профессионализм современного администрирования проявляются как раз в способности параллельного выявления и решения как неотложных, так и перспективных проблем. Следование парадигме устойчивого развития должно стимулировать разработку управленческих технологий в направлении своевременного распознавания назревающих противоречий и приемов предотвращения будущих конфликтов на основе опережающего решения долгосрочных проблем.

Характерно, что в вопросах снижения опасности загрязнения окружающей среды и снижения ресурсоемкости правительство России прошло в некотором смысле полпути и остановилось. Главными достижениями в этой области с 1992 года стали: разработка и утверждение совокупности природоохранных законов и нормативных документов, введение процедуры оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и экологической экспертизы, декларация открытого статуса экологической информации, создание действенной административной системы контроля деятельности предприятий по предотвращению опасного воздействия на окружающую среду. Следующим шагом на пути реализации стратегии устойчивого развития должна была стать разработка Программы поэтапного роста экологической безопасности – снижения потенциально опасных воздействий на окружающую среду, улучшения состояния атмосферы, вод, почвы. Но, получив инструментарий управления природопользованием, властные структуры не проявили должной воли, чтобы установить сроки и этапы решения той проблемы, ради которой все это было создано [32].

В 2000 году был ликвидирован Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, а функции этого контрольного ведомства переданы Министерству природных ресурсов, специализирующемуся на использовании, а не на охране природы. Такое решение уже в 2000 году привело к росту промышленных выбросов в атмосферу и сброса ЗВ в водные объекты, снижению почти на треть объема полностью обезвреженных отходов по сравнению с предыдущим годом (Государственный доклад о состоянии окружающей среды в РФ за 2000 год). В последующий период ситуация не исправилась и не улучшилась. С 1999 по 2006 год совокупный выброс ЗВ в атмосферу увеличился по России на 10,2%. Темп совершенствования очистных сооружений, ввода в строй новых, модернизации старых фабрик и заводов остается недопустимо медленным, что в немалой мере обусловлено отсутствием ясных государственной программы и плана действий.

В результате к 2008 году «по данным экспертов, 15% территории России можно считать экологически неблагополучными, причем именно на этих территориях проживает две трети населения России. В 180 городах России, включая практически все крупные города, превышены предельно допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе, а также в источниках питьевого водоснабжения» («Парламентская газета» за 10.04.2008, № 24-25).

10.2.2. Состояние и перспективы развития электроэнергетики в России

Состояние российской энергетики в последнее десятилетие XX века можно назвать критическим, для него были характерны следующие признаки [34].

Системный кризис:

- износ основных производственных фондов;
- отсутствие инвестиционных средств;
- неэффективность использования топливных ресурсов;
- структурный дисбаланс топливно-энергетических ресурсов (ТЭР);
- рост спроса на электроэнергию и потребность во вводе новых мощностей.

Инвестиционный кризис – отсутствуют ресурсы для решения ряда неотложных задач:

- замещение или реконструкция выбывающих по предельному техническому ресурсу действующих тепловых электростанций в период до 2010 года суммарной мощностью 30–35 ГВт, что составляет до 35% установленной мощности ТЭС и ГЭС в ЕТР;
- сохранение уровня добычи природного газа и системы его транспортировки (требуется 3 млрд. долларов в год);
- перевод части мощностей ГЭС в режим ГАЭС (до 10 ГВт);
- освоение новых экономичных технологий на ТЭС [парогазовые установки (ПГУ), газотурбинные установки (ГТУ)].

Структурный кризис:

- диспропорция в использовании первичных энергетических ресурсов: газ – 43%, мазут – 6%, уголь – 17%, ядерное топливо – 15%, гидроэнергия – 19%;
- необходимость сокращения использования природного газа в электроэнергетике на 10–12 млрд. кубометров в год и замещения газа углем и ядерным топливом (это обостряет потребность в увеличении добычи угля и переоснащении угольной отрасли);
- заморожено строительство новых энергоблоков АЭС мощностью 18 ГВт;
- остановлено освоение имеющихся площадок для АЭС мощностью 20 ГВт.

О неэффективности использования топливных ресурсов свидетельствуют такие факты:

- увеличение удельного расхода топлива на действующих ТЭС;
- работа части ТЭЦ в конденсационном режиме;
- недоиспользование мощности АЭС в 1990–1999 годах до 15% (рис. 10.5), что привело к пережогу природного газа на ТЭС до 5 млрд. кубометров в год;

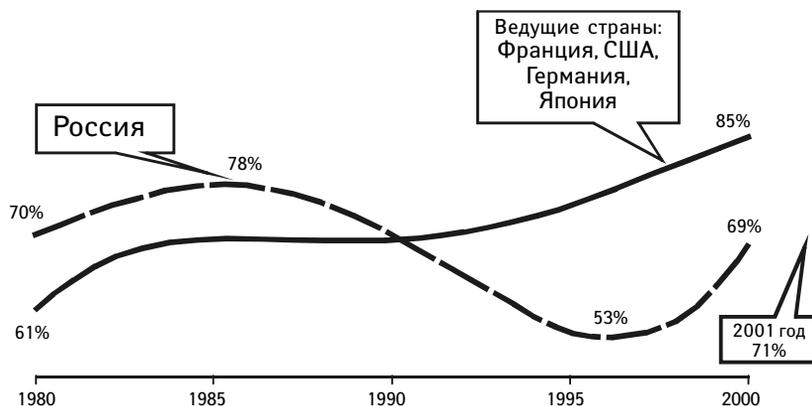


Рис. 10.5. Коэффициент использования установленной мощности АЭС в 1980–2000 годах [34].

- отсутствие современных эффективных технологий сжигания угля на ТЭС;

- отсутствие замены низкоэкономичных ТЭС перспективными ПГУ.

Следует отметить отставание по показателям эффективности отечественного энергетического оборудования по сравнению с зарубежными аналогами по всем видам генерации, которое при напряженной инвестиционной ситуации будет только усугубляться. По состоянию на 2007 год почти четверть электростанций России отработала свой парковый ресурс, свыше 90% турбинных мощностей находилось в эксплуатации более 15 лет, свыше 35% отработало уже более 30 лет. Растут потери электроэнергии в электрических сетях, изношенные сети требуют реконструкции и замены электроподстанций (табл. 10.8) [35].

По состоянию на 2007 год в электроэнергетике страны был один из самых высоких показателей износа основных фондов (57,5%), проектный ресурс к 2010 году будет отработан на 50% суммарной мощности всех электростанций при стабильно высоком росте спроса на электроэнергию. Согласно Прогнозному балансу электроэнергии и мощности РАО «ЕЭС России» на 2005–2009 годы, дефицит мощности ожидается в наиболее интенсивно развивающихся регионах ЕТР (прежде всего в Уральском, Северо-Западном и Центральном). Это означает, что электроэнергетика, которая имела в 1998 году более 30% резервных мощностей, полностью их потеряла и превратилась в основной фактор сдерживания экономического развития [35].

В 1998 году период падения спроса на электроэнергию закончился и начался рост, при котором уровень энергопотребления в 2006 году составил 980 млрд. кВт·ч, что на 9% ниже максимального уровня в 1990 году – 1074 млрд. кВт·ч [5].

Таблица 10.8. Эффективность работы отечественного энергетического оборудования в сравнении с зарубежным (2007 год) [35]

Показатель	Россия		Мировой уровень	
	Среднее значение	Передовые образцы	Среднее значение	Передовые образцы
КПД ТЭС на газе, %	38,5		40	44-45
КПД ПГУ*, %	51-52	51-52	54-55	58
КПД ТЭС на угле, %	34,2	38-44	37-40	45-47
Топливоиспользование на АЭС с ВВЭР, МВт-сут/кг U, %	40-45	50-55	50-55	60-70
Потери в электрических сетях, %	13,2	-	7,5	-

* ПГУ - парогазовая установка.

В соответствии с Энергетической стратегией России [33] первоочередными задачами среднесрочного развития электроэнергетики России являются:

- 1) оптимизация топливно-энергетического баланса, в том числе развитие АЭС, газозамещение и увеличение доли использования угля на ТЭС;
- 2) компенсация выбывающих по расчетному ресурсу мощностей АЭС и ТЭС (продление и воспроизводство);
- 3) покрытие роста спроса на электроэнергию, в том числе за счет АЭС, до 50%;
- 4) повышение эффективности инвестиционных вложений в ТЭК за счет реализации проектов энергокомплексов: АЭС + гидроаккумулирующие электростанции, ГАЭС; АЭС + электрогазотранспорт; электроаккумуляция тепла и АТЭЦ; энергобиокомплексы низкопотенциального тепла; АЭС + производство алюминия;
- 5) сокращение издержек в производстве энергии, в том числе за счет оптимизации использования генерирующих мощностей (при максимальной загрузке АЭС);
- 6) снижение техногенной нагрузки на окружающую среду.

При разработке Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2020 года [5] был принят прогноз, предусматривающий рост энергопотребления в России к 2015 году до уровня 1426 млрд. кВт·ч/год (базовый вариант) с возможным увеличением энергопотребления в этот период до 1600 млрд. кВт·ч/год («максимальный вариант», рис. 10.6). В частности, согласно базовому варианту, по Центральному федеральному округу предполагается рост энергопотребления (млрд. кВт·ч/год) от 211 в 2006 году до 244 в 2010-м, 306 – в 2015-м, 377 – в 2020-м. Для базового варианта потребность в суммарной установленной мощности электростанций (зона централизованного электроснабжения) определена в объеме (ГВт) 245,5 – в 2010 году, 297,5 – в 2015 году и 347,4 – в 2020 году.



Рис. 10.6. Ретроспектива и прогноз потребления электроэнергии в России до 2020 года. В скобках – среднегодовой темп роста по вариантам за период 2007–2020 годы [5]

В обзоре [36] В.В. Платонов дал прогноз роста генерирующей мощности электроэнергетики России до 2010 года, опираясь на анализ связи между темпами роста ВВП и электропотребления, а также на параметры электросетей, официальные документы [5, 33, 37, 38] и др. (табл. 10.9).

Таблица 10.9. Потребности в генерирующей мощности, ГВт, электроэнергетики России в 2006–2010 годах [36]

Темпы роста максимума нагрузки, %	Расчетная мощность	2006	2007	2008	2009	2010
2.5 [37]	Максимум нагрузки	160	164	168	172	177
	Балансирующая мощность, 16%	25	26	27	28	29
	Генерирующая	219	223	228	233	239
5.0 [5]	Максимум нагрузки	160	168	176	185	195
	Балансирующая мощность, 16%	25	27	28	30	31
	Генерирующая	219	228	237	248	259

Электроэнергетика выступает активным фактором интенсификации развития и совершенствования отраслевой и территориальной структуры российской экономики. Этот тезис реализуется по следующим основным направлениям [39]:

1. Электроэнергетика в состоянии создать важное конкурентное преимущество нашим товаропроизводителям в виде значительно более низкой, чем в других развитых странах, стоимости энергии и тепла. Это будет обеспечиваться за счет использования объективно более дешевых первичных энергоресурсов, облегченных (благодаря наличию больших сво-

бодных территорий) требований к размещению и экологии энергетических объектов и широких возможностей оптимизации структуры генерирующих мощностей применительно к разным зонам страны.

2. Относительно более дешевые электроэнергия и тепловая энергия в сочетании с широким набором других видов природных ресурсов и мощностями по производству соответствующего оборудования создают основу для широкомасштабного развития выпуска энергоемкой продукции высоких уровней передела. Замещение прямого экспорта энергоресурсов производством вблизи мест их добычи и экспортом значительно менее «тоннажной», но более дорогой энергоемкой продукции позволит со временем устранить главную проблему российской экономики – большие расстояния самых затратных сухопутных перевозок.

3. Относительно дешевая электроэнергия сможет дополнительно действовать ускорению экономического роста, замещая принципиально ограниченные углеводородные ресурсы – с соответствующим увеличением возможностей их экспорта, в том числе в переработанном виде.

При прогнозируемом удорожании нефти и газа становится экономически выгодным их замещение электроэнергией в производственных процессах и ЖКХ. Другой способ участия электроэнергетики в замещении углеводородов состоит в замедлении роста и затем в снижении расхода газа на электростанциях с вытеснением его ядерной энергией (на ЕТР) и твердым топливом.

Между тем 9 млн. человек, проживающих на двух третях территории России, остаются без электричества. Это не только отдаленные и северные территории, но и Центр, Северо-Запад, Урал, Сибирь, питающиеся по одной линии, где 30% проводов не обеспечивают пропускную способность и имеют повышенные потери.

Таким образом, по разным оценкам потребность во вводе генерирующих мощностей, включая ввод для замены на существующих электростанциях, для базового варианта в период 2006–2020 годы в целом по России составит около 150 ГВт. При этом 28% ожидаемого ввода придется на нетопливную энергетику (гидроэнергетику и ядерную энергетику), тогда как топливная энергетика составит 72% общего объема ввода (49% – газ, 23% – уголь). Впрочем, многие эксперты сомневаются в реалистичности этих прогнозов ввиду недостаточной мощности энергомашиностроительного, проектного и строительного комплексов страны [39].

В энергетическом балансе России уже в 2007 году аналитики не исключали появления дефицита газа. По прогнозам, этот процесс будет год от года нарастать, и к 2015 году дефицит газа может достичь более 45 млрд. кубометров. Чтобы предотвратить кризис, потребуются серьезные инвестиции на разработку месторождений и транспортную инфраструктуру [35]. В целом формируется тенденция изменения структуры энергоносителей

топливной энергетики в сторону снижения доли газа и нефти за счет угля (рис. 10.7). Прогнозируемый рост цен на газ и ограниченность его ресурсов для электростанций вынуждают все в большей степени ориентировать развитие новых генерирующих мощностей на использование других энергоресурсов (ядерной энергии, гидроэнергии, угля). Директивы Энергетической стратегии [33] предписывают к 2020 году за счет роста суммарной доли выработки электроэнергии на ядерных и гидроэлектростанциях (примерно на 4%: с 32% в 2006 году до 36% в 2020 году) медленную трансформацию структуры потребления топлива на ТЭС в этот период; снижение доли газа с 68 до 56%, снижение потребления мазута с 3,6 до 1,6%; интенсивный рост доли угля – с 25,3 до 39,5%.

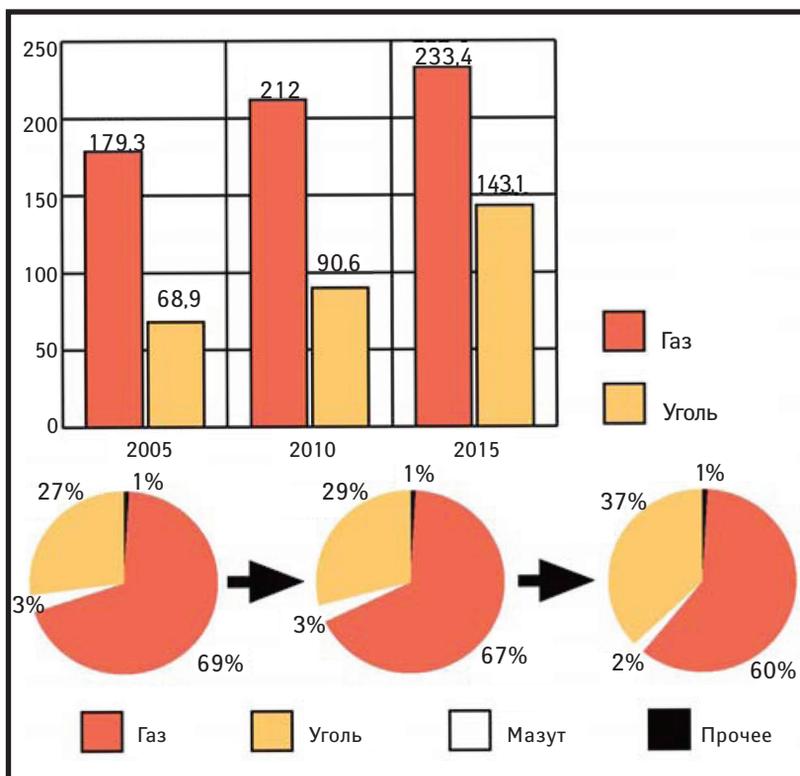


Рис. 10.7. Изменение структуры топливного баланса тепловой энергетики России в 2006–2015 годы [39]

Приоритетами территориального развития генерирующих мощностей являются [5]:

– на ЕТР – максимальное развитие атомных и гидроаккумулирующих электростанций, техническое перевооружение электростанций, использующих газомазутное топливо;

– в Сибири – развитие гидроэлектростанций и тепловых электростанций на угле;

– на Дальнем Востоке – развитие гидроэлектростанций, тепловых электростанций на угле и газе (с учетом перспектив разработки газовых месторождений на Сахалине).

Наиболее серьезные структурные изменения потребуются на ЕТР. За счет ожидаемого вовлечения в баланс мощности проектируемой Эвенкийской ГЭС и интенсивного роста суммарной мощности АЭС доля нетопливных источников возрастет с 27,7% в 2005 году до 32,2% в 2020 году. В частности, для объединенной энергосистемы Центра планируется рост потребления от примерно 290 млрд. кВт·ч в 2010 году до 434 млрд. кВт·ч в 2020 году, т.е. почти на 50%. До 2015 года интенсивный рост мощности ТЭС вынужденно будет осуществляться преимущественно за счет газомазутных ТЭЦ и конденсационных электрических станций (КЭС). Это происходит по следующим причинам:

во-первых, из-за неготовности альтернативных источников (АЭС, угольных КЭС, Эвенкийской ГЭС) и длительности их строительства;

во-вторых, из-за высокой экономической эффективности технического перевооружения мощности действующих газомазутных ТЭЦ и КЭС;

в-третьих, из-за высоких экологических требований к развитию новых источников тепла (ТЭЦ) и невозможности их обеспечения при использовании традиционных технологий сжигания твердого топлива на ТЭЦ крупных и средних городов.

Угольные КЭС замыкают баланс мощности на ЕТР. Именно этот тип электростанций должен в первую очередь компенсировать возможные отступления от амбициозной программы развития АЭС и возможное снижение ресурсов газа даже для действующих КЭС в период до 2020 года [39].

10.2.3. Перспектива и состояние развития ядерной энергетики

Динамичное развитие электроэнергетики России в период с 1960 до 1990 года характеризовалось высокими темпами годового роста генерирующих мощностей и производства электроэнергии соответственно (в среднем) около 6 ГВт и 33 млрд. кВт·ч/год, в том числе ядерной энергетике – около 1 ГВт и 5 млрд. кВт·ч/год. Однако к началу 1990-х годов темпы роста упали почти до нулевой отметки (рис. 10.8) [34].

Указанные проблемы электроэнергетики в значительной степени могут быть решены за счет развития ЯЭ, которая позволяет перенести центр

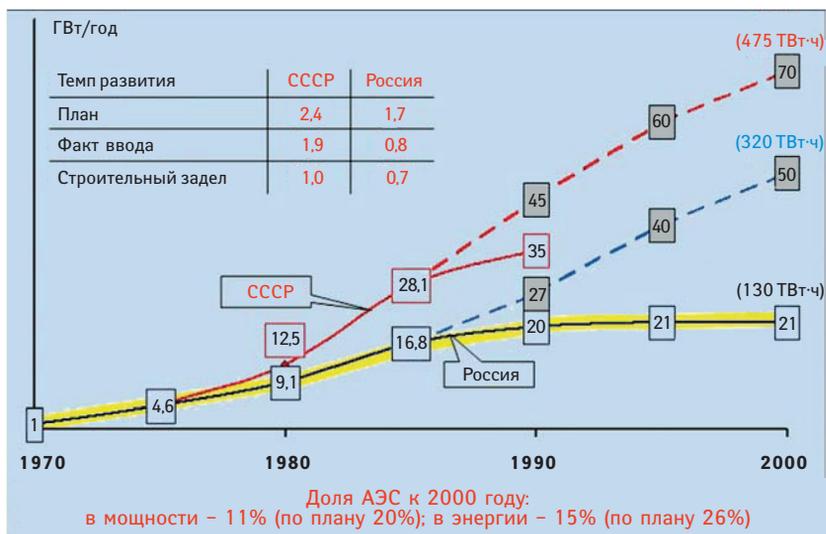


Рис. 10.8. Мощность и производство ядерной энергии (по государственной стратегии развития 1980 года) [34]

тяжести в энергетическом производстве с традиционных топливдобывающих отраслей и транспорта топлива на современные наукоемкие ядерные и сопутствующие технологии, а в экспорте – с топливного сырья на продукцию высоких технологий. Ядерная энергетика при нормальной эксплуатации отвечает нормативным требованиям по охране окружающей среды и по всем значимым показателям имеет преимущества по сравнению с энергетикой на органическом топливе. Последние исследования показывают, что экологический ущерб от ядерного топливного цикла сопоставим с ущербом от топливного цикла электростанций на природном газе и существенно ниже, чем ущерб от топливного цикла на угле и мазуте [34] (см. п. 10.1.2, 10.1.3).

Доля АЭС в выработке электроэнергии на ЕТР к 2004 году была 21%, в том числе на Северо-Западе – 42%, в Центре и Поволжье – 30%, на Северном Кавказе – 16%.

С конца 1990-х годов наблюдается увеличение темпа прироста производимой на АЭС электроэнергии (рис. 10.9). К 2008 году 10 российских АЭС имели мощность 23,2 ГВт, доля АЭС в установленной мощности всех электростанций России составила 11,5%, а в производстве электроэнергии – около 16% [3].

Состояние ядерной энергетики России в 2004 году характеризовалось следующими показателями [34]:

- устойчивый рост производства электроэнергии (около 9 млрд. кВт·ч/год) и КИУМ (около 1,5% в год – до 76%, рис. 10.5, 10.9);

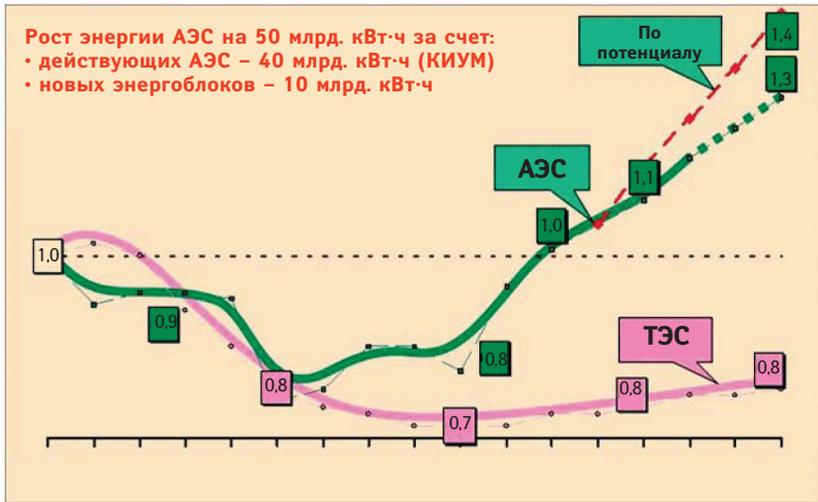


Рис. 10.9. Динамика производства электроэнергии к уровню 1989 года (КИУМ – коэффициент использования установленной мощности) [34]

- наличие резерва роста на действующих АЭС до 15 млрд. кВт·ч/год (тогда как на ТЭС ожидается спад в среднем на 15%);
- рост инвестиций в развитие в среднем по 5 млрд. рублей в год;
- ввод новых мощностей АЭС около 0,2 ГВт в год;
- замещение газа за счет увеличения выработки электроэнергии на АЭС до 45 млрд. кубометров (прирост по 2 млрд. кубометров в год);
- сохранение тарифного преимущества АЭС в сопоставимых затратах (около 25%).

К внутренним резервам повышения эффективности эксплуатации действующих АЭС относятся:

- повышение КИУМ до уровня передовых стран с наиболее мощной ядерной энергетикой;
- увеличение КПД энергоблоков за счет улучшения их эксплуатационных характеристик;
- сокращение доли расхода энергии на собственные нужды;
- уменьшение удельной численности персонала;
- совершенствование топливных циклов.

Повышение КИУМ на 10% (с 76 до 85%) на действующих АЭС даст дополнительно около 20 млрд. кВт·ч/год.

Наряду со снижением эксплуатационных издержек большим резервом повышения эффективности ядерной энергетики является расширение действующих и создание новых рынков для АЭС. Это в первую очередь связывается с их участием в теплоснабжении и переводом газоперекачивающих агрегатов на электропривод общей мощностью до 2 ГВт, что обес-

печит снижение неэффективного использования газа и его экономию до 8 млрд. кубометров в год, а также повышение загрузки АЭС до 10% к 2015 году. Значительным резервом увеличения эффективности ядерной энергетики является *снижение штатного коэффициента*. В 2004 году на отечественных АЭС производительность труда была в 5 раз меньше по сравнению с европейскими странами, а численность ремонтного персонала чрезмерно велика – 17 тыс. человек. В результате штатный коэффициент на российских АЭС в 2 раза превосходит проектный (1 чел./МВт) [37].

10.2.4. Среднесрочные перспективы развития ядерной энергетики

В мае 2000 года правительством России была одобрена долгосрочная Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века, исходя из которой в ближайшие 20 лет мощности российских АЭС могут быть увеличены на 75% [40]. Планировалось строительство 12 новых энергоблоков на действующих атомных станциях и строительство 9 новых АЭС, что, по сути дела, означало бы удвоение мощностей атомной энергетики России к 2020 году и создание крупномасштабной ядерной энергетики при доминирующей роли реакторов на быстрых нейтронах. В дальнейшем, с учетом реальной экономической ситуации, были разработаны более детальные плановые ориентиры развития ЯЭ.

По мнению В.В. Платонова [36], по состоянию на 2007 год развитие ЯЭ России до 2010 года определялось комплексом противоречивых документов [5, 33, 37, 38], среди которых в тот период реализуемой была Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007–2010 годы и на перспективу до 2015 года» [38].

В настоящее время (2009 год) действуют следующие официальные документы, составляющие правовой фундамент *среднесрочного развития* ядерной энергетики России:

- Энергетическая стратегия России на период до 2020 года (утверждена Правительством РФ 28 августа 2003 года) [33];

- Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007–2010 годы и на перспективу до 2015 года» (утверждена Правительством РФ 6 октября 2006 года) [38];

- Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года (Распоряжение Правительства РФ от 22 февраля 2008 года, № 215р) [5].

В реализации государственной энергетической политики, направленной на обеспечение энергетической безопасности России, ядерная энергетика должна играть ключевую роль как фактор стабильности энергообеспечения. При этом (базовый вариант) предполагается рост мощностей АЭС от 23,5 ГВт в 2006 году до 26,9 ГВт в 2010 году, 38,1 ГВт в 2015 году

и 53,2 ГВт в 2020 году. Таким образом, имеет место опережающий темп роста ядерной энергетики: доля АЭС в суммарной установленной мощности всех электростанций увеличивается от 11% в 2006 году до более 15% в 2020 году [34]. Для более умеренного варианта к 2015 году планируется ввод в эксплуатацию 10 новых энергоблоков АЭС общей установленной мощностью не менее 9,8 ГВт; при этом общая установленная мощность АЭС достигнет 34 ГВт, а доля электроэнергии, производимой АЭС, составит 18,6% общего объема производства электроэнергии в Российской Федерации.

До 2020 года запланированы к вводу энергоблоки: Балаково-6, Калинин-4, Смоленск-4, Северо-Западная АЭС (воспроизводство Ленинградской АЭС), Курск-6, Нововоронеж-6 и Нововоронеж-7 (воспроизводство блоков № 3 и № 4 Нововоронежской АЭС и блоков № 1 и № 2 Курской АЭС), Башкирская АЭС, Курская АЭС-2, Смоленская АЭС-2. Кроме того, в этот период предусматриваются развитие теплоснабжения от действующих АЭС (Балаковской, Курской, Волгодонской и др.), создание Воронежской, Архангельской и др. АТЭС, реализация энергокомплексов атомная электростанция + гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС – Курск, Ржев). Повышение экономической эффективности ЯЭ связано с реализацией как внутренних резервов (снижение издержек производства), так и внешних (расширение рынков сбыта энергии АЭС) [5].

Формирование систем АЭС + ГАЭС позволит увеличить регулировочный диапазон нагрузок АЭС, что обеспечит участие в покрытии неравномерности суточного графика нагрузок на ЕТР и стимулирует рост спроса на электроэнергию АЭС в базовом режиме работы на 23% относительно состояния на 2015 год. Суммарная выдача пиковой мощности ГАЭС по оценкам составит до 5 ГВт, а удельные затраты на строительство 600 долл./кВт. В качестве примера можно привести Францию, где суточная неравномерность нагрузки в 15% покрывается за счет системы ГЭС+ГАЭС+ТЭС. В России же в настоящее время неравномерность до 25–30% суточной нагрузки в европейской части России покрывается за счет разгрузки ТЭС и ТЭС в режимах со снижением эффективности их работы. Система параллельной работы АЭС и ГАЭС оптимизирует графики нагрузки при максимальном КИУМ АЭС [34].

В качестве *основных направлений развития ядерной энергетики* в среднесрочной перспективе выделяются следующие [34]:

- модернизация, продление срока эксплуатации и воспроизводство действующих энергоблоков (до 0,5 ГВт/год);
- обеспечение темпа роста производства электроэнергии до 8 млрд. кВт·ч /год;
- повышение эффективности эксплуатации АЭС и снижение издержек производства электроэнергии за счет роста КИУМ до 85%; расширенное воспроизводство мощностей;

- освоение инновационных технологий и ввод референтных блоков;
- социально-экономическое развитие регионов размещения АЭС.

На будущих АЭС предусмотрено использование новых типовых серийных энергоблоков с реакторной установкой типа ВВЭР-1000 электрической мощностью 1170 МВт, а также в период до 2020 года предусматривается возможность сооружения единичных энергоблоков мощностью 300 МВт и плавучих АЭС мощностью 70 МВт [5].

10.2.5. Долгосрочная стратегия развития ядерной энергетики

Долгосрочная стратегия развития ЯЭ России направлена на создание крупномасштабной ядерной энергетики, участвующей в обеспечении энергетических потребностей общества в электричестве, теплоснабжении, производстве водорода, опреснении воды, производстве радионуклидов для применения в различных отраслях науки и экономики и т.п. Сценарии развития электроэнергетики России до 2030 года и их расчетная пролонгация до 2050 года, разработанные Министерством экономического развития и торговли России (МЭРТ), представлены на рис. 10.10. К долгосрочным задачам развития ЯЭ (2030–2050 годы) относятся развертывание инновационных ядерных технологий, формирование многокомпонентной ядерной и атомно-водородной энергетики.

Требования к крупномасштабным энерготехнологиям будущего можно свести к трем положениям [41]:

- независимость от исчерпаемых источников топлива: топливо следует не добывать, а производить, при этом воздействие на биосферу при его производстве должно быть минимальным, а его энергетический запас практически неисчерпаемым;

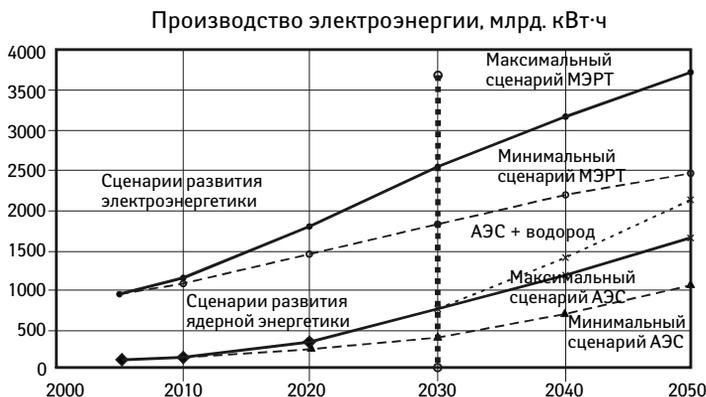


Рис. 10.10. Сценарии долгосрочного развития электроэнергетики и ядерной энергетики России до 2050 года [41]

– процесс «сжигания» топлива и связанные с ним выбросы нелокализуемых отходов (при нормальной эксплуатации) не должны деформировать естественные процессы в биосфере;

– локализуемые отходы должны быть физически эквивалентны исходному топливному сырью и захораниваться в местах его извлечения или им подобным.

Очевидно, что ни одна из существующих энерготехнологий этим требованиям не удовлетворяет:

– органическая энергетика и ядерная энергетика на существующих тепловых реакторах – экологически неприемлемые энерготехнологии на перспективу;

– альтернативные источники энергии (солнечная, ветряная, геотермальная, приливов и отливов, биомассы и др.) – принципиально не относятся к крупномасштабным энерготехнологиям;

– энергия термоядерного синтеза – не крупномасштабная энерготехнология XXI века.

Особого комментария требует первый тезис в части, касающейся тепловых реакторов. Топливо для мировой ЯЭ на тепловых реакторах при потенциальных запасах дешевого урана 10 млн. тонн будет исчерпано уже в этом столетии (рис. 10.11). Замыкание ядерного топливного цикла тепловых реакторов лишь ненадолго отсрочит этот исход. *Крупномасштабная ЯЭ на существующих типах тепловых реакторов не имеет долгосрочной перспективы* [34].

Ситуация стала радикально изменяться с развитием ЯЭ на так называемых быстрых реакторах (реакторах на быстрых нейтронах). При этом практически исчезает зависимость ЯЭ от ресурсов топливного сырья, такая мировая ядерная энергетика могла бы взять на себя практически весь прирост электроэнергии. *Крупномасштабная ядерная энергетика – это энергетика, основанная на реакторах на быстрых нейтронах*, что очевидно сегодня так же, как было очевидно на заре ядерной энергетики [34].

В рамках международной инициативы, касающейся инновационных ядерных технологий, Международный форум «Поколение IV» (МФП) координирует исследовательскую деятельность в области шести ядерно-энергетических систем следующего поколения: газоохлаждаемые реакторы на быстрых нейтронах, реакторы на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем, реакторы на солевых расплавах, реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем, надкритические водоохлаждаемые реакторы и сверхвысокотемпературные реакторы. В 2007 году было достигнуто соглашение в отношении проектов НИОКР по реакторам на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем для работы на усовершенствованном топливе, а также в отношении проектирования компонентов и нереакторного оборудования электростанции [14].

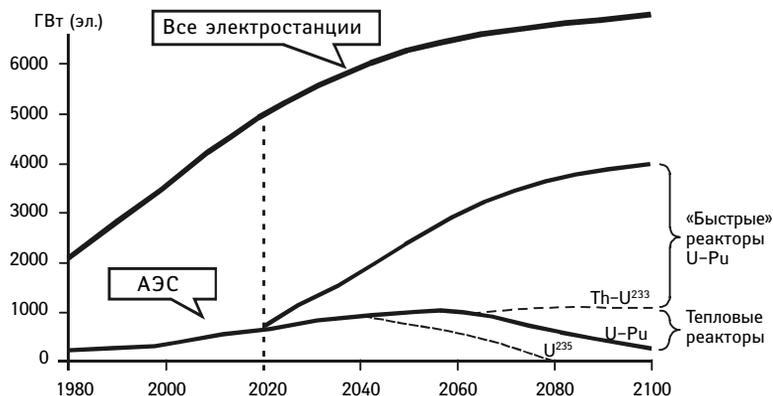


Рис. 10.11. Топливный потенциал развития мировой ядерной энергетики при использовании тепловых реакторов и реакторов на быстрых нейтронах [34]

Однако некоторые проблемы в рамках имеющейся технологии на «быстрых» реакторах неразрешимы. Все проблемы современной ядерной энергетики так или иначе связаны или с ее оружейной родословной, или с тяжелыми авариями, или с радиоактивными отходами. Будущее ядерной энергетики зависит от решения этих трех проблем [4 1]:

1) избавиться от «родовых оружейных меток» и нелегального переключения материалов ядерного топливного цикла на военные или террористические цели;

2) создать ядерную энергетику без тяжелых аварий со значимыми радиационными последствиями для населения;

3) сделать РАО достаточно «чистыми» для захоронения их в геологических формациях.

Все требования по безопасности, предъявляемые к новой ядерной энерготехнологии, объединены понятием «естественная безопасность». Развивая и обобщая принцип внутренне присущей безопасности, это понятие предполагает, что во всех решениях по совершенствованию ядерных реакторов и ядерного топливного цикла главным барьером безопасности должны быть законы природы, а не искусственные сооружения. Концепция «естественной безопасности» включает следующие принципы [4 1]:

- детерминистское исключение тяжелых реакторных аварий;
- технологическая поддержка режима нераспространения;
- малоотходная переработка ОЯТ с радиационно-эквивалентным захоронением РАО.

Стоимость АЭС с реакторами на быстрых нейтронах нового поколения должна быть не выше современных АЭС с легководными реакторами. Исследования в России показали, что существенное снижение стоимости АЭС

возможно только на основе реализации принципа «естественной безопасности», что позволит перейти *от стереотипа «чем дороже, тем безопаснее» к норме «чем безопаснее, тем дешевле».*

Исследования, проведенные в России в последние десятилетия, показали, что существует техническая возможность трансформации современной ядерной энергетике в крупномасштабную ядерную энергетике на основе реакторов на быстрых нейтронах с замкнутым топливным циклом путем последовательной реализации принципа естественной безопасности. Вызовы глобального системного кризиса и парадигма устойчивого развития (см. п. 1.1, 1.5) призывают уже сегодня создавать технологические основы новой ядерной энерготехнологии. Именно на пути постепенного перехода к крупномасштабной ядерной энергетике могут быть решены такие глобальные проблемы, как [41]:

- экологически безопасное увеличение энергопроизводства в развивающихся странах;
- укрепление режима нераспространения;
- исключение аварий с радиационными последствиями для населения;
- экологически приемлемое обращение с РАО;
- снижение накопления в атмосфере ПГ;
- восстановление конкурентоспособности ЯЭ.

Таким образом, структура ЯЭ России в долгосрочной перспективе будет в значительной степени определяться масштабами ее востребованности. При умеренном росте установленной мощности АЭС ядерная энергетика останется в течение ближайших десятилетий практически однокомпонентной с незначительной энергетической долей реакторов на быстрых нейтронах. В случае интенсивного роста ЯЭ решающую роль в ней будут играть реакторы на быстрых нейтронах (рис. 10.11) [41].

Чтобы ядерная энергетика могла быть реальным вариантом для стран и регионов с маломощными энергосетями, необходимо наладить проектирование и производство безопасных и доступных с финансовой точки зрения реакторов малой и средней мощности (РМСМ). Хотя семь из 34 реакторов, находящихся в стадии строительства на конец 2007 года, имели мощность меньше 600 МВт (эл.), а мощность трех других реакторов была в диапазоне от 600 до 700 МВт (эл.), только один проект категории РМСМ предлагался крупным поставщиком – это реактор CANDU-6 мощностью 700 МВт (эл.). В 2008 году в стадии разработки в различных странах находится примерно 12 инновационных проектов РМСМ, и некоторые реакторы могут быть построены в следующем десятилетии. Например, в апреле 2007 года в России было начато строительство плавучей АЭС мощностью 70 МВт (эл.), в конструкции которой используются два водоохлаждаемых реактора; пуск в эксплуатацию намечен на 2010 год [14].

10.3. Резюме. Роль ядерной энергетики в устойчивом развитии общества

Роль ядерной энергетики в обеспечении экологически безопасного энергопроизводства

Эволюция развития и глобальные прогнозы. С 1970 года ЯЭ развивалась интенсивно и достигла наивысшего расцвета в период 1980–1985 годов. После Чернобыльской катастрофы (1986 год) начался явный спад в развитии ЯЭ – главным образом по причине нерешенных проблем обеспечения требуемой ядерной, радиационной и экологической безопасности. К концу 2007 года в 32 странах мира (две трети населения планеты) действовали 439 энергоблоков общей установленной мощностью 371,7 ГВт, и еще 35 блока находились в стадии строительства. На долю ЯЭ к концу 2007 года приходилось около 15% вырабатываемой электроэнергии в мире [2–4]. В десятку стран, имеющих развитую ядерную энергетику, входят США (в эксплуатации находится 109 энергоблоков), Франция (56 энергоблоков), Япония (55 энергоблока), а также Германия, Россия, Канада, Украина, Великобритания, Швеция, Республика Корея [3].

Прогнозируемые энергетические потребности мира в XXI веке не ставят развитию ЯЭ верхнего предела. Согласно «низкому» сценарию МАГАТЭ, будет происходить умеренный устойчивый рост ЯЭ до суммарного уровня мощности 447 ГВт (эл.) к 2030 году при общем 25%-ном росте производства электроэнергии. В «высоком» прогнозе суммарная мощность АЭС к 2030 году достигнет 691 ГВт (эл.) при росте производства электроэнергии 93%. Прогнозируемый рост ЯЭ будет иметь место в технологически развитых странах и больших развивающихся странах (в Китае, Индии) [2]. Потребности в урановом сырье на мировом рынке с начала 1990-х годов устойчиво превышают предложение. Годовой объем мирового производства урана в 2005–2007 годах оставался на уровне 40 000 т при среднегодовом спросе около 67 000 т.

Топливные циклы: воздействие на окружающую среду. В качестве основного критерия для оценки соответствия различных способов получения энергии условиям устойчивого развития служит показатель «экологический ущерб».

Лежащий в основании Норм радиационной безопасности [9] подход к оценке радиационного риска можно определить как «антропоцентрический» [8]. Антропоцентрический принцип может служить для установления пределов безопасного для любых живых организмов радиоактивного загрязнения компонентов природных экосистем (концепция МКРЗ) [10, 11]. Вклад предприятий атомной отрасли в суммарное облучение населения находится в пределах погрешности оценки, т.е. составляет менее 0,1%. Разработка нормативов предельно допустимого радиационного воздействия

на природные экосистемы лишена всякого смысла, так как отсутствуют контролируемые ситуации, в которых эти нормативы могут применяться.

Риски, обусловленные химическим загрязнением объектов окружающей среды, во многих случаях лежат в области неприемлемых значений. На этом фоне избыточная жесткость норм радиационной безопасности представляется нерациональной и требует гармонизации на основе комплексного анализа риска [12, 13]. При этом в энергетической политике России предпочтение ошибочно может быть отдано энерготехнологиям, существенно более опасным для окружающей среды и здоровья населения как в региональном, так и в глобальном масштабах [12].

Тепловая энергетика относится к числу главных источников загрязнения атмосферы. В городах с крупными угольными ТЭС индивидуальные годовые риски находятся на уровне 10^{-3} – 10^{-4} , в то время как риск здоровью населения, проживающего вблизи АЭС, составляет 10^{-5} – 10^{-7} [12]. Не отмечено ни одного случая превышения действующих нормативов радиоактивного загрязнения воздуха вблизи нормально функционирующих РОО [20]. Аналогичная ситуация имеет место также в отношении химического и радиоактивного загрязнения природных вод от РОО.

Экономика органической энергетики сегодня – это экономика нелокализуемых отходов, и ее конкурентоспособность основана только на отсутствии издержек на их локализацию. Экономика ядерной энергетики сегодня – это экономика локализации отходов в пределах технологического цикла, и ее конкурентоспособность ограничивается в основном издержками на технические средства этой локализации [17].

Сравнительная оценка экологических ущербов от ядерной энергетики и других отраслей экономики. Вклад предприятий ядерной отрасли в суммарное облучение населения пренебрежимо мал и составляет менее 0,1% средней годовой дозы [12].

Процессами деградации на уровне экологического кризиса в России охвачено более четверти земельного фонда страны на площади до 400 млн. гектаров [22]. В то же время на территории России общая площадь земли, выведенной из хозяйственного оборота в результате радиоактивного загрязнения, составляет 4000–4500 км², т.е. порядка 0,1% всей площади земель, находящихся на уровне экологического кризиса. При этом земли, отчужденные по причине высоких уровней радиоактивного загрязнения, практически пригодны для использования в тех отраслях сельского и лесного хозяйства, которые не связаны с производством продовольствия и деловой древесины [23].

В регионах размещения ведущих предприятий ядерной отрасли основными причинами загрязнения и деградации окружающей среды и экологических рисков здоровью населения являются выбросы загрязняющих химических веществ, промышленные и бытовые отходы, техногенные нарушения ландшафта. За исключением бассейна реки Течи, объекты ядер-

ной промышленности и энергетики не входят в число основных или существенных источников текущего экологического ущерба в регионах их размещения [21].

Проблема обращения с РАО в настоящее время имеет ключевое значение для развития ядерной энергетики. В значительной степени эта проблема преувеличена в глазах мировой общественности: достаточно сравнить количество ежегодно образующегося ОЯТ – приблизительно 10 тыс. тонн, с количеством 28 млрд. тонн ПГ (CO_2 -экв.) – источником опасности глобальных изменений климата. Так же сильно преувеличены риски при традиционных способах обращения с РАО и ОЯТ. Как показывает мировой опыт, даже крупная авария не несет серьезных дозовых нагрузок, связанных с ОЯТ [24]. Предполагается, что захоронение РАО в глубокие геологические формации обеспечит безопасность населения на многие тысячелетия.

Решению проблемы кардинального сокращения РАО способствуют некоторые их свойства: очень малая масса (при одинаковой мощности ТЭС на угле дает в год 830 000 т твердых отходов, а АЭС – всего 27 т); обогащение РАО редкими и дорогими элементами, потребительский спрос на которые постоянно возрастает; потребность в радионуклидной продукции в медицине и промышленности. В недалекой перспективе РАО могут рассматриваться как вторичный ресурс – сырьевой материал ядерного комплекса [26] с учетом действия одного из фундаментальных экологических законов: «Быстрота оборота вовлеченных природных ресурсов (вторичных, третичных и т.д.) исторически возрастает» [27].

Топливные циклы: конкурентоспособность. По мнению большинства отечественных оппонентов (в основном экологов), основные проблемы ядерной отрасли – неприемлемый риск возможных аварий и несовершенство существующих ядерных технологий. При этом многие зарубежные эксперты на первое место среди причин торможения развития отрасли ставят экономические. Для того чтобы сохранить конкурентоспособность ЯЭ в качестве источника энергии, необходимо решить ряд ключевых проблем [2]: ядерная безопасность; физическая ядерная безопасность; обращение с ОЯТ; ядерное нераспространение; технологические инновации (развитие новых технологий реакторов и топливных циклов) и некоторые другие проблемы.

Важным, если не решающим, конкурентным показателем при выборе энергетической стратегии должна быть всесторонняя оценка ущерба природным ресурсам: потребление (изъятие из природных циклов), загрязнение, деградация и т.п. Сравнительная оценка ущерба природным ресурсам и окружающей среде от деятельности атомной и других отраслей экономики России по состоянию на 2000 год приводит к выводу, что в регионах размещения ведущих предприятий атомной отрасли эти объекты не входят в число основных источников текущего экологического ущерба, если

не принимать во внимание прошлый ущерб, нанесенный природным комплексам на начальной стадии создания атомной отрасли в СССР в 1946–1956 годах (например, территория вокруг ПО «Маяк») [21].

Примером передовой структуры электроэнергетики может служить Франция, где более 90% энергетических ресурсов получают за счет работы АЭС и ГЭС, что самым благоприятным образом сказывается на экологии страны [12].

Топливные циклы: Киотский протокол. Требования к экологической безопасности энергетики не менее жестко ограничивают ее развитие, чем обеспеченность ресурсами топлива и экономическая эффективность производства. На практике эти требования при реализации Киотского протокола могут играть роль экономического стимула для выбора малоотходных (по эмиссии ПГ) энерготехнологий с целью предотвращения выбросов ПГ.

Ядерная энергетика обладает наилучшими экологическими показателями выбросов ПГ среди энерготехнологий, использующих ископаемое топливо. По данным Международного энергетического агентства, три четверти объемов углекислого газа, образующегося в результате человеческой деятельности, выбрасывается при производстве и использовании ископаемых видов топлива [17]. В настоящее время (2008–2009 годы) при сжигании топлива в мире ежегодно выбрасывается в атмосферу около 28 Гт ПГ (в пересчете на CO_2), к 2020 году ожидаемый уровень эмиссии ПГ может достигнуть 36 Гт CO_2 -экв. [15, 17]. В 2004 году мировое производство электроэнергии (около 17 470 млрд. кВт·ч) внесло вклад в размере 11 Гт CO_2 -экв. в суммарный объем выбросов ПГ. Доля ядерной энергетики в производстве электроэнергии (16%) позволила избежать выбросов в объеме 2,0–2,2 Гт CO_2 -экв., что свидетельствует об исключительно позитивной роли ЯЭ в мерах по снижению выбросов ПГ. При выборе вариантов энергетических стратегий для выполнения условий Киотского протокола используется величина затрат на 1 т предотвращенного выброса CO_2 -экв. в течение жизненного цикла энерготехнологии. Сравнение с наиболее перспективными технологиями показывает, что ЯЭ находится в нижней области диапазона затрат с заходом в отрицательную область: от –8 до 18 долл. США на 1 т CO_2 -экв. Отрицательные затраты свидетельствуют о растущем рыночном потенциале ЯЭ даже без выгод в контексте Киотского протокола [30].

При всех достоинствах в роли альтернативной технологии для смягчения последствий изменения климата ЯЭ в настоящее время не включена в совместные международные проекты в рамках деятельности в соответствии с Киотским протоколом. Основные аргументы противников ЯЭ: высокая стоимость и длительность строительства АЭС, недостаточный уровень ядерной и радиационной безопасности, нерешенные проблемы обращения с ОЯТ и РАО. Развитие ЯЭ не вошло в число основных мероприятий

национальной политики РФ в области изменения климата по упомянутым причинам. По мнению независимых экспертов, следует предоставить рынкам решать, экономична и безопасна ли ЯЭ в той же степени, насколько она экологична, с учетом всестороннего анализа эффективности применения этой технологии для смягчения последствий изменения климата [31].

Ядерная энергетика в энергетической стратегии России

Национальная стратегия устойчивого развития. Методология подхода к предотвращению системных кризисов устойчивого развития может быть с успехом применена и в отдельном государстве, и в более мелких структурных образованиях – на любых системных уровнях. Следование парадигме устойчивого развития должно стимулировать разработку управленческих технологий на основе опережающего решения долгосрочных проблем.

При подготовке перспективных планов развития России задачи устойчивого развития, сформулированные в Повестке дня на XXI век, оказались вне фокуса внимания общественности и правительственных структур. По состоянию на 2008 год в России по многим направлениям не разработано никаких программных документов по таким важнейшим направлениям, как энергоэффективность экономики, ресурсосбережение, развитие возобновляемых источников энергии, загрязнение окружающей среды и др. [32].

Состояние и перспективы развития электроэнергетики в России. Для российской энергетики в последнее десятилетие XX века были характерны кризисные признаки: *системный кризис* (износ основных фондов, неэффективность использования топливных ресурсов, потребность во вводе новых мощностей); *инвестиционный кризис* (отсутствие ресурсов для решения ряда неотложных задач); *структурный кризис* (диспропорция в использовании первичных энергетических ресурсов, необходимость замещения газа углем и ядерным топливом, нулевое развитие ЯЭ) [34]. По состоянию на 2007 год в электроэнергетике страны был один из самых высоких показателей износа основных фондов (57,5%), проектный ресурс к 2010 году будет отработан на 50% суммарной мощности всех электростанций при стабильно высоком росте спроса на электроэнергию [35]. При этом 9 млн. человек, проживающих на двух третях территории России, остаются без электричества.

В соответствии с Энергетической стратегией [33] первоочередными *задачами среднесрочного развития электроэнергетики* России являются: оптимизация топливно-энергетического баланса; компенсация выбывающих по расчетному ресурсу мощностей АЭС и ТЭС; покрытие роста спроса на электроэнергию, в том числе за счет АЭС, до 50%; повышение эффективности инвестиционных вложений в ТЭК; сокращение издержек в производстве энергии; снижение техногенной нагрузки на окружающую среду.

Согласно принятому прогнозу, предусматривается рост энергопотребления в России к 2015 году до уровня 1426 млрд. кВт·ч/год (базовый вариант). Приоритетами территориального развития генерирующих мощностей являются: на ЕТР – максимальное развитие АЭС и ГАЭС, техническое перевооружение электростанций, использующих газомазутное топливо; в Сибири – развитие ГЭС и ТЭС на угле; на Дальнем Востоке – развитие ГЭС, ТЭС на угле и газе. За счет ожидаемого вовлечения в баланс мощности проектируемой Эвенкийской ГЭС и роста суммарной мощности АЭС доля нетопливных источников на ЕТР возрастет от 27,7% в 2005 году до 32,2% в 2020 году [5].

Для базового варианта потребность в суммарной установленной мощности электростанций определена в объеме (ГВт) 245,5 – в 2010 году, 297,5 – в 2015 году и 347,4 – в 2020 году [5]. При этом 28% ожидаемых вводов придется на нетопливную энергетику (ГЭС и АЭС), тогда как топливная энергетика составит 72% общего объема вводов (49% – газ, 23% – уголь). Директивы Энергетической стратегии [33] предписывают к 2020 году за счет роста суммарной доли выработки электроэнергии на АЭС и ГЭС (с 32% в 2006 году до 36% в 2020 году) медленную трансформацию структуры потребления топлива на ТЭС в этот период: снижение доли газа с 68 до 56%, снижение потребления мазута с 3,6 до 1,6%; рост доли угля с 25,3 до 39,5%.

Прогнозируемый рост цен на газ и ограниченность его ресурсов для электростанций вынуждают все в большей степени ориентировать развитие новых генерирующих мощностей на использование ядерной энергии, гидроэнергии, угля. Угольные КЭС замыкают баланс мощности на ЕТР для того, чтобы компенсировать возможные отступления от напряженной программы развития АЭС и возможное снижение ресурсов газа даже для действующих КЭС в период до 2020 года [38].

Ретроспектива и состояние развития ядерной энергетики. Динамичное развитие электроэнергетики России в период 1960–1990 годы характеризовалось высокими темпами годового роста ядерной энергетики – в среднем около 1 ГВт и 5 млрд. кВт·ч/год соответственно установленной мощности и производства энергии. Однако к началу 1990-х годов темпы роста упали почти до нулевой отметки [34].

С конца 1990-х годов наблюдается увеличение темпа прироста производимой на АЭС электроэнергии. Состояние ядерной энергетики России в 2004 году характеризовалось следующими показателями: устойчивый рост производства электроэнергии (около 9 млрд. кВт·ч/год) и КИУМ (около 1,5% в год до 76 %); наличие резерва роста на действующих АЭС до 15 млрд. кВт·ч/год (ожидаемый спад на ТЭС в среднем на 15%); рост инвестиций в развитие; ввод новых мощностей АЭС в среднем около 0,2 ГВт в год; замещение газа до 45 млрд. кубометров за счет увеличения выработки электроэнергии на АЭС; сохранение тарифного преимущества АЭС в сопоставимых затратах (около 25%) [34].

К 2008 году 10 российских АЭС имели мощность 23,2 ГВт, доля АЭС в установленной мощности всех электростанций России составила 11,5%, а в производстве электроэнергии – около 16% [3]. Предполагается, что повышение КИУМ на 10% (с 76 до 85%) на действующих АЭС даст дополнительно около 20 млрд. кВт·ч/год.

Среднесрочные перспективы развития ЯЭ. В настоящее время (2009 год) действуют следующие официальные документы, составляющие правовой фундамент *среднесрочного развития* ЯЭ России: Энергетическая стратегия России на период до 2020 года [33]; Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007–2010 годы и на перспективу до 2015 года» [38]; Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года [5]. Базовый вариант развития предполагает рост мощностей АЭС (ГВт) от 23,5 в 2006 году до 26,9 в 2010 году, 38,1 в 2015 году и 53,2 в 2020 году. При опережающем темпе роста ЯЭ доля АЭС в суммарной установленной мощности всех электростанций увеличивается от 11% в 2006 году до более 15% в 2020 году. [34]. Для более умеренного варианта к 2015 году планируется ввод в эксплуатацию 10 новых энергоблоков АЭС общей установленной мощностью не менее 9,8 ГВт; при этом общая установленная мощность АЭС достигнет 34 ГВт.

В качестве *основных направлений развития ядерной энергетики* в среднесрочной перспективе выделяются следующие [34]: модернизация, продление срока эксплуатации и воспроизводство действующих энергоблоков (до 0,5 ГВт в год); обеспечение темпа роста производства электроэнергии до 8 млрд. кВт·ч/год; повышение эффективности эксплуатации АЭС и снижение издержек производства электроэнергии за счет роста КИУМ до 85%; освоение инновационных технологий и ввод референтных блоков; социально-экономическое развитие регионов размещения АЭС.

Долгосрочная стратегия развития ЯЭ. К долгосрочным задачам развития ЯЭ (2030–2050 годы) относятся развертывание инновационных ядерных технологий и формирование многокомпонентной ядерной и атомно-водородной энергетики.

Требования к крупномасштабным энерготехнологиям будущего можно свести к трем положениям [41]: независимость от исчерпаемых энергоресурсов (топливо должно воспроизводиться); процесс «сжигания» топлива и связанные с ним выбросы нелокализуемых отходов не должны деформировать естественные процессы в биосфере; локализуемые отходы должны быть физически эквивалентны исходному топливному сырью и захораниваться в местах его извлечения или им подобным. Очевидно, что ни одна из существующих энерготехнологий этим требованиям не удовлетворяет.

Крупномасштабная ядерная энергетика – это энергетика на «быстрых» реакторах, что очевидно сегодня и было очевидно на заре ядерной энерге-

тики [34]. При умеренном росте установленной мощности АЭС ядерная энергетика останется в течение ближайших десятилетий практически однокомпонентной с незначительной энергетической долей реакторов на быстрых нейтронах. В случае интенсивного роста ЯЭ решающую роль в ней будут играть реакторы на быстрых нейтронах [41]. Необходимо наладить проектирование и производство безопасных и доступных с финансовой точки зрения реакторов малой и средней мощности.

Будущее ядерной энергетики зависит от решения трех проблем: 1) исключить нелегальное переключение материалов ЯТЦ на военные или террористические цели; 2) исключить вероятность тяжелых радиационных аварий; 3) сделать РАО достаточно «чистыми» для захоронения их в геологических формациях [41].

Главным барьером «естественной безопасности» должны являться законы природы, а не искусственные сооружения. Существенное снижение стоимости АЭС возможно только на основе реализации принципа естественной безопасности, что позволит перейти от стереотипа «чем дороже, тем безопаснее» к норме «чем безопаснее, тем дешевле».

Список литературы

1. *Меньшиков В.Ф.* Атомная энергетика сегодня // Россия в окружающем мире: Ежегодник МНЭПУ. 2004. Вып. 7. М.: Изд. МНЭПУ, 2004.
2. *Эль-Барадеи М.* Меняющаяся картина ядерной энергетики // Бюллетень МАГАТЭ. 2007. № 49/1. С. 18-21.
3. *Велихов Е. и др.* Энергетика вчера, сегодня и завтра // Бюллетень по атомной энергии (Специальный выпуск). – 2008. – Май–июнь. – С. 6-9.
4. *Макдоналд А.* Ядерная энергетика: положение дел в мире // Бюллетень МАГАТЭ. 2008. № 49-2. – С. 45–51.
5. Генеральная схема размещения объектов электроэнергетики до 2020 года. (Распоряжение Правительства РФ от 22 февраля 2008 года № 215р) // Бюллетень по атомной энергии. – 2008. – Март. – С. 50–64.
6. Разведанные запасы нефти не беспредельны. Что придет на смену «черному золоту»? (Отчет ВР «Статистический обзор мировой энергетике», 2006) // Бюллетень по атомной энергии. – 2007. – № 9. – С. 19–22.
7. *Живов В.Л., Бойцов А.В.* Растущие потребности российской атомной отрасли в уране будут обеспечены в полном объеме // Бюллетень по атомной энергии. – 2008. – Сент. – С. 40–44.
8. *Ветров В.А.* Экологическое нормирование – основа стратегии устойчивого развития // Научные аспекты экологических проблем России: Тр. II Всероссийской конф. (М., 29–31 мая 2006 года). – М., 2006. – С. 72–82.
9. Нормы радиационной безопасности – НРБ-99. СП 2.6.1.758-99 М.: Минздрав России, 1999. – 16 с.
10. Recommendations of the ICRP: ICRP Publication 26 // Ann. ICRP, 1 (3) Oxford: Pergamon Press, 1977.
11. Recommendations of the ICRP: ICRP Publication 60 // Ann. ICRP, 21 (1–3). Oxford: Pergamon Press, 1991.

12. *Большов Л., Арутюнян Р., Линге И. и др.* Ядерные технологии и экологические проблемы России в XXI веке // Бюллетень по атомной энергии. – 2003. – № 5. – С. 15–19.

13. *Семенов В.Г.* Экоцентрическая парадигма – возможное препятствие на пути развития атомной отрасли // Бюллетень по атомной энергии. – 2007. – № 5. – С. 33–38.

14. Ежегодный доклад МАГАТЭ за 2007 год // МАГАТЭ, GC(52)/9. – Вена, Австрия, 2008.

15. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC // Draft Rep., Brussels, Apr. 2007 (<http://www.ipcc.ch>).

16. Пресс-релиз по итогам работы Рабочей группы II Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), Москва, ИТАР-ТАСС, 20 апреля 2007 года (подготовлен С.М. Семеновым).

17. Белая книга ядерной энергетики / Под ред. проф. Е.О. Адамова. – М.: Изд. ГУП НИКИЭТ, 2001.

18. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2007 год. – М.: Росгидромет, 2008.

19. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году» – Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – М.: АНО «Центр международных проектов», 2008. – 504 с.

20. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2007 году: Ежегодник / Под ред. С.М. Вакуловского. М.: ГУ "ВНИИГМИ-МЦД", 2008. – 284 с.

21. *Ветров В.А.* Сравнительная оценка ущерба природным ресурсам и окружающей среде от деятельности атомной и других отраслей экономики России // Научные аспекты экологических проблем России: Тр. Всерос. конф. – М., 13–16 июня 2001 года. – М.: Наука, 2002. – Т. 2. С. 493–504.

22. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2005 году» Министерство природных ресурсов Российской Федерации. М.: АНО «Центр международных проектов», 2006. – 500 с.

23. Руководство по применению контрмер в сельском хозяйстве в случае аварийного выброса радионуклидов в окружающую среду. – МАГАТЭ (IAEA-TECDOC-745). – Вена, Австрия, май 1994. – 104 с.

24. Экологическая безопасность обращения с облученным ядерным топливом. (По материалам ИБРАЭ «Об экологической безопасности обращения с облученным ядерным топливом», 2001.) // Бюллетень по атомной энергии. – 2002. – № 2. – С. 17–21.

25. Федеральная целевая программа «Обращение с радиоактивными отходами и отработавшими ядерными материалами, их утилизация и захоронение на 1996–2005 годы». Утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации 26 октября 1995 года № 1030.

26. *Поляков В.* Перспективы решения проблемы с РАО с учетом требований экологии // Бюллетень по атомной энергии. – 2003. – № 5. – С. 34–36.

27. *Реймерс Н.Ф.* Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994. – 366 с.

28. *Евстигнеев В.М.* Гидроэнергия (<http://science.viniti.ru>).
29. *Кокорин А.* Основные положения и инвестиционные возможности Киотского протокола // ЭСКО (Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы»). – 2008. – № 8, август (http://esco-ecosys.narod.ru/2005_8/art95.htm).
30. ВОСТОК-МЕДИА: Киотский протокол – «за» и «против» (<http://antiatom.ru/ab/node/722>).
31. *Рогнер Х.-Х.* Пусть решает рынок // Бюллетень МАГАТЭ. – 2007. – № 49/1 (сент.). – С. 29–31.
32. *Марфенин Н.Н.* Устойчивое развитие России сегодня. Предисловие к Ежегоднику «Россия в окружающем мире – 2008» // Россия в окружающем мире: 2008 (Аналитический ежегодник, вып. 11). – М.: Изд-во МНЭПУ, 2009.
33. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 августа 2003 года № 1234-р.
34. *Рачков В.И.* Стратегия развития ядерной энергетики России // Экономика ядерной энергетики: Конспект лекций. Учебная книга Экономико-аналитического института МИФИ. – М., 2004.
35. *Андреанов А.Н.* Место и роль ядерной энергетики в ТЭК России // Бюллетень по атомной энергии. – 2007. – № 3. – С. 19–22.
36. *Платонов В.В.* Задачи развития электроэнергетики России до 2010 года и их реализация // Бюллетень по атомной энергии. – 2007. – № 12. – С. 22–27.
37. Среднесрочная программа развития энергетики на 2006–2010 годы. – Минпромэнерго России, 2006 (www.government.ru).
38. Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007–2010 годы и на перспективу до 2015 года» (Утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 6 октября 2006 года № 605).
39. *Кожуховский И.* Россия электрическая // Российское оксертное обозрение. – 2007. – № 1-2 (20). – С. 18–21 (www.rusgeu.org).
40. Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века (Основные положения) // Бюллетень ЦОИ Миантома России. – 2000. – № 6. – С. 4–17.
41. *Рачков В.И.* Стратегия развития ядерной энергетики: устойчивый рост и инновационное развитие // Бюллетень по атомной энергии. – 2008. – № 5-6. – С. 10–13.

11. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕГУЛИРОВАНИЮ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Тот, кто не хочет прибегать к новым средствам, должен ожидать новых бед.

Ф. Бэкон

Гуманитарные науки... тогда только будут удовлетворять человеческую мысль, когда в движении своем они встретятся с точными науками и пойдут с ними рядом.

А.П. Чехов «Дуэль»

11.1. Опыт регулирования природопользования в развитых странах

В этой главе нами сделана попытка провести обзор передовых подходов и идей, которые уже служат либо могут служить для решения проблемы гармонизации отношений общества и природы, в общепринятой терминологии – регулированию природопользования. Некоторые из этих подходов уже реализованы в природоохранной политике и практике так называемых развитых стран, которые успешно решают вопросы охраны ОС или, по крайней мере, строят природоохранную деятельность на понятных и прозрачных принципах, о чем свидетельствует содержание этого раздела. При этом успешность решения проблемы регулирования природопользования мы оцениваем по вполне объективным показателям, а именно – по степени стабилизации экологической обстановки, а в некоторых случаях (как в США и во многих странах Западной Европы) – даже по тенденции улучшения показателей состояния природной среды, таких, как качество атмосферного воздуха, загрязнение природных вод, решение проблем отходов, ресурсосбережение, энергопотребление и т.п. К сожалению, по этим критериям Россия не может быть включена в число стран с успешной природоохранной политикой – это видно из содержания предыдущих разделов (см. гл. 4, 6). Однако в области экологического нормирования загрязнения природной среды отечественная мысль выдвигает весьма интересные и перспективные идеи (см. п. 7.5–7.9).

Основной интерес в нашем коротком обзоре представляют все же абсолютно новые, без преувеличения, революционные идеи и подходы, которые стали появляться в конце XX века в связи с резким обострением кризиса в системе «природа – человек». Эти подходы и идеи мы излагаем в рамках двух принципиально новых парадигм, которым дали условные ярлыки: «Экономика против экологии» и «От антропоцентризма к экоцентризму».

11.1.1. США

На протяжении последних 20 лет XX века проблема охраны ОС продолжала занимать важное место в ряду приоритетов социально-экономического развития США. Экономика и демография рассматриваются в США как два основных фактора, определяющих необходимое (приемлемое) качество ОС и национальную природоохранную политику.

Главными целями государственной экологической стратегии США в середине 1980-х годов выступали два требования [1]:

1) поддержание качества ОС (задаваемого нормативно через показатели ПДК и ПДВ вредных веществ), которое необходимо для сохранения здоровья человека и нормального функционирования производства (при этом природоохранные расходы неуклонно сокращаются);

2) улучшение качества ОС при неизменных расходах.

Эти требования не альтернативны, напротив, они дополняют друг друга по мере совершенствования экологической политики и повышения ее эффективности.

В середине 1980-х годов удалось добиться сокращения так называемого видимого загрязнения воздуха и, в меньшей степени, воды. При этом расходы в реальных ценах остались практически неизменными: в 1975 и в 1985 годах примерно на уровне 30 млрд. долларов в год. В этот период появились новые проблемы, связанные с обнаруженными во всех природных средах токсичными веществами (ТВ), которые могут обладать мутагенными, канцерогенными и тератогенными свойствами долговременного и кумулятивного характера. Экологическая стратегия США вступила в новый этап: ее целью стала борьба не с загрязнением как таковым, а с его негативным воздействием на здоровье человека и ОС. Здоровье человека и его охрана от наиболее серьезного риска воздействия ТВ стало ключевым положением концепции оценки риска. Вместе с тем природоохранные органы США, в первую очередь EPA (Агентство по охране окружающей среды, US Environment Protection Agency), стремятся не упускать из вида и «традиционные» проблемы загрязнения воздуха и воды. Однако в этом случае, в отличие от борьбы с ТВ, главным направлением их решения выступает сохранение достигнутого уровня качества ОС, определяемого показателями ПДК и ПДВ, при постоянном сокращении затрат на указанные цели и переключении основной части средств на решение других задач [2].

Отличительная черта нового этапа государственной экологической политики США – усиление внимания к комплексным природоохранным проблемам, связанным с высоким экологическим и экономическим риском. Другая важная черта – концентрация на наиболее важных и реалистичных целях: проблемах глобальных изменений (потепления) климата, совокупного (медицинского, экологического, экономического) риска загряз-

нения воздуха традиционными ЗВ, включая проблемы кислотных дождей, истощения озонового слоя, смыва пестицидов, загрязнения пищевых продуктов пестицидами и др.

Одним из первых правовых актов, направленных на снижение загрязнения, стал Закон о предотвращении загрязнения 1990 года, вступивший в силу в конце 1992 года. В соответствии с ним компании обязаны сосредоточить основные усилия не столько на переработке отходов, сколько на снижении выбросов в ОС. Научно-консультативный совет, созданный для разработки новой программы EPA в 1990 году, предлагал усилить внимание к проблеме сохранения природных экосистем и предотвращения загрязнения и рекомендовал EPA развивать нетрадиционные подходы к охране природы, больше внимания уделять образовательным и воспитательным программам, новым технологиям, рыночным регулирующим механизмам.

Как отмечал J.P. Dwyer [3], законодательство об охране ОС, направленное на сохранение здоровья человека любой ценой, приносит законодателям большие дивиденды, даже если эти законы не обеспечены ни в экономическом, ни в административном отношении. Тяжесть внедрения нереальных законов ложится на EPA. Последнее считало, что буквальное выполнение Закона о чистом воздухе должно было привести к закрытию большей части предприятий. В итоге EPA стремится приспособить к реальности нереальные законы, а в ряде случаев просто саботирует их исполнение. Этот путь неперспективен, так как суды по искам общественности заставляют EPA принимать необходимые стандарты и правила. Dwyer рекомендовал судам принимать толкование природоохранных законов, которое дает им EPA, ибо это единственный способ сделать их работоспособными [3].

A. Alm [4] предлагал вместо комплексного природоохранительного контроля следующее:

- 1) EPA может и должно ввести стратегические приоритеты на основе оценки риска для здоровья населения и ОС;
- 2) EPA должно сконцентрировать свое внимание на решаемых задачах, заняться тем, что можно сделать в условиях ограниченных ресурсов;
- 3) *вместо нормирования загрязнения для достижения природоохранительных целей EPA должно переориентировать экономику в сторону сокращения производства энергии и отходов.*

Программы передачи информации обеспечивают более быстрое (хотя и менее точное, чем при регулятивном подходе) решение экологических проблем. A. Alm [4] призывал решать возникшие проблемы так, чтобы не создавать проблем в будущем. Новаторским подходом к решению проблем ОС он считал смешанную стратегию, которая сконцентрирована на приоритетах, базирующихся на оценке риска.

Новый этап государственной экологической политики США характеризуется также тенденцией к ее большей *децентрализации*. С самого нача-

ла ее осуществления федеральное законодательство отводило правительствам штатов и местным органам власти значительную роль. В частности, им предписывались функции установления некоторых нормативов на загрязнение воды, функции мониторинга, регулирования действующих источников загрязнения воздуха и т.д. Значительная часть полномочий и сейчас сосредоточена в руках EPA, поскольку остается много важных вопросов, требующих для своего решения централизованного подхода. Например, важная функция EPA – установление и контроль выполнения общенациональных *экологических нормативов*. При этом государство все шире использует экономические методы стимулирования природоохранной деятельности промышленных корпораций (предприятий), не отказываясь в то же время от административно-правового регулирования. Главный смысл предпринимаемых мер – отодвинуть на второй план политику жесткого наказания предприятий, не выполняющих экологические нормативы, сохраняя ее как главный инструмент воздействия только в отношении наиболее злостных нарушителей. *Следует отдать приоритет политике финансово-экономического поощрения предприятий, которые добиваются снижения объема вредных выбросов и отходов, предоставляя разнообразные компенсации их природоохранных затрат*. При этом уровень загрязнения ОС, достигаемый вследствие снижения вредного воздействия, определенное время может быть выше экологического норматива [2]. Практика показала, что усиливающийся переход от «кнута» к «прянику» дает позитивный результат.

В соответствии с требованиями природоохранного законодательства EPA сосредоточивает основное внимание на охране здоровья человека. Ученые считают, что в равной мере нужно заниматься и охраной экосистем. Здоровая экосистема – залог здоровья людей и процветания экономики. Подчеркивается *необходимость учета не только экономических, но и экологических соображений в процессе принятия политических решений*. Учитывать экологические проблемы необходимо при формировании энергетической, сельскохозяйственной и налоговой политики, планов развития транспорта и жилищного строительства, внешней политики. Для этого предлагается создание межведомственного форума, на котором можно было бы обсуждать вопросы *включения экологических критериев в процесс принятия решений*. Высказывается мнение, что *современная экономическая теория неадекватно учитывает экологические проблемы*. В этой связи EPA рекомендуется *разработать более совершенные методы оценки природных ресурсов и учета долгосрочных экологических последствий* [5].

11.1.2. Канада

По мнению канадцев, эффективная стратегия в вопросе охраны ОС предполагает выработку долговременных и устойчивых изменений в отно-

шении людей к проблеме охраны природы, а средства такой политики должны быть разумными и разнообразными. Правительству следует разрабатывать систему законодательных мер, а рыночные механизмы призваны воплощать их в жизнь.

Часто цитируемый принцип «платит тот, кто загрязняет» иллюзорен: ущерб от загрязнения, которое широко распространяется, превышает ту сумму, которую платит виновный. Главной, по мнению ведущих канадских специалистов, является информация о том, как многочисленны и сложны виды промышленного производства и какая в том или ином случае возникает угроза ОС и каждому продаваемому или перевозимому товару. Только увеличив каждую такую угрозу в несколько тысяч раз, каждый осознает реальную ситуацию, и его поведение постепенно изменится – скорее от внутренних побуждений, чем от силового давления [6].

Дискуссия между экологами и предпринимателями выявила непонимание теми и другими механизма действия экономических инструментов экополитики. Ведущие канадские специалисты рассматривают набор этих инструментов, включающий плату за выбросы, субсидирование борьбы с загрязнением, продажу прав на выбросы. Последнему экономисты отдают особое предпочтение. Однако подобные меры также вызывают возражение из-за их недопонимания, чередования успехов и неудач в их использовании или воинствующей морали, воплощенной в принципе «платит тот, кто загрязняет». В канадской природоохранной политике обращается внимание на оппозицию экологов и указывается также на недовольство деловых людей инструментами политики, ориентированной на рыночную систему. Во-первых, штраф рассматривается ими как дополнительный налог. Во-вторых, они часто ощущают несправедливость, если им приходится платить больше других виновников загрязнения, особенно когда конкуренты продолжают загрязнять ОС, в то время как они не делают этого [6].

Введение в 1990 году Национальной программы по энергетике показало бесплодность конфликта между федеральной властью и провинциями, не послужившего интересам ни одной из сторон. Необходимость сотрудничества в сфере охраны ОС очевидна: она вызывается большим количеством мест загрязнения, их географическим положением и степенью остроты ситуации. Кооперация между федеральным правительством и провинциями обусловлена также необходимостью проведения исследований и обработки огромного количества информации, нужной правительству для того, чтобы заложить основу выполнения функций регулирования и мониторинга. Наконец, интенсивное сотрудничество между федеральным правительством и провинциями должно быть налажено и потому, что, несмотря на *смещение акцента в 1990-х годах от командно-контрольной политики в сторону экономических мер, убеждения и воспитания*, еще остается широкое поле деятельности для различных инспекций и для оп-

ределения приоритетов среди отраслей промышленности или выявления различного риска загрязнений в каждой провинции.

Для повышения доверия общества к структурам, принимающим решения, нужно предоставить общественности возможность обсудить каждый проект с точки зрения его воздействия на ОС, провести консультации, исправить ошибки. Только тогда реально достичь разумного сочетания развития и экологии и понимания того, что означает термин «устойчивое развитие» применительно к конкретному проекту или ситуации. Другая причина, по которой не следует ускорять процесс принятия решений, заключается в необходимости выработки четкого механизма исполнения этих решений – штрафы, налоги, стандарты и т.п. Итак, процесс принятия решений за закрытыми дверями уходит в прошлое.

«Зеленый план» Канады провозгласил курс на такое решение природоохранных проблем, которое предполагает *изменение мировоззрения* в отношении ответственности за результаты деятельности во всех отраслях экономики Канады [7].

11.1.3. Страны Западной Европы

Общая природоохранная политика стран ЕЭС базируется на следующем:

- 1) схожести многих экологических проблем;
- 2) обязательности совместно принятых решений;
- 3) единых мерах борьбы с загрязнением в промышленности, сельском хозяйстве и на транспорте во всех странах Сообщества;
- 4) согласованной и единой позиции на международных переговорах [8].

Значительный прогресс в развитии общей природоохранной политики ЕЭС достигнут после 1972 года, когда была принята первая программа действий в области охраны ОС. Первоначально эта программа была направлена только на борьбу с загрязнением ОС, но со временем она эволюционировала в сторону расширения круга задач, превентивных действий и реализации глобальной стратегии. Для решения конкретных природоохранных задач было принято более 100 директив ЕЭС. В начале 1990-х годов была утверждена четвертая программа природоохранных действий ЕЭС, в соответствии с которой экологические проблемы признаются центральными во всей системе действий Сообщества [8, 9]. На заключительном заседании I Европейской конференции по ОС и здоровью (1989 год) была принята Хартия, которая отражает все основные концепции Всемирной хартии по ОС и развитию [9].

В странах ЕЭС также наметился переход от отраслевого, покомпонентного принципа охраны ОС к комплексному. Примерами такого комплексного подхода могут служить принятые в ФРГ и Австрии программы по спасению лесов от губительного для них загрязнения атмосферы и химических дождей. Борьба с кислотными дождями – одна из приоритетных проб-

лем в странах Западной Европы, которые подписали Протокол о сокращении выбросов серы и трансграничных потоков на 30%, вступивший в силу в сентябре 1987 года. Другие приоритеты европейских стран в области охраны ОС – ограничение токсичности отработавших газов автомобильных двигателей внутреннего сгорания путем установки каталитических нейтрализаторов, перевод автомобильного транспорта на неэтилированный бензин, удаление опасных отходов, охрана поверхностных и подземных вод, сохранение исчезающих видов.

От ликвидации последствий загрязнения европейские страны в своей экологической политике переходят к его предупреждению. Как в США и Канаде, задачи охраны ОС учитываются в планах социального развития и в процессе принятия решений. В Швеции и Великобритании *основным инструментом предотвращения загрязнения является планирование землепользования*, а важным средством учета природоохранных требований в процессе принятия решений служит экологическая экспертиза в соответствии с принятой в 1985 году Директивой ЕЭС № 337 об экологической экспертизе (вступила в силу в 1988 году).

В странах Европы принимаются стандарты качества ОС (нормы ПДК) и нормируется загрязнение воздуха (нормы ПДВ). В ряде западноевропейских государств была поставлена задача снизить к началу 1990-х годов суммарные выбросы SO_2 , NO_x , CO, твердых частиц, фотохимических оксидантов и свинца. Определены средне- и долгосрочные цели в области снижения загрязнения рек и эстуариев.

Введены и ужесточены стандарты качества воздуха, что потребовало принятия положений о снижении выбросов от автомобилей и мелких электростанций. Нормируются содержание свинца в бензине, серы в нефтетопливе, выбросы CO, HC, и NO_x от автомобилей, уровни промышленного и автотранспортного шума. В ряде европейских стран (Швеции, Норвегии) стандарты качества ОС не носят обязательного характера. В Великобритании нормы ПДК и ПДВ в области охраны атмосферного воздуха отсутствовали до 1987 года, когда было принято решение правительства об их введении.

Вводятся стандарты качества воды. Распространено *ранжирование водоемов по категориям водопользования*, в меньшей степени – ранжирование загрязняющих воду веществ по степени их вредности для человека.

Действуют или разрабатываются стандарты по ограничению сброса сточных вод в водные объекты и систему городской канализации, по снижению содержания ЗВ в проточных водах, фосфатов в моющих средствах, ограничению применения органических и минеральных удобрений. В целом стандарты качества ОС в странах ЕЭС ориентированы на источник выбросов (сбросов) ЗВ, а основными критериями нормотворчества служат охрана здоровья человека и охрана ОС. Получают распространение подходы, основанные на учете экономических и технологических факторов,

например на применении лучшей из имеющихся и экономически доступных технологий очистки, как это принято в США.

Принцип «платит тот, кто загрязняет» объявлен в странах ЕЭС основным инструментом стимулирования природоохранной деятельности. Однако на практике, как это признается в четвертой программе действий ЕЭС в области ОС, государство берет на себя значительную часть расходов промышленных компаний на борьбу с загрязнением. Государство оказывает финансовую помощь в природоохранных мероприятиях в форме низкопроцентных ссуд, кредитов, премий на природоохранные инвестиции, оплаты экспортных пошлин. Широко распространен, как и в США, режим ускоренной амортизации очистного оборудования. Государство финансирует природоохранные исследования, разработки безотходных и малоотходных технологий, строительство и реконструкцию предприятий по переработке отходов, меры по повторному использованию отходов. Как и в США, строительство муниципальных станций водоочистки в западноевропейских странах финансируется государством.

Широко распространены налоги на загрязнение, особенно на сброс сточных вод и водоподготовку (в Великобритании, ФРГ, Нидерландах и др.). За счет собираемых средств финансируется природоохранная деятельность через государственный или местный бюджет. Налоги, например, покрывают 35% расходов Министерства жилищного строительства, территориального планирования и окружающей среды Нидерландов. Ныне действующую систему налогов в Нидерландах планируется заменить единым налогом на топливо. Действуют штрафы и другие ограничения и санкции за загрязнение. Введена залоговая стоимость тары из-под напитков, возвращаемая покупателю при сдаче тары (бутылок) в пункт их приема. Принцип введения залоговой стоимости предполагается распространить на ртутные и кадмиевые батареи.

Альтернативой платы за загрязнение является создание рынков излишков сокращения выбросов. На них предприятия, сумевшие сократить уровень выбросов ниже нормы, могут продавать права на загрязнение нуждающимся в этом производствам. Эта мера стимулирует достижение оптимального уровня сокращения выбросов при постоянном объеме капиталовложений [2].

11.1.4. Япония

Экологическое движение в Японии развивалось в несколько этапов. Первый из них, начавшийся еще до Второй мировой войны, был связан с борьбой против профессиональных заболеваний, выступлениями за сохранение фауны путем ограничения охоты. Следующий этап (1960–1970-е годы) ознаменовался протестами против растущего загрязнения ОС и характеризовался бурным экономическим ростом и урбанизацией. *Третий этап был связан с глобализацией экологического мышления, пре-*

одолением нефтяного кризиса и последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Обозначилась тенденция воспринимать экологические проблемы через призму космологии.

С точки зрения французского ученого Р.Прюдома, в природоохранной политике Японии присутствуют три основных аспекта (цит. по [1]).

1. Расширение сферы экологического регулирования, выходящей за традиционные рамки простой охраны природы; в частности, активизация охраны среды в населенных пунктах. В данном случае общественность исходит из того, что охрана экологических условий обитания горожан – более важная в социальном аспекте задача, чем охрана природы, так как большую часть жизни горожане проводят не на природе, а в учреждениях, на улице и дома. *И если нельзя обеспечить нормальные условия обитания там, где человек проводит большую часть жизни, то нет необходимости охранять природу.* В работе [10] указано на популярность в Японии концепции *экополиса*. Крупные японские города оцениваются с точки зрения перспектив их экологического состояния: наличие зеленых зон, парков, незастроенных территорий, инфраструктурных сооружений. С этой точки зрения в Японии рассматривается система городского планирования.

2. Переориентация природопользования в сторону создания «общества экономии природных ресурсов», в котором ресурсы будут использоваться экономно и многократно.

3. Внедрение новых средств природоохранного регулирования – таких, как экономическая заинтересованность фирм в охране ОС, налоги на загрязнителей, экологическая экспертиза хозяйственных проектов, планирование землепользования.

В 1990 году сотрудники государственного природоохранного ведомства Японии выпустили книгу «Политэкономия глобальной экосистемы». Основные вопросы, затронутые в ней: экологический кризис и роль Японии в нем; ОС и экономическая наука (в частности, экономические методы решения экологических проблем); создание удобной для Земли социально-экономической структуры [11]. Оценка воздействия на ОС проведена по следующим параметрам: уровень благоустройства ОС; загрязнение транспортными средствами; качество вод; отходы; токсичные вещества; природоохранная деятельность и участие в ней населения [12].

11.2. Экономика против экологии

В 1997 году немецкий ученый-эколог О. Кинне в небольшой работе [13] систематически изложил ряд революционных идей о взаимоотношениях человеческого общества и природы, которые в то время буквально «витали в воздухе» и в разной степени детальности и доступности были рассеяны по многочисленным, часто малоизвестным, публикациям. Ниже мы излагаем эти идеи, не делая особых акцентов на источники, поскольку

к авторству причастны многие выдающиеся экологи XX века, упомянутые нами в гл. 1 в связи со ссылками на сами идеи (см., например, [14–16]).

11.2.1. Экология: человек и природа

Основное условие продолжения жизни экосистем всех рангов – сохранение базовых структурных характеристик экосистемы. Эволюция живого проходит по жестким законам жизни экосистемы: жестокая конкуренция; необходимость и неизбежность включения в природные потоки энергии и круговорота веществ; обеспечение условий устойчивости (достижение возможного развития и разнообразия, саморегулирование, устойчивые межвидовые связи); подавление (вплоть до элиминации) видов – нарушителей законов. Эти законы закреплены в генетических программах человека [13]. Основной вывод должен быть таким: *Человек существует внутри, а не вне природы.*

По мнению О. Кинне, следует обозначить пять видов человеческого вмешательства в экологические процессы [13]:

- упрощение экосистем и разрыв биологических циклов;
- концентрация рассеянной энергии в виде теплового загрязнения и рост отходов человеческой деятельности;
- рост ядовитых отходов от химических производств;
- введение в экосистему новых видов;
- появление генетических изменений в растениях и животных организмах.

Биологическая эволюция, обусловленная необходимостью адаптации к изменениям внешней среды, бессильна в условиях быстрой антропогенной трансформации природной среды из-за несопоставимости темпов адаптации (сотни, тысячи и миллионы лет) и антропогенной трансформации природной среды (годы и десятки лет).

Генетические программы вида *Homo sapiens* в итоге технологической эволюции привели к драматическим противоречиям между целями *Homo sapiens* как вида и реальными результатами его жизнедеятельности. Благодаря свойству разумной деятельности человечество проявляет себя как неограниченно растущая система типа раковой опухоли, хотя и структурировано по иному принципу [14]. По этим причинам вид *Homo sapiens* должен исчезнуть как нарушитель двух фундаментальных законов биологических систем [13]:

- *устойчивость природных энергетических потоков и циклов круговорота веществ;*
- *наличие пределов устойчивого существования видов и экосистем.*

Еще в начале 1970-х годов на основе моделирования глобальных процессов в экономике, социальной сфере и экологии было показано, что «сжатие» шагреновой кожи природы заставляет сначала экономить, а затем снизить потребности человечества до пределов, диктуемых ограни-

чениями невозобновляемых (исчерпаемых) и возобновляемых ресурсов, а также ограничениями устойчивости эко- и геосистем планеты [15].

Уместно вновь (после гл. 1) сослаться на Ф. Сен-Марка: «Мы вступили в "век природы" – новую эпоху, когда дефицит и непрочность природного пространства становятся самой драматичной проблемой для будущего человека и его выживания. Наступает исторический поворот в отношениях противоборства между двумя живыми системами – миром человека и миром природы» [16].

Глубокий разрыв между человеком и природой – логическое следствие традиционной концепции прогресса.

11.2.2. Экономика: без человека и без природы

Основные составляющие мировой социально-экономической системы – численность населения, производство продуктов питания, индустриализация, загрязнение окружающей среды и потребление природных ресурсов – подвержены экспоненциальному росту. Характерная психологическая особенность экспоненциального роста (в отличие от линейного) – внезапность наступления кризисных или катастрофических последствий, т.е. *внезапность потери контроля над ситуацией*. Пределы экономического роста определяются в итоге ограниченностью мировых запасов физических ресурсов: пахотных земель, минерального сырья, природных вод, атмосферы, океана и т.п. [15].

Промышленные отходы, выбросы и сбросы ЗВ – основные факторы воздействия на окружающую среду. Превышение пределов загрязнения ОС при неограниченном росте экономики приводит к необратимым нарушениям баланса экономики и экологии. Следствием этого будет так называемый неэкономический рост, при котором издержки (прямые и косвенные ущербы, связанные с деградацией ОС) растут быстрее прибыли и продолжение роста физических объемов производства будет приводить к обнищанию общества. Пример – экономика бывшего СССР.

Авторы монографии [17] выделяют четыре угрозы окружающей среде в глобальном масштабе в связи с ростом промышленных и бытовых отходов:

- рассеяние токсичных веществ;
- закисление поверхностных водоемов и деградация лесов вследствие эмиссии оксидов серы и азота от ТЭС на органическом топливе, металлургических предприятий и т.п.;
- загрязнение верхних слоев атмосферы устойчивыми соединениями хлора и фтора;
- выбросы парниковых газов.

В экономике действует суровое правило: то, что не имеет цены или экономической оценки, не существует для экономики и игнорируется в процессе принятия решений. Согласно этому правилу, в процессе экономического развития *экологические* соображения неизбежно и закономерно

но игнорируются по чисто «экономическим» соображениям: отсутствие цены, адекватных стоимостных оценок экологических ущербов и выгод от сохранения чистой ОС и поддержания экосистемных функций; недоучет экстерналий (внешних) издержек. Это закон рыночной экономики, который, к сожалению, присущ ей как на практике, так и в теории (так называемые провалы рынка).

Один из наиболее глубоких внутренних пороков традиционной экономики состоит в том, что рыночные механизмы управляются исключительно короткопериодными обратными связями (до 10–20 лет) и совершенно нечувствительны к долгопериодным сигналам (десятки и сотни лет). Это означает, что заболеваемость и смертность населения от загрязнения ОС, деградация природы, истощение природных ресурсов, различные экологические ущербы просто не учитываются в процессе принятия хозяйственных решений, разработки программ и планов развития страны и регионов [18]. В общественное сознание постепенно проникает понимание того, что природоохранная деятельность, направленная в основном на защиту природной среды, без коренного изменения мировоззрения потребительского общества, без ограничения основанного на нем типа расширенного воспроизводства и соответственно без изъятия природных ресурсов не в состоянии остановить глобальную экологическую катастрофу.

Таким образом, *экономические и экологические интересы общества противоречивы в своей основе*. Единственный выход из веками складывавшихся противоречий между экономикой и экологией – изменить соотношение в приоритетах, найти оптимальное (по критериям устойчивого развития) сочетание экономических и экологических интересов, в котором экологические интересы должны превалировать.

11.3. Философия устойчивого развития: от антропоцентризма к экоцентризму

11.3.1. Устойчивое развитие: экология и качество жизни

В 1960-е годы начался резкий перелом во взглядах передовых ученых и мыслителей на проблемы взаимоотношений человеческого общества и природы. Прежние модели научного мышления в этой сфере рассматривали биосферу, человеческое общество и собственно человека как отдельные объекты исследований соответственно в биологии (естественные науки), социологии и экономике (общественные, «гуманитарные» науки) и в социологии и медицине (общественные и естественные науки). Такая (по существу ошибочная) методология изолированного рассмотрения биосферы, общества и человека не давала и в принципе не могла дать положительных результатов в попытках подойти к разрешению глубоких противоречий между экспоненциальным развитием человеческого общества (рост народонаселения, материального производства, потребления и т.п.)

и истощением природных ресурсов, разрушением природы как естественной среды обитания человека.

Новый стиль мышления вырабатывался на основе коренной перестройки модели мира: все три блока глобальной системы «биосфера – общество – человек» Н.Ф. Реймерс предлагал рассматривать как подсистемы, глубоко интегрированные в единую социозэкологическую («биоэкономическую») систему мира. В этой системе экономика и экология могут и должны рассматриваться наукой как разделы одной области знания – с общими объектами исследования, общими целями устойчивого развития системы мира и соответственно общими задачами решения современных кризисных проблем. Эту область знания и исследования Н.Ф. Реймерс назвал *экологией* [14].

По мнению А. Урсула [19], определение понятия устойчивого развития объединяет два основных признака – антропоцентрический и биосфероцентрический (в нашей терминологии – эоцентрический, см. п. 7.1). Под первым признаком понимается возможность выживания человечества и способность его дальнейшего постоянного поддерживаемого развития. Биосфероцентрический (эоцентрический) признак означает сохранение биосферы как естественной основы жизни на Земле и ее естественной эволюции. Переход к стратегии устойчивого развития означает постепенное обеспечение целенаправленной системной самоорганизации общества во всех основных сферах деятельности. В этом смысле устойчивое развитие должно характеризоваться как минимум тремя критериями – экономической эффективностью, экологической безопасностью и социальной справедливостью. Перечень принципов устойчивого развития начинается с того, что каждый человек имеет право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой, на жизнь в экологически чистой и благоприятной среде.

С научной точки зрения идея устойчивого развития пока не представляется достаточно аргументированной, являя собой скорее мировоззренческую концепцию (и гипотезу) возможного в будущем развития общества и его коэволюции с природой. Пока лишь немногочисленные научные теории участвуют в обосновании концепции устойчивого развития и среди них – теория биологической регуляции и стабилизации окружающей среды. По оценке А. Урсула, обеспечение природной устойчивости биосферы возможно лишь при снижении всеми возможными средствами антропогенной нагрузки на биосферу почти на порядок [19].

В концептуальном «Докладе Брундтланд» [20] эта идея впервые прозвучала как выражение наиболее передовых взглядов мирового научного сообщества: «...Экология отвечает не только за защиту природы, а экономика – не только за благосостояние»; обе они в равной степени ответственны за судьбу человечества. Таким образом, для гармонизации взаимодействия общества с природой требуется объектив-

ная оценка последствий влияния человека на окружающую среду в двух базовых взаимосвязанных параметрах – экологическом и экономическом.

По мнению авторов последнего издания «Пределов роста» [21], когда обсуждается будущее человечества на планете Земля, полезно определить два понятия: благосостояние человека и экологическая нагрузка. Они описывают соответственно качество жизни среднестатистического жителя планеты, включая материальные и нематериальные составляющие, и суммарное воздействие (нагрузку) от населения на окружающую среду и на мировой запас ресурсов. В «Пределах роста» приведены несколько примеров показателей благосостояния человека, начиная с самого простого – ВВП на душу населения, который имеет большие недостатки. В качестве показателя благосостояния человека авторы «Пределов роста» [21] выбрали «индекс человеческого развития», используемый Программой ООН по развитию. В 2001 году Программа дала следующее определение этому показателю, который отражает средние достижения в стране по трем основным направлениям человеческого развития:

1) продолжительность жизни (ожидаемая на момент рождения) и здоровье населения;

2) образование. Составляющие параметра – доля грамотных во взрослом населении (с весовым коэффициентом 2/3) и доля населения со средним и высшим образованием (с весовым коэффициентом 1/3);

3) материальный уровень жизни. Учитывается в виде ВВП на душу населения с поправкой на курс доллара.

Программа ООН по развитию рассчитывает индекс развития человеческого потенциала как среднее арифметическое перечисленных трех составляющих развития. Позднее в модели World3 был принят «показатель благосостояния человека», близкий по определению к прежнему индексу человеческого развития. Показатель благосостояния возрастает с 0,2 (уровень 1900 года) до 0,7 (уровень 2000 года) [21].

Таким образом, концепция экономического роста, определяющая этот рост как панацею от всех бед, должна быть заменена гуманной концепцией социально-экономического прогресса, измеряемого в терминах качества жизни. Эта концепция трансформировалась в наше время в концепцию устойчивого развития как императив современной цивилизации, которому нет альтернативы.

11.3.2. Единая социо-эколого-экономическая система.

Экономика должна выйти за пределы цепочки «товар – деньги – товар» в область «природная система – природные ресурсы – товар – деньги – воспроизводство природных систем». Следует изменить научную методологию в направлении перехода на системное рассмотрение проблем экологии и экономики, как взаимосвязанных частей (подсистем знания)

единой социо-эколого-экономической системы. Период неконтролируемого взаимодействия биосферы и человечества неминуемо должен закончиться. Ему на смену приходит период планового глобального хозяйства, целенаправленного управления социо-экологической системой, регулируемого развития на основе трехмерного – социологического, экологического и экономического – системного анализа [22].

Переход к устойчивому развитию делает необходимым включение экологического фактора в систему основных социально-экономических показателей развития. Традиционные макропоказатели (ВВП, ВНП, национальный доход и пр.) не отражают экологическую ситуацию, и за их ростом может скрываться экологическая деградация. В гл. 5 (п. 5.6) на примере России были показаны результаты применения методологии учета ущерба от загрязнения среды и истощения природных ресурсов на макроэкономическом уровне с использованием так называемого показателя истинных сбережений. В работе [18] было показано, что истощение природного капитала не компенсируется ростом физического и человеческого капиталов и совокупный капитал общества уменьшается во времени. В той же работе [18] приведен другой пример эколого-экономического учета на макроуровне ущерба для здоровья от загрязнения окружающей среды. Такая оценка была сделана Бобылевым, Авалиани и др. (2000 год) на основе используемой в мире методологии оценки ущерба для здоровья. На основе российских данных и оценки риска для России по этой методологии были произведены экспертные расчеты издержек для здоровья, вызванных загрязнением воздуха и воды. Приближенные оценки этих издержек составляют от 3 до 6% ВВП. Полученные оценки потерь здоровья населения от загрязнения в России сопоставимы с аналогичными оценками для западных стран или превышают их. Например, для европейских стран ущерб для здоровья от загрязнения среды на макроуровне достигает до 3–5% ВВП [18].

В конце 1980-х годов возникла дискуссионная идея «экологического фундамента» развития общества: рассмотрение экологического равновесия в категории «товара», стоимость которого возникает из прямых затрат на охрану природной среды и косвенных издержек общества, связанных с отказом от перспективных в экономическом плане, но пагубных в экологическом отношении проектов. При этом эффект от применения подобной методологии синтеза экологии и экономики общество будет вынуждено оценивать в экономических категориях, т.е. в деньгах, что порождает серьезные трудности при количественной оценке социальных преимуществ или потерь в долгосрочной перспективе. Так, на примере Швейцарии было показано, что природный ландшафт не может быть приравнен к товару, так как его сохранение и восстановление должно проводиться в интересах всего общества [23] (цит. по [14]).

11.3.3. Философия, культура и экоэтика

Как это часто бывает, новое – хорошо забытое старое. Традиционная трактовка развития цивилизации как пути человека к власти над природой подвергалась критике великими мыслителями XIX–XX веков, которые прямо указывали на первые признаки наступающего системного кризиса европейской цивилизации. Предметом анализа Шопенгауэра, Ницше, Хайдеггера, Витгенштейна, Ясперса и других выдающихся философов была прежде всего культура в ее историческом развитии. Именно культура суммирует исторические изменения фундаментальных отношений человека и мира и наиболее чутко реагирует на них. Основанием для вывода о кризисе европейской культуры и духовных ценностей в эпоху индустриализации и рыночной экономики стали реальные изменения в мировоззрении индустриального общества, отразившие начало перехода биосферы в новую фазу развития – *социоприродную систему* (СПС) [24].

Крушение традиционной картины мира, моделируемой как «Человек и Природа», философ и историк естествознания Б.И. Козлов сравнивает с «копернианским переворотом» во взглядах на устройство Солнечной системы» [24]. Ускоренная «технизация» («преобразование») природы, по мнению Б.И. Козлова, не только изменяет отношение природного и искусственного в ее структуре (о чем у нас шла речь в п. 3.3 в связи с проблемой ограничения антропогенного пресса), но и угрожает трансформацией *Homo sapiens* в качественно новый продукт превращаемой в техносферу СПС – нечто вроде *Homo techniques*. Эта угроза приводит нас к глубоким сомнениям в прочности общих оснований принятой мировым сообществом стратегии перехода к устойчивому развитию и в эффективности основанных на ней программ практической деятельности. Эти сомнения были выражены нами в п. 1.5.2 в форме «проклятых» неопределенностей в терминах и понятиях, на которых базируется концепция устойчивого развития.

Но главная философская, мировоззренческая проблема, по мнению большинства аналитиков, состоит в необходимости и неизбежности коренного изменения парадигмы индустриального общества – представления о неограниченном росте уровня и объемов потребления («сверхпотребления») в индустриальном обществе как о цели и смысле жизни. На фатальные последствия этой парадигмы для будущего человечества указывали авторы первого всеобъемлющего анализа пределов роста [15] (см. п. 1.1.1).

В конце XX века в умах ведущих экологов утверждается мысль о том, что *многие экологические проблемы представляют по своей сути этические проблемы*. Мораль и нравственность вслед за фундаментальными законами природы включаются в систему действенных регуляторов не только человеческого познания, но и всех процессов в СПС [24]. Участники Байкальской международной конференции ЮНЕСКО «Экологическая этика и образование для устойчивого развития» (2006 год) отмечают в «Резо-

люции конференции»: «...Нарастающие экологические трудности не могут быть решены одними хозяйственными или технико-технологическими методами, необходимо преобразование всей системы общественных отношений – прежде всего образа жизни людей – на принципах экологической этики» [25]. В природоохранных исследованиях все больше внимания уделяется направлениям интеграции экологической науки, права и этики: выяснить отличия этических вопросов от научных и правовых; осознать, что не все научные описания природы нейтральны к внутренней ценности; осмыслить этические вопросы, возникающие в процессе природоохранных действий и решений в условиях научной неопределенности.

Налицо тенденция к росту наукоемкости производства, в XXI веке научное сообщество становится ключевой социальной группой, обеспечивающей переход человечества, его экономики и культуры в новую фазу развития – постиндустриальную эпоху. В этой связи тезис К. Маркса о превращении науки в непосредственную производительную силу общества (который он не успел довести до ясной концепции и который долгие годы вводил в немалое смущение и теоретиков и адептов марксизма) приобретает в наше время все более осязаемое содержание. Все большее число аналитиков, экономистов и управленцев начинают понимать пагубность жесткого разграничения контуров управления фундаментальными и прикладными исследованиями – прежде всего в отношении кооперации гуманитарных и общественных наук с естественными науками в решении фундаментальной проблемы гармонизации общества и природы [24]. К аналогичному выводу мы пришли при анализе проблемы «проклятых» неопределенностей в таких широко используемых понятиях, как «человеческие потребности, качество жизни», «оптимальное (справедливое) распределение благ» и др. (см. п. 1.5.2).

По мнению Б.И. Козлова, все известные прогнозы будущего земной цивилизации – от ноосферы (Руа, Шарден, Вернадский) до глобальных трансформаций – в пределе ведут либо к экологическому коллапсу, либо к трансформации биосферы в техносферу, мегамашину. На этом фоне привлекателен сценарий перехода социально-экономического уклада техногенной цивилизации в новую историческую фазу – *экологический социализм*, в основу которого должен быть положен отказ от представлений о сверхпотреблении материальных благ как о цели и смысле жизни. Понятно, что такой революционный поворот в сознании человека может произойти через новые представления о благе и совести, через «нравственный закон внутри нас» как единственный достойный человека эффективный регулятор жизнедеятельности [24].

Таким образом, *этический принцип* представляется нам основополагающим на пути гармонизации природы и общества. Этот тезис почти 20 лет назад выдвинул Отто Кинне, который сформулировал шесть основных положений (целей) *экоэтики* [13]:

I. Восстановление соответствия между круговоротом веществ в индустриальном обществе и нормами (закономерностями) обмена веществ в природе.

II. Охрана природной среды от деятельности человека.

III. Совмещение морально-этических принципов управления деятельностью в области экологии и базовых принципов построения и регулирования экономики.

IV. Укрощение животных инстинктов, возвращение к нормам и идеалам человеческой (христианской) морали.

V. Радикальный пересмотр роли вида *Homo sapiens* в биосфере (отрицание антропоцентризма и антропоэгоизма).

VI. Если ответ на сформулированные выше цели будет «нет», человечество исчезнет.

Как видно, изложенные выше представления Б.И. Козлова почти в точности соответствуют III и IV принципам Кинне. Воистину, идеи витают в воздухе!

Оценка последствий антропогенного воздействия на природные системы зависит как от ценности природной системы для общества либо биосферы в целом, так и от степени вовлечения данной системы в хозяйственную деятельность (см. п. 2.2). Концепция классификации природных систем по этим критериям не получила сколько-нибудь заметного развития по причине принципиальных трудностей, на которые имеет смысл вновь указать в обсуждаемом контексте экоэтики.

Во-первых, не разработаны подходы к *количественному выражению (идентификации)* категорий и понятий (в их числе – все те же «проклятые» неопределенности), на которых основаны критерии оценки экосистем. Утешает мнение Н.Н. Марфенина (из предисловия к ежегоднику «Россия в окружающем мире», 2009 год): «Парадигма устойчивого развития – яркий пример современной саморазвивающейся понятийной системы, в которой *детализация сути происходит с некоторым запаздыванием относительно формулировки конечной цели*. Иными словами, сначала определяется рамочная концепция, а затем в ее пределах проясняются детали. Этот подход стал руководящим методом в современных мегапроектах».

Во-вторых, отсутствуют внятные и общепризнанные ответы на вопросы, от которых зависит решение фундаментальной проблемы отношений человека и биосферы (см. п. 2.2.3):

– Каковы пределы отклонений параметров природной экосистемы, за которыми экосистема переходит на качественно новый (как правило, более «низкий») уровень? (Н.Ф. Реймерс: «Никто не знает пределов надежности конкретных природных систем, их буферности и инерционности» [14].)

– Какие изменения окружающего мира будут для нас приемлемыми/неприемлемыми?

В практическом смысле ответы на эти вопросы должны дать прочную научную основу для решения глобальных проблем в сфере так называемого экологического нормирования, ограничения «антропогенного воздействия» и т.п.

Как отмечалось в п. 3.1, в методологии оценки состояния природных систем должна произойти радикальная смена подходов: *жесткие критерии оценки состояния экосистем (экологические нормы, стандарты) должны уступить место директивам (методическим указаниям) относительно способов (методологии) оценки состояния экосистем*. Этот подход уже нашел отражение в концептуальных определениях понятий, которыми оперирует Закон РФ «Об охране окружающей среды» [26]: *прослеживается дифференцированный подход к оценке качества окружающей среды для разных категорий природных объектов; основным критерием благополучия служит «устойчивое функционирование»*.

Принятые в Законе [26] формулировки основных понятий обладают тем интересным свойством, что на их основе практически невозможно провести четкую границу между «хорошими» и «плохими» условиями существования экосистемы. На наш взгляд, это совсем не случайная оплошность составителей Закона. Аналогичная ситуация присутствует и в системе человеческой этики, где всегда существует «серая зона» между добром и злом, если суждение основывается на субъективном мнении и здравом смысле, а не на законе. Игнорирование этого всеобщего свойства «природы вещей» в области защиты ОС приводит к неэффективной политике и практике применения жестких границ (критериев, стандартов, норм, пределов и т.п.), совершенно не соответствующих реалиям живой природы.

Устойчивая историческая парадигма человеческого общества – приспособить окружающую среду к собственным нуждам. Каждый человек стремится сохранить и по возможности расширить среду своего обитания, а в целом человечество действует уничтожающе разрушительно. Подобная идеология неизменно порождает краткосрочную политику в области природопользования, что имело и имеет последствиями долгосрочные изменения природной среды – как правило, негативные. Первым шагом в преодолении нежелательных и опасных изменений природной среды должно быть *определение тех конечных целей, на которых необходимо строить стратегию отношений общества с природой*.

Философ и публицист Михаил Маяцкий посвятил новую книгу-эссе переменам, которые на наших глазах происходят в Европе, где на смену индустриальной эре пришла эпоха, названная автором «курортной». Свободное время, «забота о себе» и культ туризма – вот те новые ценности европейцев, что пришли на смену трудовой этике классического капитализма и грозят превратить Европу одновременно в огромный музей и санаторий. Тяжелый созидательный труд сменился «напряженным, изнурительным потреблением». Это тоже большая работа. Европа, пишет Маяц-

кий, «являет собой огромный и уникальный кампус». Здесь воплощается мечта о единой науке, в которой сольются все «бесполезные» дисциплины – от филологии до истории. Материальный продукт производят иммигранты, обитатели третьего мира. Здесь сформировалась специфическая прослойка «беззаботных безработных» – тех, кто сознательно живет вразрез с трудовой логикой. Итог – обилие маргиналов, лиц с размытой профессиональной идентичностью, люмпен-интеллектуалов [27].

Основным выводом из нашего краткого обзора передовых философских идей может служить тезис О. Кинне: парадигма новых отношений общества и биосферы должна быть основана не только на чисто рациональных утилитарных интересах (сохранение возобновляемых ресурсов, генофонда животных и растений, их возможного использования в хозяйственных целях и т.п.), но и в той же степени на *иррациональных эстетических и этических императивах* [13]. Но как избежать тысячелетнего антагонизма целей, философии, методологии и т.п. между экономикой и сохранением природной среды («экологией»)?

11.3.4. Экоэтика и экономика – «эконэтика»

Неоспоримая истина: экономическое (и любое другое) развитие человечества возможно только за счет постепенного разрушения природной среды [13].

Основные принципы жизнедеятельности экосистем – нелинейные и циклические.

Экономика – изначально неустойчивая система, в ее принципах заложен экспоненциальный рост и соответственно самоуничтожение.

О. Кинне выдвигает фундаментальный тезис: в соответствии с изложенным выше (см. п. 11.3.3) III положением экоэтики (совмещение морально-этических принципов управления деятельностью в области экологии и базовых принципов построения и регулирования экономики) *противоречие принципов экономики принципам экологии требует радикального пересмотра принципов экономики*. Принципы экономической этики (*эконэтики*) должны обеспечить обуздание беспощадной эксплуатации природы и сохранение существующего состояния биосферы:

- приближение к природным круговоротам веществ, необходимость замены парадигмы линейного истощения ресурсов на парадигму рециклинга (вторичная утилизация);

- приоритетное научное направление – изучение природных циклов веществ для коренной реконструкции схем использования ресурсов в экономике и обществе;

- последовательное снижение антропогенного воздействия на природные экосистемы;

- установление «пределов роста» основных параметров человеческого общества: численности населения, уровня потребления, площади

селитебных территорий, уровня изъятия невозобновляемых ресурсов и т.п. [13].

Другой фундаментальный вывод О. Кинне: в отличие от предшествующего периода социально-экономического развития, *сегодня экология должна определять направление экономического развития.*

11.4. Условия устойчивости потребления природных ресурсов

11.4.1. Исходные положения

Экономика, основанная на принципах экстенсивного воспроизводства, неограниченного потребления и изъятия возобновляемых и невозобновляемых (исчерпаемых) ресурсов, всегда противостояла принципам сохранения природы. Этот вывод имеет силу закона природы, поскольку он следует из второго закона термодинамики применительно к процессам потребления (рассеяния) вещества и энергии (т.е. природных ресурсов) для обеспечения экономических потребностей человека.

Н.Ф. Реймерс сделал замечание, имеющее силу эволюционного закона: *«Любая (неограниченно растущая) открытая система может развиваться только за счет деструкции окружающей среды. Как следствие экономическое (и любое другое) развитие человечества возможно при непременном условии разрушения окружающей его природы, т.е. ускорения естественных темпов роста энтропии экосистем всех рангов».* На этом фоне отдельные всплески негэнтропии в краткосрочном масштабе времени – лишь флуктуации общего долгосрочного (вечного) стремления живых систем к достижению максимума энтропии. Пока развитие антропосистемы неизбежно разрушает природную среду, можно рассчитывать лишь на относительно кратковременные (в историческом масштабе времени) негэнтропийные успехи. Таким образом, основной и очевидный принцип регулирования природных ресурсов – ограничения в природопользовании. Необходимость следования этому принципу обычно не осознается вплоть до того момента, когда стоимость природного ресурса возрастает выше предела рентабельности (выгодности) его эксплуатации [14].

Проблема соотношения экологического и экономического развития в теории устойчивого развития широко обсуждается в современной литературе. По степени превалирования экологических критериев над экономическими все подходы можно разделить на три основных [28].

- Человек разумный не должен ориентироваться только на экономическую рациональность, ему следует больше обращать внимание на блага общего пользования.

- Новый подход к экономическому развитию требует воспроизводства самой экономической системы и всех ее составляющих на устойчивой основе.

• Со временем экономическое развитие должно становиться все более нейтральным по отношению к окружающей среде, воздействие на нее необходимо свести к минимуму.

Д. Пиркс и К. Тернер, давая такую классификацию подходов, подразделяют ученых, которые их придерживаются, на две большие группы: техноцентриков и экоцентриков. Если первые настаивают на необходимости как можно меньше ограничивать свободное развитие рынка, то вторые убеждены в необходимости сохранять природу в ущерб развитию производства.

Подробно проблема роста стоимости ресурсов рассматривается в последнем издании «Пределов роста» [21] – одном из наиболее глубоких системных исследований современных тенденций эволюции экономики и общества. Авторы исследования «пришли к очевидному заключению, что сочетание усиления эксплуатации возобновляемых источников (*ресурсов*), истощения невозобновляемых источников и переполнения стоков (*отходов и рассеянной энергии*) медленно, но верно приведет к увеличению энергии и капитала, необходимых для поддержания количества и качества материальных потоков, нужных для функционирования экономики... Постепенно эти затраты станут настолько большими, что дальнейший рост промышленности поддерживать не удастся... начнется спад экономики» [21, с. 78].

Уже упоминавшийся в гл. 1 экономист Х. Дэли (H. Daly) предложил три простых правила, которые позволяют определить пределы устойчивости для потоков ресурсов (сырья) и энергии [29] (цит. по [21]):

1) для возобновляемых ресурсов устойчивая интенсивность использования не может превышать темпов восстановления ресурса. Пример: устойчивый вылов рыбы обеспечивается непревышением улова естественного возобновления биомассы;

2) для невозобновляемых ресурсов устойчивая интенсивность потребления не может превышать скорость, с которой для замещения невозобновляемого ресурса может использоваться другой, возобновляемый ресурс. Пример: устойчивое потребление исчерпаемых запасов ископаемого топлива (нефть, газ) может быть обеспечено при условии, что часть доходов от этого будет систематически направляться на развитие возобновляемых источников энергии (ветрогенераторы, биотопливо и др.) таким образом, чтобы к моменту исчерпания возобновляемого ресурса была готова адекватная замена его возобновляемым ресурсом;

3) для ЗВ условие устойчивого выброса в ОС: интенсивность его поступления в окружающую среду не может превышать скорость его деструкции либо обезвреживания в ОС в результате естественных процессов. Пример: устойчивый сброс в природные воды органических ЗВ со сточными водами предприятий будет иметь место при равенстве интенсивностей поступления и окисления, усвоения этих ЗВ водными организмами и по-

добными процессами без нарушения равновесия или деградации водных экосистем (см. п. 7.5).

По признанию авторов [21], анализ современного состояния мира не дает простого и однозначного ответа на вопрос, где находятся пределы роста. Тем не менее такой анализ убеждает в правильности исходных положений, на основе которых «...можно сформулировать представление о существующих пределах и о влиянии на них современных тенденций мирового развития»:

- Использование мировой экономикой ключевых ресурсов и образование отходов происходит с нарастающей интенсивностью (неустойчивый режим). При этом источники постепенно истощаются, стоки заполняются, а в некоторых случаях уже переполнены. Мы ожидаем, что уже в этом (XXI) столетии большинство существующих сегодня потоков достигнет максимума, а затем придет в упадок.

- Существующие высокие уровни потребления вовсе не являются необходимыми. Технические и организационные меры, а также изменения в схемах распределения могут радикально уменьшить эти потоки, поддерживая на том же уровне или даже увеличив среднестатистическое качество жизни населения мира.

- Антропогенная нагрузка на окружающую среду уже превышает уровни устойчивости, ее невозможно сохранять такой высокой в течение жизни более одного-двух поколений. И тогда наступят негативные последствия, которые ухудшат здоровье человека, а экономика придет в упадок.

- Истинная цена сырья непрерывно растет.

Лучший на сегодняшний день подход к оценке антропогенного воздействия на ОС оперирует понятием «экологическая нагрузка», под которой подразумевается суммарный эффект от всех видов воздействия человека на ОС: от извлечения ресурсов, выброса ЗВ, использования энергии, уменьшения биологического разнообразия, урбанизации и прочих последствий физического роста. Другой многообещающий подход заключается в том, чтобы пересчитать все виды воздействия человека на глобальную экосистему в эквивалентное количество земель, необходимых для того, чтобы поддержать все потоки, предоставляемые средой человеку [21]. По расчетам экологической нагрузки на рубеже тысячелетий человечеству уже требовалось на 20% больше земель, чем все, которые есть на Земле (см. рис. 1.1).

К подобным тревожным выводам о выходе энергетической системы планеты за пределы устойчивости пришли Н.М. Сватков [30] и В.Г. Горшков [31] (см. п. 3.2.3).

Ресурсосбережение – снижение потребления сырьевых ресурсов при сохранении или увеличении объемов производства энергии и материальной продукции – одно из важнейших условий устойчивого развития. Ограничение и стабилизация потребления ресурсов наряду с ограничением роста народонаселения Земли и борьбой с загрязнением окружающей

среды являются ключевыми проблемами, от которых зависит будущее человечества. Время дешевых энергоресурсов в мире закончилось. Например, избитый тезис о «полной обеспеченности России природными ресурсами» следует воспринимать условно, о чем свидетельствует содержание п. 4.4.4.

Энергия играет центральную роль в достижении целей устойчивого развития. По мнению некоторых исследователей глобальных балансов, в настоящее время биосфера интенсивно разрушается, так как потребление энергии (изъятие органического вещества биоты) в целом в мире примерно в 10 раз выше допустимого уровня, обеспечивающего стабильность природных циклов (см. п. 3.2.3). Ископаемые виды топлива по-прежнему доминируют в глобальном использовании энергоресурсов (источников энергии).

Экономика не может существовать вне природных и трудовых (людских) ресурсов. Однако налицо абсурдная ситуация, когда важнейшие для экономики ресурсные циклы воспроизводства природного сырья и трудового населения оказываются вне производственной (экономической) сферы. Отсюда следует фундаментальный вывод о глубокой методологической связи и взаимозависимости экологии, экономики и социологии [21].

В «Пределах роста» [21] авторы провели подробный анализ проблемы устойчивости изъятия природных ресурсов («источников», по терминологии авторов) в мире по состоянию на конец 2003 года. В нашем обзоре мы опираемся в основном на результаты этого анализа по всем рассмотренным в [21] видам ресурсов.

11.4.2. Возобновляемые ресурсы

Для большинства ресурсов отсутствуют достаточно точные количественные оценки запасов и темпов потребления, нет надежных моделей их расчета и изменения. Пример: отсутствуют модель для оценки динамики запаса кислорода в атмосфере Земли и соответственно прогноз изменения концентрации кислорода в приземном воздухе; по разным источникам, за 100 лет концентрация O_2 снизилась с нормы (20,948%) до 20,5%, т.е. почти на 0,5%. Уже сейчас человечество использует около 10% (а по некоторым подсчетам – даже больше) приходной части кислородного баланса в атмосфере. Правда, убыль атмосферного кислорода пока не регистрируется даже точными приборами. Но при условии ежегодного 5%-ного роста потребления кислорода на промышленно-энергетические нужды его содержание в атмосфере уменьшится, по расчетам Ф.Ф. Давитая, на две трети, т.е. станет критическим для жизни людей через 180 лет, а при ежегодном росте на 10% – уже через 100 лет [32].

Другой пример: недостаточно точные модели динамики содержания в атмосфере парниковых газов (диоксида углерода, метана и др.), вследствие чего затруднено прогнозирование изменения среднеглобальной температуры атмосферы [33].

Наконец, основной возобновляемый ресурс, жизненно необходимый для человека, – сама природа. Воспроизводство на научной основе природы для человека и оптимальное воспроизводство самих людей стали необходимостью [14].

Продовольствие, земли, почвы [21]. Максимум душевого потребления зерна в мире был достигнут в 1985 году, с тех пор этот показатель непрерывно снижается ввиду роста численности населения, опережающего производство зерна. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации при ООН (Food and Agriculture Organization, FAO), около 850 млн. человек на планете страдают от хронического недоедания. Причины: потери урожая при сборе и хранении, неравномерное распределение продовольствия, возрастающая доля производимого зерна и других культур, используемая на корм скоту, и производство биотоплива (см. п. 1.3.5). Исследования FAO, проведенные в 117 развивающихся странах Латинской Америки, Азии и Африки, показали, что внедрение современных технологий обработки почв и мелиорации на обрабатываемых землях при идеальных погодных условиях позволило бы увеличить производство продовольствия в этих странах в 16 раз [34]. Эти, по сути нереалистичные, расчеты лишь демонстрируют потенциальную возможность (теоретические пределы) увеличения урожайности уже освоенных земель. На деле эти пределы практически уже достигнуты в промышленно развитых странах: по данным FAO, в 2000 году применение самых передовых технологий позволило получить до 70 ц/(га·год) пшеницы (Франция), 62–67 ц/(га·год) риса (Япония, Китай), 100–200 ц/(га·год) кукурузы (маиса, США). Эти технологические пределы в 2–5 раз превышали среднемировые показатели урожайности зерновых культур. Дальнейшее повышение урожайности требует больших дополнительных затрат на химическую мелиорацию почв, что делает производство продовольствия экономически невыгодным. (Это хорошая иллюстрация неоднократно упомянутой закономерности тупикового «неэкономического» роста, см. п. 1.1.2.2).

Другой очевидный предел производства продовольствия – количество и состояние обрабатываемой земли. Производство продовольствия в мире растет в основном за счет интенсификации земледелия, а не вследствие увеличения посевных площадей. В пользование постоянно поступают новые сельскохозяйственные угодья, в то время как ранее освоенные земли деградируют и утрачивают свое сельскохозяйственное значение вследствие эрозии, засоления, опустынивания и застройки (см. п. 1.3.2). По оценкам Экологической программы ООН (UNEP, 1986 год), за прошедшую тысячу лет люди превратили около 2 млрд. гектаров плодородных земель в пустоши, на которых земледелие невозможно. Согласно одной из оценок глобальной эрозии почв, пахотный слой исчезает со скоростью, превышающей скорость восстановления в 16–300 раз – в зависимости от региона (Институт мировых ресурсов, 1998 год, цит. по [21]).

Растут площади сельскохозяйственных земель, отводимых под промышленную и транспортную инфраструктуру и строительство. Например, в Китае с 1987 по 1992 год под строительство ушло 6,5 млн. гектаров пахотных земель, одновременно 3,8 млн. гектаров лесов и пастбищ пришлось расчищать под пашню. Очевидно, что процессы истощения возобновляемых ресурсов – качества почвы и потенциальных пахотных земель (леса и природные пастбища) – не могут продолжаться вечно.

В «Пределах роста» [21] приведено несколько сценариев будущего сельскохозяйственных земель (см. рис. 3.4) в предположении, что суммарное количество обрабатываемых земель не будет уменьшаться относительно исходного уровня 1,5 млрд. гектаров (принятого для 2000 года) и что население возрастает в соответствии со средним прогнозом ООН. При сохранении существующего уровня урожайности для обеспечения продовольствием возросшего до 10–12 млрд. человек населения в 2100 году потребуется около 3,8 млрд. гектаров сельскохозяйственных земель при уровне потребления, соответствующем уровню питания населения Западной Европы в 2000 году. При сохранении существующего (неравномерного по миру) уровня питания потребуется около 2,3 млрд. гектаров. Таким образом, при сохранении существующих, относительно низких, средних показателей урожайности продовольственных культур в мире человечество ждет нехватка сельскохозяйственных земель (с учетом приведенного выше анализа ситуации с этим ресурсом). Фактически во многих районах мира почвы, земли и источники питательных веществ для производства продовольствия истощаются, сельскохозяйственная экономика и фермерские хозяйства приходят в упадок.

Вызванный недостатком земли недостаток продуктов питания не только в локальном, но и в мировом масштабе будет казаться внезапным – как логическое следствие экспоненциального роста. (Это свойство «экспоненциального» кризиса хорошо иллюстрирует резкий и непредвиденный скачок мировых цен на продовольствие в 2007–2008 годах, когда писалась эта книга.) Основные положения стратегии сохранения ресурсов сельскохозяйственных земель и производства продовольствия в мире, по мнению авторов [21], следующие:

- возвращение к известным испокон века агротехнологиям, которые сохраняют и улучшают почвы – террасному земледелию, контурной вспашке, использованию органических удобрений, севообороту и т.п.;

- внедрение высокопроизводительных технологий «органического фермерства» с частичным или полным отказом от химических удобрений и пестицидов, применением высокопроизводительных машин, высокоурожайных культур и т.п. В США и Европе рынок так называемой экологически чистой продукции в 1990-х годах рос на 20–30% в год. При этом отмечается, что поспешный переход на биотехнологические (генетически модифицированные) культуры вряд ли оправдан, так как

вызывает экологические, сельскохозяйственные и потребительские проблемы.

Вода. Достаточно полный анализ положения дел с мировыми ресурсами пресной воды был приведен в п. 1.3.3 [21]. Основная проблема – неравномерность распределения этого ресурса на планете; например, в бассейне Амазонки, располагающем около 15% мирового стока пресной воды, проживает 0,4% мирового населения. Миллиарду людей не хватает питьевой воды. По данным ООН, к 2025 году примерно две трети населения Земли будут испытывать среднюю или сильную нехватку воды.

Как и при производстве продовольствия, существует много путей устойчивого использования воды без роста ее изъятия и потребления [21]:

- дифференцировать применение воды соответствующего качества (например, не использовать питьевую воду для полива газонов или слива в туалетах);

- внедрять капельное орошение, которое требует воды на 30–70% меньше, а урожай дает на 20–90% больше, чем при традиционном орошении;

- внедрять устройства экономии воды в домашнем хозяйстве. В США, например, среднестатистическая семья использует в сутки 0,3 м³ воды на человека. Этот объем можно уменьшить вдвое, если поставить устройства, позволяющие эффективно расходовать воду;

- устранить протечки. Городские власти крупных городов традиционно расходуют огромные средства на увеличение поступления воды в водопроводные сети, вместо того чтобы за малую часть этих денег устранить протечки и получить больше воды для потребления. По оценкам Госкомстата, в России за счет потерь в изношенных водопроводных сетях теряется 13% забранной из источников воды (см. п. 4.3.3). Водопотребление на 1\$ ВВП в России, по данным Министерства природных ресурсов РФ, в 2009 году составило 0,3 м³; этот параметр в Швеции оценивался в 0,012, а в Великобритании – в 0,007 м³ на 1\$ ВВП [35];

- выращивать растения, соответствующие климату, например, не выращивать кукурузу (требующую большого количества воды) в аридных районах;

- вводить в промышленности системы замкнутого водооборота – системы сбора, очистки и повторного использования воды;

- в зонах городской застройки собирать дождевую воду, что даст эффект дамбы, но обойдется гораздо дешевле.

Один из наиболее эффективных путей стимулировать внедрение таких подходов – прекратить субсидирование потребления воды. В стоимость воды должны быть включены все составляющие цены этого ресурса – финансовая, социальная и экологическая [21].

Леса. Устойчивость биосферы к изъятию биоресурсов была теоретически рассмотрена В. Горшковым [31]. Согласно его выводам, биосфера оставалась устойчивой, т.е. способной компенсировать любые возмуще-

ния, пока млекопитающие (включая человека) потребляли не более 1% продукции биоты. Человечество перешло порог устойчивости в начале XX века. В настоящее время биосфера интенсивно разрушается, так как потребление энергии (изъятие органического вещества биоты) в целом в мире примерно в 10 раз выше допустимого уровня (в развитых странах – в 50 раз, в России – в 7 раз). Таким образом, возвращение к стабильному состоянию биосферы возможно только за счет снижения потребления органического вещества.

Лес – биологический ресурс, который кроме экономической функции выполняет еще и экологическую.

Существует четкая мировая тенденция массового уничтожения лесов: ускорение их сведения, уничтожение оставшихся очагов реликтовых лесов, прогрессирующее ухудшение качества лесных площадей (Всемирная комиссия по лесному хозяйству и устойчивому развитию, 1999 год, цит. по [21]). До развития сельского хозяйства на Земле было 6–7 млрд. гектаров лесов, сейчас – только 3,9 млрд. гектаров, включая 0,2 млрд. искусственных лесопосадок. Больше половины утраченных лесов планеты были сведены после 1950 года. Уничтожение лесов средней полосы произошло долго до 1990 года – в ходе индустриализации Европы и Америки.

Потеря лесов – это очевидный признак неустойчивости возобновляемого ресурса. Необходимо различать две характеристики лесов как ресурса: площадь и качество. Существует огромная разница между гектаром девственного леса и вырубкой, на которой ценный в экономическом отношении древостой появится не раньше чем через 50 лет, а биологическое разнообразие реликтового леса – вообще никогда. Лишь одна пятая часть (1,3 млрд. гектаров) исходных лесов Земли сохранилась в виде относительно нетронутых природных лесов. Половина их – бореальные леса (тайга) в России, Канаде и на Аляске, а большая часть остального – влажные тропические леса в Амазонии. Только 0,3 млрд. гектаров реликтовых лесов официально находятся под защитой.

Леса средней полосы относительно стабильны; например, общее состояние лесных ресурсов России в 2005 году можно характеризовать как удовлетворительное, имея в виду прежде всего значительный положительный баланс запаса, прироста и расхода ресурса в целом по стране (см. п. 4.2.4). В то же время площадь тропических лесов стремительно уменьшается: по официальным (явно заниженным) оценкам, в конце 1990-х годов скорость сведения тропических лесов составляла примерно 15 млн. гектаров в год, или 7% за десятилетие. Если существующие тенденции (потери 20 млн. гектаров в год с учетом рубок и лесных пожаров) не изменятся, то незащищенные (около 18 млрд. гектаров) тропические леса исчезнут к концу XXI века [21]. Основные причины сведения тропических лесов: рост производства бумаги и пиломатериалов местными компаниями, увеличение доходов правительств от экспорта древесины, растущие потребности фер-

меров в сельскохозяйственных землях для производства продовольствия и сырья для биотоплива, потребности в органическом топливе (дрова). По мнению Всемирной комиссии по лесному хозяйству и устойчивому развитию, коррупция – самая распространенная проблема в лесной промышленности, которой уделяется крайне мало внимания [36].

Существуют эффективные способы снижения расхода древесины, которые могут стабилизировать мировой объем изъятия этого возобновляемого ресурса:

- повторное использование бумаги. В промышленно развитых странах этот показатель достаточно высок – от 50% в США до 96% в Голландии [37];

- применение эффективного лесопильного оборудования. Использование современных лесопильных агрегатов позволяет повысить выход ценной продукции из необработанного лесоматериала с 25–30 до 40–50%, т.е. почти вдвое;

- более эффективное использование топлива. Применение современных печей (например, типа буллерьян) для обогрева жилища и для мелкого производства (сушка, копчение, пивоварение и т.п.) позволяет сэкономить более 50% дров;

- эффективное использование бумаги. Радикальное избавление от избыточной упаковки и макулатурной почты (реклама), а также применение двусторонней печати на принтерах, факсах и т.п. позволит резко сократить расход бумаги;

- радикальное повышение полной стоимости лесоматериалов и их производных. Прекращение правительственных субсидий лесной промышленности, повышение стоимости древесины путем введения дополнительных налогов на заготовку, установление реальной «экологической» цены древесины стимулируют внедрение приемов экономии продукции лесного хозяйства.

Древесные плантации могут полностью удовлетворить мировую потребность в целлюлозе, пиломатериалах, дровах и т.п. Высокопродуктивная тропическая лесная плантация может дать в среднем 100 м³ древесины с 1 га в год, что примерно в 40 раз больше годового прироста древесины в умеренных широтах (около 2,5 м³/га). Даже при вдвое более низкой продуктивности (50 м³/га) плантаций тропического леса для удовлетворения мировой потребности в древесине нужна будет площадь около 70 млн. гектаров, т.е. около 0,4% площади незащищенных тропических лесов. К этому стоит добавить огромные ресурсы перестойного и упавшего древостоя, которые можно освоить при проведении лесохозяйственных работ в лесах умеренных широт (санитарные рубки, чистки и т.п.).

Таким образом, существует много реальных способов вернуть скорости потребления лесной продукции в устойчивые рамки (когда годовой объем изъятия возобновляемого ресурса меньше объема его годового восстановления или равен ему) – как за счет сокращения потребления, так и

за счет рационализации лесного хозяйства. Каждый из них где-то в мире уже используется, необходимо распространить их повсеместно. Тем временем леса продолжают исчезать [21].

Биологические виды и функции экосистем. Рассмотренные выше возобновляемые ресурсы почвы, воды и леса – очевидные источники материальных потоков, поддерживающих экономику, а потому имеющих экономическую оценку (стоимость). Существует другой набор возобновляемых источников – такой же важный, но не столь очевидный, который экономика никогда не оценивала в денежном выражении. Это некоммерческие (не имеющие рыночной стоимости) биологические виды, образуемые ими экосистемы и поддерживающие функции, которые они выполняют, собирая, перемещая и перерабатывая материальные потоки, необходимые для поддержания жизни [21].

Неоценимый вклад этих биотических ресурсов выражается через природоохранительные *функции экосистем* [38]:

- очищение воздуха и воды;
- поглощение и накопление воды, смягчение засух и наводнений;
- разложение, нейтрализация и связывание отходов;
- восстановление плодородия почв, наращивание почвенного слоя;
- опыление;
- борьба с сельскохозяйственными вредителями;
- рассеивание семян и распределение питательных веществ;
- частичная стабилизация климата (ослабление ветров, смягчение перепадов температуры);
- обеспечение широкого разнообразия сельскохозяйственной, медицинской и промышленной продукции;
- эволюция и поддержание биотического генетического фонда и био-разнообразия;
- уроки выживания, устойчивости к внешним воздействиям, эволюции и достижения разнообразия, обеспечившие существование экосистем на протяжении более трех миллиардов лет;
- огромное эстетическое, духовное и интеллектуальное значение биотических ресурсов.

Попытки стоимостной оценки природных ресурсов биологических видов и функций экосистем приводят к величинам порядка десятков триллионов долларов в год,кратно превышающим годовой оборот мировой экономики. Например, умеренная оценка «экологического обслуживания» мировой экономики, которую дали Р. Констанца (R. Constanza) с коллегами [39], составила 33 трлн. долларов в год при стоимости валового продукта мировой экономики на тот период (1997 год) около 18 трлн. долларов.

По оценкам Всемирного фонда защиты дикой природы (WWF), за последние 30 лет XX века биосфера утратила значительную часть функций экосистем. Эти потери очень сложно оценить количественно. Самый рас-

пространенный метод состоит в оценке числа биологических видов и скорости их исчезновения. Но сделать это невозможно: так как никто не знает, сколько на планете видов, никто не может сказать, сколько их потеряно. Число видов оценивается с точностью до порядка – от 3 до 30 млн., и только примерно 1,5 млн. из них описаны и классифицированы (в основном растения и животные, имеющие достаточно большие размеры) [40]. Большинство биологов уверено в массовом исчезновении видов – прежде всего по причине быстрого исчезновения экологических ниш. Большинство видов исчезает в тех местах, где их было больше всего. В основном это тропические леса, коралловые рифы и болота. Например, как было показано в ходе всемирного исследования в 1997 году, 95% коралловых рифов страдали от деградации и исчезновения видов [41]. Примерно половину болот (изначально 6% земной поверхности) осушили, засыпали, превратили в каналы и т.п.; и никто не знает, сколько болот пострадало от загрязнения.

Сознавая, как сложно оценить скорость исчезновения видов на планете, WWF в Индексе живой планеты (Living Planet Index) для оценки снижения биоразнообразия использует мониторинг численности популяций большого количества известных видов. С помощью этого метода Фонду удалось заключить, что популяция «среднестатистического» вида в период с 1970 по 2001 год уменьшилась больше чем на треть [42]. Из этого следует вывод, что глобальный ресурс *функций экосистем* используется неустойчиво.

11.4.3. Исчерпаемые ресурсы

Ископаемые виды топлива. Наиболее остро задача сбережения невозобновляемых ресурсов ставится в отношении потребления ископаемых энергоносителей – нефти, газа, угля и ядерного топлива. По этой причине уровень потребления невозобновляемых ресурсов становится одним из основных критериев, которые применяют при оценке эффективности различных производственных технологий – с учетом времени, за которое они могут быть исчерпаны.

Как уже отмечалось в п. 1.3.4, развитие мировой энергетики на современном этапе выходит на качественно новый уровень, который характеризуется углублением разрыва между энергопотреблением и известной ресурсной базой органического топлива. Анализ, выполненный Датским агентством по энергетике, показывает, что для удовлетворения основных потребностей 9,3 млрд. человек (прогноз населения мира в 2050 году) потребуется выработать в 6 раз больше энергии, чем в 2000 году [43]. Более 80% коммерческой энергии, использованной в 2000 году, приходилось на невозобновляемые энергоресурсы – нефть, природный газ и уголь. Подземные запасы этих энергоносителей неумолимо истощаются, хотя, на первый взгляд, оснований для беспокойства нет, если обратиться к динамике

обеспеченности ресурса, выражаемой показателем запас/добыча (см. п. 1.3.4, 4.4.4). Действительно, за 30 лет (1970–2000 годы) показатель запас/добыча для нефти и газа вырос за счет того, что скорость разведки этих ископаемых энергоносителей в этот период превышала рост их добычи. Но этот процесс не может продолжаться бесконечно – запасы невозобновляемых ресурсов неизбежно истощаются, а потребление растет по экспоненте. Стоимость разведки запасов и освоения новых месторождений приводит к непрерывному росту цен на энергоносители, создающему «энергетическую ловушку» для развивающихся стран.

Другая серьезная причина озабоченности – надвигающийся глобальный экологический кризис, вызванный потеплением климата в связи с ростом концентрации в атмосфере парниковых газов. В свое время (2000 год) авторы «Пределов роста» [21] полагали, что никто точно не знает, какой фрагмент схемы использования ископаемого органического топлива (от разведки до выброса отходов в ОС) окажется определяющим при достижении пределов – источник (добыча) или сток (выброс в ОС). В наше время (2010 год), когда на первый план выходит проблема изменения климата, определяющее значение, по-видимому, приобретают стоки. Например, при практически неограниченных запасах угля на планете его использование, судя по всему, будет ограничено емкостью атмосферного стока – пределом концентрации CO_2 в глобальной атмосфере. По-видимому, в будущем проблема стоков останется основным ограничением развития энергетике [21].

Экспоненциальный рост потребности в энергии на фоне исчерпания дешевых запасов ТЭР и вызываемого этим постоянного роста цен на нефть и газ, а также рост выбросов CO_2 и других парниковых газов – главные причины нарастания кризисных явлений в мировой энергетике. В прогнозе развития мировой энергетике (2003 год) Международное энергетическое агентство (МЭА) среди основных мер по преодолению энергетических проблем (расширение инвестиций в разведку и добычу нефти и газа, повышение эффективности и общее снижение энергопотребления и др.) указывает на расширение использования ядерной энергии. В прогнозном сценарии МЭА развития мировой энергетике (темп роста – менее 2% в год) только рост электроэнергетики до 2050 года потребует увеличения потребления ТЭР в три раза [44]. Если одну треть из этого количества переложить на плечи ядерной энергетике, то установленные мощности АЭС к середине XXI века в мире должны достигнуть 2000 ГВт (в 2003 году – около 360 ГВт). Такой темп развития мировой ядерной энергетике позволит увеличить ее долю в общем объеме производства электроэнергии примерно до 30%, а в общем топливном балансе – с 6 до 13% [45]. Несомненно, возврат к интенсивному развитию ядерной энергетике, которая в 1970–1980-х годах помогла справиться с мировым энергетическим кризисом, поможет на какое-то время смягчить и отдалить неизбежный энергетичес-

кий кризис, который ожидает глобальную экономику во второй половине XXI века. Однако реальные перспективы широкого использования относительно экологически чистой ядерной энергии остаются неясными по двум причинам: из-за нерешенности проблемы локализации или утилизации РАО и ввиду истощаемости дешевых ресурсов урана (см. п. 10.1.1).

Существуют два стратегических направления для решения проблемы истощения ископаемых видов топлива – быстрое и длительное. Быстрая, экономически и технологически доступная и достаточно просто реализуемая стратегия – повышение эффективности потребления энергии (энергоэффективности). Например, за счет внедрения современных энергосберегающих технологий до уровня современной Западной Европы (2003 год) экономика США может функционировать в прежнем объеме с вдвое меньшими затратами энергии и при тех же денежных затратах или даже ниже [46]. Это позволило бы США уменьшить мировое потребление нефти на 14% и газа – на 15% [21].

Другое направление стратегии, требующее долговременных усилий и больших инвестиций, – использование возобновляемых («альтернативных») источников энергии (ВИЭ, АИЭ) за счет энергии Солнца (гелиоэнергии): солнечного света, ветра, гидроэнергии, биомассы. Каждый день Солнце изливает на Землю в 10 тысяч раз больше энергии, чем потребляет все человечество. Уступая в скорости развития технологиям энергосбережения, технический прогресс в освоении ВИЭ продвигается уверенными шагами (см. п. 3.5). При этом следует иметь в виду, что ВИЭ не полностью экологически безвредны и имеют пределы использования. Они не могут обеспечивать безграничный рост населения и высокий темп роста промышленности. Тем не менее в будущем они вполне способны служить основой устойчивого развития общества.

Как уже отмечалось в п. 4.4.4, Россия обладает практически всеми видами энергетических ресурсов, необходимых для устойчивого роста экономики: средняя обеспеченность потребления разведанными запасами нефти в современный период составляет около 70 лет, газа – около 80 лет, угля – около 800 лет, урана – порядка 100 лет (табл. 4.13). В то же время, потребление органических энергоносителей в России намного превышает средний по миру уровень потребления на единицу производимой продукции: на современном этапе (2003 год) экономика России характеризуется высокой энергоемкостью ВВП, в 2,3 раза превышающей среднемировой показатель и в 3,1 раза – показатель для стран ЕЭС (см. п. 4.4.5, табл. 4.14). Перестройка структуры экономики и технологическая модернизация должны уменьшить энергоемкость ВВП на 26–27% в 2010 году и до 55% к 2020 году по сравнению с 2005 годом [47]. Резкая диспропорция между долей разных видов топлива в суммарных разведанных запасах и их долей в производстве энергоресурсов в

России – следствие отживающей сырьевой парадигмы экономики стран третьего мира, для которых экспорт природных ресурсов остается основой производства ВВП.

Материалы. Помимо ископаемых видов топлива роль первичных природных ресурсов в экономике играют потоки извлекаемых из земных недр материальных субстанций («материалов», по терминологии авторов «Пределов роста» [21]), например руды и сопутствующих пород. Притом что эти огромные потоки – неотъемлемая часть экономической деятельности, они практически никогда не учитываются монетарной экономикой, т.е. не включаются в экономические расчеты. В отличие от ископаемого топлива, большинство материалов после использования не превращаются в газы, воду или золу. Их финал имеет три основных варианта: локализация в виде твердых отходов; вторичная переработка и утилизация; рассеяние в ОС.

Существуют пределы количества материалов, которые человек в состоянии использовать за год. Например, для большинства металлов среднее потребление на душу населения в промышленно развитых странах в 8–10 раз выше, чем в остальном мире. Если 9 млрд. человек в 2050 году будут потреблять материальное сырье теми же темпами, что и среднестатистический житель США в конце XX века, то производство стали в мире придется увеличить в 5 раз, меди – в 8 раз, алюминия – в 9 раз. Большинство людей понимает, что такие потоки материалов обеспечить невозможно (да они и не нужны), поскольку существуют пределы глобальных источников (запасов) и стоков. Хороший уровень жизни можно поддержать, нанося

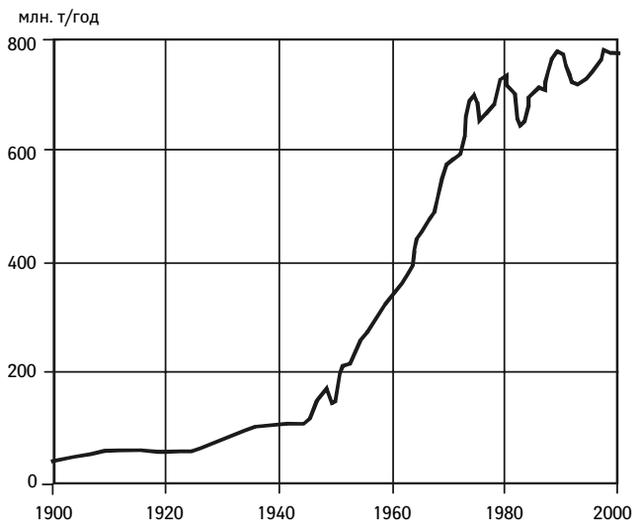


Рис. 11.1. Динамика мирового потребления стали [48]

природе гораздо меньше вреда и потребляя меньше материальных ресурсов. Уже видны признаки того, что человечество усваивает этот урок. На рис. 11.1 показана динамика мирового потребления стали: кривая роста потребления в середине 1970-х годов прекратила плавный экспоненциальный рост. Симптоматическое замедление роста объясняется несколькими причинами [21]:

- тенденцией к снижению материалоемкости производства под действием экономических стимулов и технологического прогресса;
- резким повышением цен на энергоносители начиная со скачка цен на нефть в 1973 году – дополнительный экономический стимул;
- расширением вторичной переработки и использования сырья (рециклингом) под действием экономических стимулов и экологических ограничений;
- развитием технологий производства альтернативного (замещающего металлы) сырья: пластмассы, композитных материалов и т.п.;
- замедлением темпов потребления сырья в период застоя экономики в 1980-е годы.

Хотя экономические причины замедления роста потребления сырья могут быть временными, технологические изменения остаются постоянными, как и растущие экологические ограничения. В этой связи примечательным представляется снижение цен на материальное сырье в течение нескольких последних десятилетий, указывающее на снижение спроса при относительно стабильном предложении [48] (цит. по [21]).

Среди перечисленных выше причин замедления роста потребления материального сырья наиболее эффективным шагом к устойчивому развитию нам представляется всемерное расширение использования вторичного сырья и развитие соответствующих технологий. Например, изобретение в 1976 году новой конструкции ключа для открывания алюминиевых банок позволило перерабатывать 55% использованных в США 105 млрд. банок и экономить на этом 16 тыс. тонн алюминия и примерно 200 млн. кВт·ч электроэнергии. В целом по миру в 2001 году было произведено около 2,2. млн. тонн алюминия из вторичного сырья, что составляло 10% мирового производства алюминия [21]. Внедрение систем рециклинга материалов, т.е. перемещения в экономической системе по замкнутому циклу, возвращает нас к природным процессам кругооборота веществ, к чему призывает I цель экоэтики (см. п. 11.3.3).

11.5. Устойчивое развитие региона

11.5.1. Общий подход

В идеале устойчивое развитие человеческого общества, рассматриваемого как равноправная составляющая единой социо-эколого-экономической системы (в другой терминологии – социоприродной системы, СПС),

может быть обеспечено при выполнении условий устойчивого развития в каждой ячейке пространственной структуры мирового сообщества – от уровня отдельной семьи (дом, усадьба), муниципальных образований (населенные пункты, небольшие районы) до континентов (Европа, Азия и т.п.). Понятно, что для недостаточно крупных структурных единиц этот идеал недостижим по очевидным соображениям, главное из которых – отсутствие необходимых ресурсов для жизнеобеспечения внутри ячейки. Но даже на самом нижнем уровне социальной структуры – на уровне семейного (индивидуального) хозяйства – стремление следовать парадигме устойчивого развития может дать и дает впечатляющие результаты в таких направлениях, как ресурсосбережение (прежде всего энергосбережение), утилизация отходов и др. Яркий пример – растущая популярность так называемого экологического жилища, функционирующего за счет энергии солнца и биомассы отходов, в котором воспроизводятся природные круговороты вещества и энергии.

Оставляя без обсуждения различные подходы к определению понятия «регион», с учетом задач настоящей работы будем понимать под этим термином некоторую географическую территорию с определенными границами, имеющую собственное управление экономикой и природопользованием, т.е. региональную социо-эколого-экономическую систему. Устойчивое развитие региональной системы должно подчиняться тем же общим принципам, требованиям и условиям устойчивого развития, которые были определены в п. 1.5 и в гл. 3. Перечислим их.

В социально-экономической сфере

- Отказ от концепции беспредельного роста, определение пределов роста производства, населения и потребления.
- Центральная роль энергии в устойчивом развитии региона, приоритетное развитие возобновляемых («альтернативных») источников энергии в сочетании с экологически «чистыми» энерготехнологиями (с минимальным воздействием на ОС, например, ЯЭ), приоритет энергосберегающих технологий.
- В сфере природных ресурсов следование трем принципам Х. Дэли [29]:
 - 1) для возобновляемых ресурсов – устойчивая интенсивность использования не может превышать темпов восстановления ресурса;
 - 2) для невозобновляемых (истощаемых) ресурсов – устойчивая интенсивность потребления не может превышать скорости его замещения другим, возобновляемым ресурсом;
 - 3) для загрязняющего вещества – интенсивность его поступления в ОС не может превышать скорости его деструкции либо обезвреживания в ОС в результате естественных процессов.
- Внедрение систем рециклинга материалов (отходов), возвращение к природным процессам кругооборота веществ.

В области природопользования

- Регулирование качества природной среды на основе методологии оценки желаемого состояния конкретных экосистем с учетом приемлемой степени их антропогенной трансформации.

- Сохранение структуры и видового разнообразия природных комплексов региона путем создания достаточно протяженного пространственного континуума заповедных и особо охраняемых территорий, соединенных между собой достаточно широкими «экологическими коридорами»; стабилизация и увеличение отношения площадей природных и антропогенно нарушенных экосистем.

- Разработка и осуществление интегральных программ «экологической оптимизации» – создание условий для поддержания экологического равновесия и видового разнообразия в *природных комплексах региона*.

Необходимо подчеркнуть, что все требования и условия устойчивого развития региональной социально-экономической системы в области природопользования смогут быть практически реализованы, если будут опираться на фундаментальный принцип зонирования (классификации) земельного ресурса в зависимости от степени антропогенной трансформации гео(эко)систем, о котором шла речь в п. 2.2.

В начале XXI века в мире с истощающимися ресурсами регулирование в области владения и использования земель приобретает решающее значение. Одним из проявлений этого сознания на Западе стало функциональное зонирование земель, на котором строится регулирование вопросов землепользования в виде системы ограничений, отражающих экологические требования и социально-экономические интересы общества. В прошлом зонирование земель в развитых странах возникло как способ защиты экономической ценности земли, дающий землевладельцам гарантии в том, что характер использования соседних земель не повлияет на качество их собственной земли. Однако в последние десятилетия XX века наметилась устойчивая тенденция к применению принципа зонирования для решения задач защиты ОС и природопользования. В результате этой эволюции основное положение при определении зон землепользования трансформировалось в требование к любому землевладельцу (частному или общественному) не наносить своей деятельностью вред окружающим территориям.

В современной России, как было отмечено в п. 2.2, принцип зонирования земель по степени их антропогенной трансформации в неявном виде нашел отражение в Законе об охране окружающей среды [26]. В бывшем СССР принцип крупномасштабного зонирования наметился на практике при выделении особо охраняемых территорий: заповедников, заказников, национальных парков, водоохраных зон и т.п. В настоящее время в России земли по целевому назначению подразделяются на семь категорий (см. п. 4.2.2):

- 1) земли *сельскохозяйственного назначения*;
- 2) земли *населенных пунктов*;
- 3) земли *промышленности, энергетики, транспорта, связи* и т.п. специального назначения;
- 4) земли *особо охраняемых территорий и объектов*;
- 5) земли *лесного фонда*;
- 6) земли *водного фонда*;
- 7) земли *запаса*.

Эта система классификации земель основана на ст. 7 Земельного кодекса РФ (ЗК РФ от 25 октября 2001 года № 136-ФЗ). Она опирается, по существу, на зонирование земель по функциональному назначению, при котором экологические критерии используются в основном в ограничительных целях и практически не играют роли при оценке качества ОС на землях той или иной категории и в целом на территории региона.

В итоге разработка дифференцированного подхода к оценке качества ОС в зависимости от категории природной системы по-прежнему остается одной из нерешенных актуальных проблем природопользования (см. п. 3.2).

11.5.2. Устойчивость региональных систем

Для достаточно обширных географических или административных территорий условия устойчивого развития достижимы в гораздо большей степени, по крайней мере, теоретически. Нижним пределом размеров таких территорий могут быть небольшие государства или крупные административные образования внутри больших стран (например, крупные субъекты Федерации в России), имеющее, как мы определили выше, самостоятельные социально-экономические функции управления.

Проблемы устойчивости региональных социо-эколого-экономических систем (или СПС) были затронуты нами в п. 3.2 при обзоре подходов к ограничению антропогенного воздействия на геосистемы различных рангов. Н.Ф. Реймерс [49] характеризовал региональные геосистемы как природные комплексы нижних рангов по отношению к биосфере, к которым применимы те же, что и для глобальных природных систем, ограничения на возможности изъятия ресурсов из-за опасности разрушения этих комплексов при нарушении ресурсных балансов. Предлагаемый им для региональных геосистем предел (*запас регионального хозяйственного использования*) и дополняющий его показатель (*ресурсный шаг*), по существу, соответствуют двум первым правилам Х. Дзэли (см. п. 1.1.5.1) [29].

Идеи Н.Ф. Реймерса о роли ресурсных балансов в определении пределов антропогенной нагрузки на региональные геосистемы были использованы Е.В. Хлобыстовым при анализе экологического воздействия промышленного производства в региональном масштабе [32]. В основаниях алгоритмов, используемых им для оценки показателей региональных ре-

сурсных балансов, присутствуют новаторские положения, о которых говорилось в п. 3.2.2:

– показатели ресурсных балансов региона – основная характеристика, определяющая экологическое состояние («степень сбалансированности») территориальной системы, испытывающей антропогенную нагрузку от регионального промышленного производства;

– удельный вес естественных биогеоценозов – один из основных показателей ресурсообеспеченности региона.

Таким образом, региональная природоохранная политика должна строиться на тех же принципах устойчивого развития, которые диктует парадигма единой социо-эколого-экономической системы (или СПС) для мирового сообщества. Этот вывод следует распространить на все региональные геосистемы.

По понятным системным соображениям трудно представить ситуацию, когда отдельные регионы могут успешно двигаться по пути устойчивого развития в окружении территорий, которые по-прежнему придерживаются политики неограниченного роста потребления ресурсов и других социально-экономических параметров. Поэтому такие показатели, как «степень сбалансированности» ресурсов и «удельный вес естественных биогеоценозов», должны, по нашему мнению, входить в перечень основных показателей экологического состояния («экологического благополучия») региона, по которым оценивается потенциал его устойчивого развития.

11.5.3. Формирование региональной политики в России

Несмотря на отсутствие национальной стратегии устойчивого развития, вопросы устойчивого развития регионов занимают заметное место в исследованиях экологов, экономистов и социологов. Примером анализа проблем экономического роста и развития на региональном уровне может служить работа П.Г. Щедровицкого [50], в которой автор выдвигает три тезиса.

Первый тезис: региональная политика в сложившихся условиях оказывается одним из ключевых институтов промышленной политики. Если не будет региональных приоритетов развития, опорных регионов и будет продолжаться абсурдная политика псевдовыравнивания уровня социальной (бюджетной) обеспеченности, то не сложится и институт промышленной политики.

Второй тезис: нужно делить регионы на интегрированные и сетевые. В интегрированных регионах вся экономика – это экономика одного предприятия или одной финансово-промышленной группы. В сетевых регионах экономика построена на горизонтальной кооперации между достаточно большим числом среднекрупных, средних и малых предприятий, которые увязаны в протокластерные структуры, воссоздаваемые цепочки добавленной стоимости. В наследство от советского периода нам досталась региональная структура, которая базируется в основном на интегриро-

ванных предприятиях. В силу этого подобные регионы будут наименее конкурентоспособны в процессах интеграции в глобальные рынки и глобальные системы производственной кооперации.

Третий тезис: в этом контексте важна «прорисовка» кластеров или протокластеров как на уровне отдельных административных образований, так на уровне межрегиональных связей и крупных экономических регионов.

По мнению П.Г. Щедровицкого [50], региональная политика должна стать одним из основных приоритетов промышленной политики на уровне государства. Предлагается выбор трех-четырёх так называемых базовых, опорных регионов, будущих локомотивов развития как экономики в целом, так и соседних территорий. Условием выбора опорного региона на 70% станет тип взаимодействия между местной властью, бизнесом и гражданским обществом и на 30% – инфраструктурные характеристики: численность населения, наличие узлов ключевых инфраструктур и хозяйственного комплекса и т.п.

Новый поворот в региональной политике государства был изложен в редакционной статье журнала «Российское экспертное обозрение» (2005 год [51]). Ниже приводится краткое содержание статьи.

Россия исторически формировалась как «Россия регионов». Со времен СССР на протяжении десятилетий в стране была принята политика «выравнивания» уровня развития отдельных территорий. Централизованное плановое хозяйство могло позволить себе перемещать по территории страны ресурсы и людей, поддерживая слабые, но важные для жизни страны в целом регионы. При этом по мере усиления аппарата власти регионы не только теряли самостоятельность, но и оказывались слепыми проводниками принятых «наверху» решений.

В начале 1990-х годов стало понятно: отжившая политика «выравнивания» развития регионов не оправдывает себя в новых условиях, либо, по крайней мере, выглядит недостаточно эффективной. Но в первые годы постсоветского периода властные структуры были гораздо больше озабочены макроэкономическими преобразованиями и не обращали особого внимания на региональную политику. Российские территории воспринимались в лучшем случае как объект применения различных моделей национальной (но не экономической) политики; ставка в решении существующих на местах проблем делалась на «невидимую руку» рынка, которая естественным образом должна отрегулировать ход региональных процессов.

Однако рынок в чистом виде не оказался панацеей и лишь усугубил проблемы территорий, в том числе и проблему региональных диспропорций. Регулярно осуществлявшиеся финансовые дотации из центра не приводили ни к общему подъему страны, ни к социально-экономическому благополучию отдельно взятых регионов – получателей бюджетной помощи.

Сегодня Российская Федерация, как и ряд других стран, вступила в эпоху, вызванную глобализацией и названную экспертами «революцией

регионов»: старые административные границы перестают улавливать течение жизни, миграционные и финансовые потоки, собственность, а точнее, ставшие гипермобильными права на нее. Соответственно изменяется фактический, а затем и формально-юридический статус таких регионов в государстве и в мире. Современная региональная политика теперь должна быть адекватной не только процессам внутри страны, но и процессу глобализации, появлению новых макрорегионов и разных по степени влияния межгосударственных альянсов (от НАФТА и Евросоюза до АСЕАН и СНГ). Лозунг Шарля де Голля о «Европе Отечества» сегодня приобретает особое звучание не только на уровне Евросоюза, но и в рамках отдельных государств, состоящих из множества регионов, несхожих по экономическому развитию, менталитету населения и национальному составу. Утрата эффективности управления прежними схемами территориального развития ставит на повестку дня вопрос о разработке новой региональной политики и в России.

Ответом на этот вызов стало появление в сентябре 2004 года в структуре российского правительства нового подразделения – Министерства регионального развития РФ (МРР РФ), наделенного функцией решения всего комплекса хозяйственных проблем регионов страны. Одним из результатов последних исследований и работ в данной области стала Концепция стратегии социально-экономического развития регионов РФ, которая была разработана Минрегионразвития и представлена правительству РФ 30 июня 2005 года. Согласно данному документу, теперь бюджетные средства в первую очередь будут выделяться так называемым опорным территориям («локомотивам роста»), депрессивные же регионы будут получать деньги лишь на исполнение социальных обязательств перед гражданами РФ. В свою очередь, «регионы-чемпионы» должны буквально вытянуть развитие соседних территорий, не способных пока самостоятельно обеспечить собственный экономический рост. Эта модель должна сменить сложившуюся де-факто систему из нескольких регионов-доноров и основной массы (реципиентов), ставшую главным итогом осуществлявшегося десятилетиями «выравнивания».

Предложенная Минрегионразвития Концепция, основанная на реальных законах развития социальных систем, – существенный шаг вперед по отношению ко всем предыдущим разработкам на эту тему уже потому, что в ее основу положен принцип неравномерности развития, а не устаревшая и неэффективная схема «выравнивания» социально-экономического положения регионов. Концепция заявляет о необходимости перехода от «политики выравнивания» к принципу «поляризованного» («сфокусированного») развития. Предполагается специальная концентрация финансовых, административно-управленческих, человеческих и других ресурсов в «опорных регионах» («полюсах»), из которых инновационная активность впоследствии распространится на другие территории.

Важную роль в этих процессах будет играть атомный энергопромышленный комплекс, который должен решать множество технологических проблем, связанных с топливными ресурсами, разработкой и внедрением замкнутого ядерного топливного цикла и реакторов на быстрых нейтронах, обращением с отходами и ОЯТ и др. Таким образом, присутствие в регионе крупных предприятий ЯТЦ дает мощный стимул для устойчивого развития «опорной» модели региональной экономики.

Понятно, что, поскольку границы между субъектами Федерации носят «исторический», т.е. случайный, характер, их изменение неизбежно. Ненормально большое число субъектов Федерации и существующий долговременный тренд укрупнения единиц управления будут приводить (и уже приводят) к объединению субъектов [5 1].

11.6. Резюме. Перспективные подходы к регулированию природопользования

Опыт регулирования природопользования в развитых странах

Главными целями государственной экологической стратегии **США** до последнего времени было поддержание качества ОС, задаваемого нормативно через показатели ПДК и ПДВ вредных веществ и улучшение качества ОС при стабильном уровне затрат. Для достижения природоохранительных целей вместо нормирования загрязнения ЕРА должно переориентировать экономику на *сокращение производства энергии и отходов* [4]. ЕРА отдает приоритет политике финансово-экономического поощрения предприятий, которые добиваются снижения объема вредных выбросов и отходов; усиливающийся переход от «кнута» к «прянику» дает позитивный результат. Новая парадигма: 1) решать возникшие проблемы так, чтобы *не создавать проблем в будущем*; 2) смешанная природоохранная стратегия, опирающаяся на оценку риска; 3) *здоровая экосистема* – залог здоровья людей и процветания экономики; 4) *учет экологических проблем* при формировании энергетической, сельскохозяйственной и налоговой политики, планов развития экономики и внешней политики [5].

Общественность **Канады** убеждена, что эффективная стратегия в деле охраны ОС предполагает выработку долговременных и устойчивых *изменений в отношении людей к проблеме ОС* [6].

Экологические проблемы признаются центральными во всей системе действий **ЕЭС**. Принцип «платит тот, кто загрязняет» объявлен в странах Европы основным инструментом стимулирования природоохранной деятельности. Приоритеты европейских стран в области ОС: ограничение токсичности отработавших газов автомобилей, перевод автомобильного транспорта на неэтилированный бензин, удаление опасных отходов, охрана поверхностных и подземных вод, сохранение исчезающих ви-

дов. В странах ЕЭС принимаются стандарты качества ОС (нормы ПДК) и нормируется загрязнение воздуха (нормы ПДВ). *Распространено ранжирование водоемов по категориям водопользования.* Альтернативой платы за загрязнение является создание рынков излишков сокращения выбросов [8, 9].

В природоохранной политике **Японии** три основных аспекта: 1) активизация охраны среды в населенных пунктах; концепция экополиса: крупные города оцениваются с точки зрения их экологического состояния; 2) переориентация природопользования на создание «общества экономики природных ресурсов» (ресурсосбережение и рециклинг); 3) внедрение новых средств природоохранного регулирования – таких, как экономическая заинтересованность фирм в охране ОС, налоги на загрязнителей и т.п. [10–12].

Таким образом, можно выделить следующие передовые идеи и направления в области природопользования в развитых странах:

- перестройка экономики в сторону *сокращения производства энергии и отходов*;
- *финансово-экономическое поощрение* предприятий, которые добиваются снижения объема вредных выбросов и отходов;
- *учет экологических проблем* при формировании планов развития экономики и внешней политики;
- *здоровая экосистема* – залог здоровья людей и процветания экономики;
- работа по *изменению отношения людей к проблеме ОС*;
- принцип «*платит тот, кто загрязняет*» – основной инструмент стимулирования природоохранной деятельности;
- *ранжирование экосистем по категориям хозяйственного использования*;
- переориентация природопользования на *экономию природных ресурсов*.

Экономика против экологии

Экология: человек и природа. В проблеме взаимоотношения человеческого общества и природы *ключевой вопрос – место человека в природе.* В генетических программах человека закреплены жесткие законы жизни экосистемы. Основной вывод: *человек существует внутри, а не вне природы.* Биологическая эволюция бессильна в условиях быстрой антропогенной трансформации природной среды из-за несопоставимости темпов адаптации (сотни, тысячи и миллионы лет) и антропогенной трансформации природной среды (годы и десятки лет). Противоречия между целями *Homo sapiens* как вида и реальными результатами его жизнедеятельности должны привести к исчезновению вида *Homo sapiens* как нарушителя фундаментальных законов биологических систем [13].

Экономика: без человека и без природы. Глубокий разрыв между человеком и природой – логическое следствие традиционной концепции прогресса, приводящей к экспоненциальному росту экономики. Характерная особенность экспоненциального роста – *внезапность потери контроля над ситуацией* [15]. Традиционная природоохранная деятельность не в состоянии остановить глобальную экологическую катастрофу без коренного изменения мировоззрения потребительского общества. В процессе экономического развития долгопериодные (десяtkи и сотни лет) *экологические* соображения игнорируются по *экономическим* соображениям управления с короткопериодными обратными связями (10–20 лет) [18]. Таким образом, *экономические и экологические интересы общества противоречивы в своей основе*. Как следствие при оптимальном (по критериям устойчивого развития) сочетании экономических и экологических интересов *экологические интересы должны превалировать*.

Философия устойчивого развития: от антропоцентризма к экоцентризму

Устойчивое развитие: экология и качество жизни. Методология изолированного рассмотрения биосферы, общества и человека не может разрешить глубокие противоречия между экспоненциальным развитием человеческого общества и разрушением естественной среды обитания человека. Новый стиль мышления (по Н.Ф. Реймерсу): все три блока глобальной системы «биосфера – общество – человек» рассматриваются как подсистемы, интегрированные в единую социоэкологическую («биоэкономическую», социоприродную) систему мира. В этой системе экономика и экология должны рассматриваться наукой как разделы одной области знания и исследования – *экологии* [14]. С научной точки зрения идея устойчивого развития пока не представляется достаточно аргументированной, являя собой скорее мировоззренческую концепцию (и гипотезу) возможного в будущем развития общества и его коэволюции с природой. Определение понятия устойчивого развития объединяет два основных мировоззренческих признака – антропоцентрический и экоцентрический [19].

Будущее человечества на планете Земля должно определяться двумя понятиями: благосостоянием человека и экологической нагрузкой. Программа ООН по развитию рассматривает «индекс человеческого развития» и суммарное воздействие (нагрузку) от населения на ОС и на мировой запас ресурсов.

Единая социо-эколого-экономическая система. Экономика должна выйти за пределы цепочки «товар – деньги – товар» в область «*природная система – природные ресурсы – товар – деньги – воспроизводство природных систем*». Необходим переход к целенаправленному управлению глобальной социо-экологической системой на основе трехмер-

ного – социологического, экологического и экономического – системного анализа [22]. Переход к устойчивому развитию делает необходимым включение экологического фактора в систему основных социально-экономических показателей развития. Например, использование показателей истинных сбережений вместо ВВП более объективно отражает реальный совокупный капитал общества [18].

Философия, культура и экоэтика. Реальные изменения в мировоззрении индустриального общества отражают начало перехода биосферы в новую фазу развития – *социоприродную систему* (СПС, аналог «социо-экологической», «биоэкономической» системы). Угроза превращения СПС в техносферу, а человека – в *Homo techniques* приводит к глубоким сомнениям в прочности оснований перехода к устойчивому развитию. Главная мировоззренческая проблема: *необходимость коренного изменения парадигмы индустриального общества* – представления о неограниченном росте уровня и объемов потребления («сверхпотребления») как о цели и смысле жизни. Революционный поворот в сознании человека может произойти через «нравственный закон внутри нас». Таким образом, *многие экологические проблемы представляют по своей сути этические проблемы, а этический принцип* представляется основополагающим на пути гармонизации природы и общества [24].

Основные положения (цели) *экоэтики*, сформулированные Отто Кинне [13], завершаются выводом (шестое положение): *«Если ответ на сформулированные цели «нет» – человечество исчезнет с арены жизни».*

В методологии оценки состояния природных систем должна произойти радикальная смена подходов: *жесткие критерии оценки состояния (экологические нормы, стандарты) должны уступить место директивам относительно желаемого качества ОС.* На практике невозможно провести четкую границу между «хорошими» и «плохими» условиями существования экосистемы. Аналогичная ситуация характерна и для системы человеческой этики, где всегда существует «серая зона» между добром и злом. Следствием этого должен стать *дифференцированный подход к оценке качества ОС* для разных категорий природных объектов. Эти подходы должны опираться на *определение тех конечных целей, на которых необходимо строить стратегию общества в отношениях с природой.* В основание парадигмы новых отношений общества и биосферы должны быть положены не только чисто рациональные интересы общества, но и в той же степени *иррациональные эстетические и этические императивы* (О. Кинне [13]).

Экоэтика и экономика – «эконэтика». Основные принципы жизнедеятельности экосистем – нелинейные и циклические. Экономика – изначально неустойчивая система, в ее принципах заложены экспоненциальный рост и соответственно самоуничтожение. Фундаментальный тезис: *противоречия принципов экономики принципам экологии требуют радикального пересмотра принципов экономики.* Принципы *эконэтики* [13]:

- приближение к природным круговоротам веществ;
- последовательное снижение антропогенного воздействия на природные экосистемы;
- установление «пределов роста» основных параметров человеческого общества.

Условия устойчивости потребления природных ресурсов

Исходные положения. Экономическое (и любое другое) развитие человечества возможно при непереносимом условии разрушения окружающей его природы, т.е. ускорения естественных темпов роста энтропии экосистем всех рангов (Н.Ф. Реймерс [14]). Таким образом, основной и очевидный принцип регулирования природных ресурсов – ограничения в природопользовании.

Три правила Х. Дэли для устойчивого потребления ресурсов (сырья) и энергии [29]:

- для возобновляемых ресурсов – *устойчивая интенсивность использования не может превышать темпов восстановления ресурса;*
- для невозобновляемых ресурсов – *устойчивая интенсивность потребления не может превышать скорости его замещения другим, возобновляемым ресурсом;*
- для загрязняющего вещества – *интенсивность его поступления в ОС не может превышать скорости его деструкции либо обезвреживания в ОС в результате естественных процессов.*

Многообещающий подход к оценке антропогенного воздействия на ОС заключается в пересчете всех видов воздействия человека на глобальную экосистему в эквивалентное количество земель, необходимых для того, чтобы поддержать все потоки ресурсов, предоставляемые средой человеку [21]. По расчетам экологической нагрузки на рубеже тысячелетий человечеству уже требовалось на 20% больше земель, чем все, которые есть на планете Земля.

Ресурсосбережение – одно из важнейших условий устойчивого развития. *Время дешевых ресурсов в мире закончилось*, истинная цена сырья непрерывно растет. Избитый тезис о «полной обеспеченности России природными ресурсами» следует воспринимать весьма условно. Важнейшие для экономики ресурсные циклы воспроизводства природного сырья и трудового населения оказываются вне производственной (экономической) сферы.

Возобновляемые ресурсы. Основной возобновляемый ресурс, жизненно необходимый для человека, – сама природа. *Воспроизводство природы для человека и оптимальное воспроизводство самих людей стали необходимостью* [14].

Продовольствие, земли, почвы. Технологические пределы урожайности, достигнутые в развитых странах, в 2–5 раз превышали среднемировые показатели. Производство продовольствия в мире растет в основном

за счет интенсификации земледелия, а не в результате увеличения посевных площадей. Пахотный слой исчезает со скоростью, превышающей скорость восстановления в 16–300 раз – в зависимости от региона. Основные положения стратегии сохранения ресурсов сельскохозяйственных земель и производства продовольствия в мире [21]:

– *возвращение к традиционным, известным испокон века агротехнологиям;*

– *внедрение высокопроизводительных технологий «органического фермерства» с частичным или полным отказом от химических удобрений и пестицидов, применением высокопроизводительных машин, высокоурожайных культур и т.п.*

Вода [21]. Основная проблема – неравномерность распределения этого ресурса на планете. Миллиард человек все еще испытывает нехватку питьевой воды. Существует много путей к устойчивому использованию воды без роста ее изъятия и потребления:

- дифференцировать применение воды соответствующего качества;
- внедрять капельное орошение;
- внедрять устройства экономии воды в домашнем хозяйстве;
- устранять протечки;
- выращивать растения, соответствующие климату;
- вводить в промышленности системы замкнутого водооборота;
- в зонах городской застройки собирать дождевую воду.

В стоимость воды должна быть включена экологическая часть цены этого ресурса.

Леса. Наблюдается четкая мировая тенденция к массовому уничтожению лесов. Леса средней полосы относительно стабильны. Если эта тенденция не изменится, то незащищенные тропические леса исчезнут к концу XXI века [21]. Существует много реальных способов вернуть скорости потребления лесной продукции в устойчивые рамки как за счет сокращения потребления, так и за счет рационализации лесного хозяйства. Способы снижения расхода древесины, которые могут стабилизировать мировой объем изъятия этого ресурса:

- эффективное использование и рециклинг бумаги;
- применение эффективного лесопильного оборудования;
- более эффективное использование топлива;
- радикальное повышение полной стоимости лесоматериалов за счет установления реальной «экологической» цены древесины.

Древесные плантации площадью около 0,4% площади незащищенных тропических лесов могут полностью удовлетворить мировую потребность в целлюлозе, пиломатериалах, дровах и т.п. К этому стоит добавить огромные ресурсы перестойного и упавшего древостоя.

Биологические виды и функции экосистем. Неоценимая роль биотических ресурсов выражается через *природоохранительные функции эко-*

систем – такие, как очищение воздуха и воды, разложение, нейтрализация и связывание отходов, восстановление плодородия почв, частичная стабилизация климата и др. [38]. Стоимостная оценка этого возобновляемого ресурса приводит к величинам порядка десятков триллионов долларов в год,кратно превышающим годовой оборот мировой экономики. С помощью мониторинга численности популяций большого количества известных видов удалось заключить, что *глобальный ресурс функций экосистем используется неустойчиво* [42].

Исчерпаемые ресурсы. Серьезная причина озабоченности – надвигающийся глобальный экологический кризис, вызванный ростом концентрации в атмосфере парниковых газов. Поэтому определяющее значение при достижении пределов потребления ТЭР и развития энергетики приобретают выбросы в ОС и отходы. Реальные перспективы широкого использования относительно экологически чистой ядерной энергии остаются неясными из-за нерешенности проблемы локализации или утилизации РАО и ввиду истощаемости дешевых ресурсов урана. Существует *два стратегических направления для решения проблемы истощения ископаемых видов топлива* – быстрое и длительное. Быстрая стратегия – повышение энергоэффективности за счет внедрения современных энергосберегающих технологий. Стратегия на длительную перспективу – использование возобновляемых («альтернативных») источников энергии. При этом следует иметь в виду, что возобновляемые источники энергии не полностью экологически безвредны и имеют пределы использования [21].

Материалы. Существуют пределы количества материалов, которые человек в состоянии использовать за год. Хороший уровень жизни можно поддержать, потребляя меньше материальных ресурсов. Наиболее эффективным шагом к устойчивому развитию представляется всемерное расширение использования вторичного сырья и развитие соответствующих технологий [21]. Внедрение систем рециклинга материалов возвращает нас к природным процессам кругооборота веществ, к чему призывает первая цель *экоэтики*.

Устойчивое развитие региона

Общий подход. В идеале устойчивое развитие общества может быть обеспечено при выполнении условий устойчивого развития в каждой ячейке пространственной структуры мирового сообщества – от уровня отдельной семьи (дом, усадьба), муниципальных образований (населенные пункты, небольшие районы) до континентов (Европа, Азия и т.п.). Устойчивое развитие региональной системы должно подчиняться общим принципам, требованиям и условиям устойчивого развития в социально-экономической сфере и в области природопользования. В последние десятилетия XX века наметилась устойчивая тенденция к применению принципа зонирования земель для решения задач защиты ОС и природопользования.

Устойчивость региональных систем. Идеи Н.Ф. Реймерса о роли ресурсных балансов в определении пределов антропогенной нагрузки на региональные геосистемы содержат новаторские положения, о которых говорилось в п. 3.2.2 [49]:

– *показатели ресурсных балансов региона – основная характеристика, определяющая экологическое состояние («степень сбалансированности») территориальной системы, которая испытывает антропогенную нагрузку от регионального промышленного производства;*

– *удельный вес естественных биогеоценозов – один из основных показателей ресурсообеспеченности региона.*

«Степень сбалансированности» ресурсов и «удельный вес естественных биогеоценозов» должны служить основными показателями экологического состояния («экологического благополучия») региона, по которым оценивается потенциал его устойчивого развития.

Формирование региональной политики в России. Региональная политика должна стать одним из основных приоритетов промышленной политики на уровне государства [50]. Рынок в чистом виде усугубил проблемы территорий, в том числе и проблему региональных диспропорций. Политика «выравнивания» развития регионов не оправдывает себя в новых условиях либо, по крайней мере, выглядит недостаточно эффективной.

Сегодня Россия, как и ряд других стран, вступила в эпоху, вызванную глобализацией и названную экспертами «революцией регионов». Современная региональная политика теперь должна быть адекватной не только процессам внутри страны, но и процессу глобализации, появлению новых крупных макрорегионов. Утрата эффективности прежними схемами территориального развития ставит на повестку дня вопрос о разработке новой региональной политики в России. Согласно Концепции стратегии социально-экономического развития регионов РФ, разработанной Минрегионразвития РФ, бюджетные средства в первую очередь будут выделяться так называемым опорным территориям («локомотивам роста»), которые должны буквально «вытянуть» развитие соседних территорий, не способных пока самостоятельно обеспечить собственный экономический рост [51].

Важную роль в этих процессах будет играть атомный энергопромышленный комплекс, который должен решать множество инновационных технологических проблем, связанных с топливными ресурсами, разработкой и внедрением замкнутого ядерного топливного цикла и реакторов на быстрых нейтронах, обращением с отходами и ОЯТ и др. Таким образом, присутствие в регионе крупных предприятий ЯТЦ дает мощный стимул для устойчивого развития «опорной» модели региональной экономики.

Список литературы

1. Лисицын Е.Н. Охрана природы в зарубежных странах. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215 с.

2. Порфирьев Б.Н., Виноградова А.Е. Финансирование природоохранных мероприятий в развитых зарубежных странах // Экономика и управление природопользованием (зарубежный опыт). – М., 1990. – С. 84–117. (ВИНИТИ. Итоги науки и техники. Сер. Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. Т. 26.)
3. Dwyer J.P. The pathology of symbolic legislation // *Ecol. Law Quart.* – 1990. – Vol. 17. – N 2. – P. 233–316.
4. Alm A.L. An environmental agenda for the new administration // *Environ. Sci. and Technol.* – 1989. – Vol. 23. – N 1. – P. 27.
5. Ember L.R. EPA urges to tackle solve highest risk pollution problems // *Chem. und Eng. News.* – 1990. – Vol. 66. – N 42. – P. 24–25.
6. Doern G.B. Getting it green: Canadian environmental policy in the 1990s // *Environ. Imperative: Market Approaches Green Canada: Pap. Conf. «Environ. Policy and Energy Ind. Alberta»*, Calgary, Jan. 18–19, 1990. – Toronto: Calgary, 1990. – P. 1–18.
7. Orchard D. The green plan: A national challenge for Canada // *J. Air Waste Manag., Assoc.* – 1991. – Vol. 41. – N 3, P. 268–271.
8. Виноградова А.Е. Законодательство и регламентирующие положения в области борьбы с загрязнением воздуха в странах-членах ЕЭК // *Правовые вопросы ООС: ЭИ.* – 1991. – № 2. – С. 1–7.
9. Environment and Health: the European Charter and Commentary – 1-st European Conference on Environment and Health (Frankfurt, 7–8 Dec. 1989) // *Reg. Publicureser / WHO* – 1990, № 35. – P. 1–154.
10. Sueishi T. Экологическое содержание городских проблем // *Каике дзехо кагаку.* – 1990. – № 1, – С. 14–20.
11. Масуда Есинобу. Правительственная концепция окружающей среды: ее принципы и их критическая оценка (Япония) // *Кэйдзай.* – 1991. – № 322. – С. 91–103.
12. Morita Tsuneyki. Прогноз экологических проблем в XXI веке // *Канке дзехо кагаку (Environ. Inf. Sci.)* – 1990. – Vol. 19. – № 1. – С. 2–9.
13. Kinne O. *Marine Ecology Progress Series.* – 1997. – Vol. 153. – N 1–3.
14. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: ИЦ «Россия молодая», 1992. – С. 363.
15. Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W. III *The Limits of Growth. A Report to the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind.* – N.Y.: Universe Books, 1972.
16. Сен-Марк Ф. Социализация природы. – М.: Прогресс, 1977. – С. 54.
17. King A., Schneider B. *The First Global Revolution.* – Lond., 1991. – P. 39.
18. Бобылев С.Н. Экологические аспекты макроэкономической политики // *Матер. междунар. науч.-практ. конф. МГУ – СУНИ «Человечество и окружающая среда»*. 26–28 окт. 2004 года. – М., МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: Изд. МГУ, 2004. – С. 93–94.
19. Урсул А.Д. Путь в ноосферу (концепция выживания и устойчивого развития цивилизации). – М., 1993.
20. Наше общее будущее: Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию, представленный ООН в 1987 года («Доклад Брунтдланд»): Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1989. – 372 с.
21. Meadows D.H., Randers J., Meadows D.L. *Limits to Growth. The 30-Year Update.* – White River Junction, Vermont: Chelsy Green Publ. Company, 2002. (Русское издание:

Медоуз Д., Рандерс Й, Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.)

22. Олдак П.Г. Современное производство и окружающая среда. – Новосибирск: Наука, 1979. – 191 с.

23. Weiss H. Landschaft als Ware? // *Anthos*. – 1979. – Vol. 18. – N 3. – P. 2–8.

24. Козлов Б.И. Неизбежное будущее – экологический социализм // Новая газета. – 2008. – № 38 (1356).

25. Материалы Байкальской международной конференции ЮНЕСКО «Экологическая этика и образование для устойчивого развития» (озеро Байкал, 29 июня – 2 июля 2006 года) // Использование и охрана природных ресурсов в России: Бюллетень. – 2006. – № 4. – С. 125.

26. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (принят Государственной Думой 20 декабря 2001).

27. Маяцкий М. Курорт Европа. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2009. – 176 с.

28. Голуб А.А., Струкова Е.Б. Экономика природных ресурсов. – М.: Аспект Пресс, 1998. – 319 с.

29. Daly H. Toward Some Operational Principles of Sustainable Development // *Ecological Economics*. – 2004. – Vol. 2.

30. Сватков Н.М. Основы планетарного географического прогноза. – М.: Мысль, 1974. – 197с.

31. Горшков В. Единая стратегия выживания // *Знание – сила*. – 1991. – № 6. – С. 5–10.

32. Хлобыстов Е.В. Методология анализа и нормирования экологической безопасности промышленного производства // *Экология городов и рекреационных зон: Матер. междунар. научн.-практ. конф.* – Одесса, 1998. – С.87–94.

33. Научный анализ результатов Всемирной конференции по изменению климата. – М.: Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, 2004. – 264 с.

34. Harrison P. Land, Food and People. – Rome: FAO, 1984.

35. Барановская Т. По регламенту не выпьешь // *Российская газета*. – 2009. – № 112. Экономика (Экология).

36. World Commission on Forestry Sustainable Development (WCFSD) – Our Forests, 48.

37. Brown *et al.* State of the World. – N. Y.: W.W. Norton & Company, 1999. – P. 65.

38. Natures Services: Societal Dependences on Natural Ecosystems / Ed. by G.C. Daily. – Washington DC: Island Press, 1997.

39. Constanza R. *et al.* The Value of the World Ecosystem Services and Natural Capital // *Nature*. – 1997. – Vol. 387. – P. 253–260.

40. May R.M. How Many Species Inhabit the Earth? // *Scientific American*. – 1992. – Vol. 42.

41. Don Hinrichson Coral Reefs in Crisis // *Bioscience*. – 1997. – Oct.

42. WWF – Living Planet Report, 2002.

43. Sorensen B. Long Term Scenarios for Global Energy Demand and Supply – Energy & Environment Group, Roskilde University, Jan. 1999.

44. International Energy Agency. World Energy Investment Outlook. – Paris, 2003.

45. Пономарев-Степной Н.Н., Цибульский В.Ф. Ядерная энергетика и энергетическая безопасность // *Бюллетень по атомной энергии*. – 2006. – № 7. – С. 11–17.

46. UNDP Human Development Indicators, 2003.

47. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 августа 2003 года № 1234-р).

48. Organization for Economic Cooperation and Development: Critical Issues – Paris: OECD, 2001. – P. 278.

49. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994. – 366 с.

50. Щедровицкий П.Г. Промышленной политики не будет без политики региональной // Эксперт-Урал. – 2004. – № 27 (154); Российское экспертное обозрение. – 2004. – № 12 (www.rusreu.org).

51. Новый поворот в региональной политике? (От ред.) // Российское экспертное обозрение. – 2005. – № 13 (www.rusreu.org).

Содержание

Список сокращений	5
Введение	8
Глава 1. Кризис в отношениях общества и природы – глобальный экологический кризис	15
1.1. Глобальная экономика	15
1.1.1. Пределы роста	15
1.1.2. Глобализация	17
1.2. Отходы и загрязнение природной среды	21
1.3. Ресурсы	23
1.3.1. Проблема	23
1.3.2. Земля	25
1.3.3. Пресная вода	26
1.3.4. Центральная роль энергии	28
1.3.5. Альтернативные источники энергии	33
1.4. Изменение климата	36
1.4.1. Состояние климатической системы	36
1.4.2. Последствия изменения климата	37
1.5. Устойчивое развитие	41
1.5.1. Понимание проблемы и эволюция сознания	41
1.5.2. «Проклятые» неопределенности	42
1.5.3. Императивы устойчивого развития: сохранение биосферы и отказ от концепции роста	43
1.6. Россия в глобальном экологическом кризисе	46
1.7. Резюме. Глобальный экологический кризис	49
<i>Список литературы</i>	55
Глава 2. Ограничение антропогенного воздействия на природные ресурсы (защита окружающей среды)	58
2.1. Ущерб природным ресурсам: основные понятия, термины, проблемы	58
2.1.1. Природная среда	58
2.1.2. Природные ресурсы	60
2.1.3. Негативное воздействие на окружающую среду	61
2.2. Категории природных систем	64
2.2.1. Общие соображения	64
2.2.2. Категории природных систем в Законе	67
2.2.3. Практическое применение: оценка состояния природных систем	69
2.3. Эколого-экономический ущерб	71
2.4. «Эколого-экономическая безопасность»	74
2.5. Резюме. Ограничение антропогенного воздействия на природные ресурсы (защита окружающей среды)	77
<i>Список литературы</i>	79
Глава 3. Проблема экологического нормирования	81
3.1. Критерии «нормы» и «патологии»	81

3.2. Допустимое антропогенное воздействие: состояние проблемы и идеи	86
3.2.1. Допустимое воздействие на экосистему	86
3.2.2. Допустимое воздействие на региональную систему	90
3.2.3. Допустимое воздействие на биосферу	94
3.3. Соотношение природных и нарушенных экосистем	96
3.4. Резюме. Проблема экологического нормирования	99
<i>Список литературы</i>	102
Глава 4. Состояние природных ресурсов в России в современный период	104
4.1. Общий подход	104
4.2. Возобновляемые ресурсы	104
4.2.1. Атмосферный воздух	104
4.2.2. Земельные ресурсы	105
4.2.3. Природные воды	116
4.2.4. Лесные ресурсы	121
4.2.5. Животный мир, в том числе рыбные ресурсы [5]	127
4.3. Минеральное сырье.	139
4.4. Энергетические ресурсы	140
4.4.1. Уголь и углеводородное топливо	140
4.4.2. Ядерное топливо	144
4.4.3. Гидроресурсы и другие возобновляемые источники энергии	145
4.4.4. Обеспеченность энергоресурсами	148
4.4.5. Энергоэффективность экономики и экологическая безопасность энергетики	152
4.5. Резюме. Состояние природных ресурсов России в современный период	155
<i>Список литературы</i>	164
Глава 5. Экономические механизмы регулирования потребления природных ресурсов	167
5.1. Ограниченность ресурсов	167
5.2. Стоимость природных ресурсов	170
5.2.1. Существующие подходы	170
5.2.2. Методы оценки ущерба биоресурсам	173
5.3. Проблема собственности природных ресурсов	176
5.4. Законодательная и нормативно-правовая база	177
5.5. Основные виды платежей за использование природных ресурсов	178
5.5.1. Плата за землю	179
5.5.2. Плата за пользование водными ресурсами	179
5.5.3. Плата за пользование лесными и растительными ресурсами	180
5.5.4. Плата за пользование ресурсами животного мира	180
5.5.5. Плата за использование недр	180
5.5.6. Плата за размещение и захоронение отходов	181
5.6. Макроэкономика: экологические коррективы	181

5.7. Резюме. Экономические механизмы регулирования потребления природных ресурсов. Ограниченность ресурсов	183
<i>Список литературы</i>	186
Глава 6. Загрязнение окружающей среды в России в современный период	187
6.1. Атмосферный воздух	188
6.1.1. Атмосферные выбросы	188
6.1.2. Выбросы парниковых газов	190
6.1.3. Загрязнение воздуха городов	192
6.1.4. Фоновое загрязнение атмосферы	194
6.1.4. Радиоактивное загрязнение воздушной среды	197
6.2. Поверхностные и подземные воды, морские воды	201
6.2.1. Сбросы загрязненных сточных вод	201
6.2.2. Химическое загрязнение поверхностных вод	204
6.2.3. Оценка экологического состояния поверхностных вод по гидробиологическим показателям	217
6.2.4. Загрязнение подземных вод	220
6.2.5. Загрязнение морских вод	221
6.2.6. Радиоактивное загрязнение водной среды	228
6.3. Почвы	230
6.3.1. Фоновое загрязнение почв	230
6.3.2. Загрязнение почв городов и промышленных районов	232
6.3.3. Загрязнение сельскохозяйственных земель	235
6.3.4. Радиоактивное загрязнение почв	238
6.4. Отходы	239
6.4.1. Токсичные химические отходы	239
6.4.2. Отходы атомной промышленности и энергетики	242
6.5. Резюме. Загрязнение окружающей среды в России в современный период	248
<i>Список литературы</i>	259
Глава 7. Современные подходы к ограничению загрязнения окружающей среды	261
7.1. Основные подходы	261
7.2. Санитарно-гигиенический подход	262
7.3. Нормирование радиоактивного загрязнения	263
7.4. Эколого-токсикологический подход	264
7.5. Комплексные подходы: атмосферный воздух, почва и поверхностные воды.	266
7.5.1. Комплексные показатели загрязнения.	266
7.5.2. Гидробиологические показатели загрязнения.	268
7.5.3. Биотесты	269
7.6. Экосистемный подход: поверхностные воды	270
7.7. Эколого-геохимический подход	271
7.8. Глобально-балансовый подход	274
7.9. Эколого-экономический подход	275
7.10. Резюме. Современные подходы к ограничению загрязнения	

окружающей среды. Основные подходы	278
Список литературы	281
Глава 8. Действующий экономический механизм взимания платы за загрязнение окружающей среды и другие виды экологического ущерба	284
8.1. Плата за загрязнение: существующие подходы	284
8.2. Законодательная и нормативно-правовая база	285
8.3. Действующий механизм установления платы за загрязнение окружающей среды	286
8.3.1. Общие принципы	286
8.3.2. Базовые нормативы	287
8.3.3. Дифференцированные нормативы	288
8.3.4. Конкретные размеры платежей	289
8.4. Методы оценки ущерба биоресурсам	291
8.5. Резюме. Действующий экономический механизм взимания платы за загрязнение окружающей среды и другие виды экологического ущерба	292
Список литературы	294
Глава 9. Примеры зарубежного опыта экономической оценки ущерба от воздействия на природную среду	295
9.1. Общие подходы	295
9.2. Методы экономической оценки экологического ущерба	296
9.2.1. Процедура «экологической ответственности»	297
9.2.2. Метод «ресурс за ресурс»	297
9.2.3. «Затраты за стоимость»	299
9.3. Практика оценки ущерба природным ресурсам	300
9.3.1. Национальные особенности	300
9.3.2. США: аварийное и накопленное загрязнение	302
9.4. Резюме. Примеры зарубежного опыта экономической оценки ущерба от воздействия на природную среду	304
Список литературы	305
Глава 10. Роль ядерной энергетики в устойчивом развитии общества	307
10.1. Роль ядерной энергетики в обеспечении экологически безопасного энергопроизводства	307
10.1.1. Эволюция развития и глобальные прогнозы	307
10.1.2. Топливные циклы: воздействие на окружающую среду	310
10.1.3. Сравнительная оценка экологических ущербов от ядерной энергетики и других отраслей экономики	319
10.1.4. Топливные циклы: конкурентоспособность	324
10.1.5. Топливные циклы: Киотский протокол	328
10.2. Ядерная энергетика в энергетической стратегии России	331
10.2.1. Национальная стратегия устойчивого развития	331
10.2.2. Состояние и перспективы развития электроэнергетики в России	334
10.2.3. Ретроспектива и состояние развития ядерной энергетики	340

10.2.4. Среднесрочные перспективы развития ядерной энергетики	343
10.2.5. Долгосрочная стратегия развития ядерной энергетики	345
10.3. Резюме. Роль ядерной энергетики в устойчивом развитии общества	349
<i>Список литературы</i>	356

Глава 11. Перспективные подходы к регулированию

природопользования	359
11.1. Опыт регулирования природопользования в развитых странах	359
11.1.1. США	360
11.1.2. Канада	362
11.1.3. Страны Западной Европы	364
11.1.4. Япония	366
11.2. Экономика против экологии	367
11.2.1. Экология: человек и природа	368
11.2.2. Экономика: без человека и без природы	369
11.3. Философия устойчивого развития: от антропоцентризма к экоцентризму	370
11.3.1. Устойчивое развитие: экология и качество жизни	370
11.3.2. Единая социо-эколого-экономическая система.	372
11.3.3. Философия, культура и экоэтика	374
11.3.4. Экоэтика и экономика – «эконэтика»	378
11.4. Условия устойчивости потребления природных ресурсов	379
11.4.1. Исходные положения	379
11.4.2. Возобновляемые ресурсы	382
11.4.3. Исчерпаемые ресурсы	389
11.5. Устойчивое развитие региона	393
11.5.1. Общий подход	393
11.5.2. Устойчивость региональных систем	396
11.5.3. Формирование региональной политики в России	397
11.6. Резюме. Перспективные подходы к регулированию природопользования	400
<i>Список литературы</i>	407

Ветров Владимир Александрович
Казаков Сергей Викторович

Природопользование и ядерная энергетика в России

Редактор *Е.В. Сатарова*
Компьютерная верстка: *А.М. Сысоев*
Оформление переплета: *М.Н. Гуров*

Подписано в печать 23.06.2010 г.
Формат 60×90 ¹/₁₆. Бумага офсетная №1. Усл.-печ. л. 26.
Уч.-изд. л. 26.
Тираж 500 экз. Заказ №

ЗАО «Издательство Атомэнергоиздат» 125171, Москва,
E-mail: aeizdat@mail.ru

ISBN 5-98535-012-6



9 785985 350128