

ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

Л.Н. Храмова, Р.А. Степень, С.В. Соболев

Основы промышленной экологии

Учебное пособие

Красноярск, 2012

УДК 504 (075.8)
ББК 20.1я73
Х 89

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор Ю.Ю. Логинов,
доктор технических наук, профессор Н.Г. Чистова,
кандидат экономических наук, доцент В.А. Лукин

Храмова Л.Н.

Х 89 Основы промышленной экологии: учеб. пособие /Л.Н. Храмова, Р.А. Степень, С.В. Соболев – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. – 240 с.

ISBN 978-5-7638-2589-3

Систематизированы материалы по промышленной экологии, подчеркивается тесная связь экологии и экономики, её социальный аспект. Анализируется тенденция развития биосферы и возможности оздоровления природной среды.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Филологическое образование», «Социальная работа», «Педагогическое образование», «Менеджмент», «Экономика», а также других гуманитарных направлений и специальностей. Может быть полезно учителям и всем интересующимся современными проблемами экологии.

ISBN 978-5-7638-2589-3

© Л.Н. Храмова, Р.А. Степень,
С.В. Соболев, 2012

© Сибирский федеральный
университет, 2012

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время человечество переживает самый сложный период в своем поступательном развитии. В связи с ускорением научно-технического прогресса резко возросло антропогенное давление на среду, изменившее соотношение сил между ней и человеком и превратившее в реальность появление ряда негативных необратимых процессов уже в XXI в. Загрязнение биосферы несвойственными ей компонентами и все увеличивающиеся масштабы воздействия постепенно расшатывают сложившееся миллионами лет равновесие. Это чревато грозными последствиями, выражающимися поражением генофонда, нарушением режима тепло- и массообмена между атмосферой и океаном, изменением циркуляции воды и воздуха на планете. За последние несколько десятилетий такое представление реально подтверждается нарастанием частоты наследственных заболеваний и врожденных уродств, отклонением от нормы основных климатических характеристик и катастрофических наводнений и засух во многих регионах земного шара. Ранее загрязняющие вещества концентрировались в определенных районах, приводя к ухудшению качества жизни населения, снижению продуктивности полей и лесов, ускорению коррозионных процессов. В последнее время поллютанты распространяются повсеместно. Трансграничные переносы стали обычным явлением, и загрязнители промышленных зон воздушными потоками переносятся на экологически благополучные территории, вызывая негативные последствия. Такое развитие событий указывает, что для улучшения экологического состояния необходимо привлечение сил всего мирового сообщества.

Для преодоления экологического кризиса и успешного практического решения возникших экологических проблем необходим переход к новой идеологии, к экологизации образования и воспитания, экономики и производства, политики, к постиндустриальной экологически ориентированной цивилизации. Для этого нужна новая система знаний, построенная на единой основе и выходящая за традиционные рамки биологической экологии. Требования такой идеологии намного сложнее задач охраны окружающей среды. Они не ограничиваются лишь сокращением потока загрязнений. Анализ положения свидетельствует о срочной необходимости перехода с технократического на экологический путь развития производства.

ГЛАВА 1. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Любое техническое совершенствование обеспечивает жизнедеятельность человека лишь в пределах законов природы. Его существование тесно связано с газовым составом атмосферы, качеством воды, температурой, пищей. Требования живого организма к качеству среды вырабатывались в результате эволюции в течение длительного времени. При их резком отклонении от выработанной тысячелетиями нормы возможны серьезные нарушения обмена веществ и даже летальный исход.

Неразумное использование природных ресурсов и систем без учета взаимоотношения процессов, обусловленных техническим прогрессом, с компонентами биосферы ведет к необратимым негативным последствиям. Непрерывающееся антропогенное вмешательство в природные процессы в настоящее время привело к ситуации, близкой к экологическому кризису. Для снижения техногенной нагрузки и смягчения экологического состояния необходимо решение двух основных задач:

1. Оптимизация технологических и других решений, обеспечивающих нанесение минимального вреда природе и здоровью человека и его потомству.
2. Объективная оценка и прогнозирование возможных негативных последствий, настоящих и будущих, технологических процессов и производств для жизнедеятельности человека, животных, растительного мира и биосферы в целом.

Перед современным поколением остро стоит проблема повышения эффективности природоохранных мер. Для этого необходимо шире внедрять мало- и безотходные процессы и технологии, развивать комбинированные ресурсосберегающие предприятия. Лишь реализация этого дает возможность обеспечить комплексное использование природных ресурсов, сырья и материалов и свести к минимуму вредное воздействие на окружающую среду. Такая постановка требует нового подхода к использованию экосистем и ресурсов, основанного на достижениях науки и техники. Он включает предотвращение загрязнения воды и воздуха промышленными сбросами и выбросами, бытовыми отходами, радионуклидами, отравление почвы ядохимикатами. Кроме того, подход должен предусматривать борьбу с эрозией почвы, повышение её продуктивности, регулирование численности животных и других организмов, разработку правовых основ ресурсо- и природопользования, экологическую оценку антропогенного воздействия, в том числе и в перспективе.

Наиболее важное место при этом отводится очистке промышленных и других эмиссий от примесей, их улавливанию и утилизации. Рациональным путем достижения цели считается совершенствование технологических процессов, обеспечивающее комплексную переработку

сырья. Его реализация во многом зависит от замыкания материальных и энергетических потоков.

Весьма актуальны также вопросы эффективности контроля состояния воздуха, воды и почвы в рабочих и жилых зонах. Содержание поллютантов на должном уровне регулируется, в конечном счете, мерой безотходности предприятия, совершенством очистных сооружений. В ряде случаев природоохранные мероприятия представляются более приоритетными по сравнению с производительностью труда, экономической эффективностью и т.п.

Решение проблемы наряду с законодательными мероприятиями базируется на непрерывности экологического обучения, основой которого служит направленная работа высшей школы.

1.1. Антропогенное воздействие на природную среду

Развитие научно-технического прогресса оказывает мощное воздействие на биосферу и протекающие в ней процессы. Такое воздействие обусловлено различными антропогенными факторами, которые обязаны своим происхождением человеческой деятельности. В процессе природопользования человек изменяет окружающую среду, причем эти изменения часто носят непреднамеренно отрицательный характер, который может проявиться как в настоящем, так и в отдаленном времени. Человек, стараясь улучшить условия обитания, во все возрастающем количестве вовлекает в потребление природные ресурсы. Наряду с нужной продукцией при этом производятся побочные продукты, называемые отходами или ксенобиотиками. В основном они чужды живым организмам, поскольку не участвуют в эволюции жизни. Так, лишь в последнее время в атмосфере появились тяжелые металлы, фреоны, пестициды. Такие вещества, как озон, фенолы, оксиды серы и азота, всегда присутствовали в биосфере, но в значительно меньшей концентрации. Возрастающее содержание загрязнителей привело к возникновению таких несвойственных для живой природы экологических проблем, как парниковый эффект, смоги, загрязнение природной среды токсикантами, озоновые дыры и т.д.

Рост промышленного производства обуславливает неизбежное преобразование природы. В отчете «Наше общее будущее», опубликованном Всемирной комиссией по окружающей среде и развитию в 1987 г., отмечается, что за довольно короткий исторический промежуток времени произошли значительные изменения окружающей среды, вызванные все возрастающей техногенной деятельностью человека. «За последние 100 лет объем мирового производства увеличился более чем в 100 раз. В начале XX в. производство синтетических органических веществ было минимально; сегодня объем их производства составляет

более 225 млрд фунтов только в США»¹. Выработка энергии человеком начиная с середины XIX в. резко возростала (в 20 раз), в основном за счет ископаемого топлива. В результате содержание в атмосфере двуокиси углерода увеличилось на 30 %, метана – на 100 %.²

В конце XX - начале XXI вв. ежегодно добывались из недр земли свыше 100 млрд т различных горных пород. Кроме того, распахивая почву, человек в год перемещает огромную массу земли, объемом 4 тыс. км³, что больше в 3 раза массы всех продуктов вулканических процессов и в 200 раз больше, чем сносится в моря и океаны текущими водами. Человечество забирает на хозяйственно-бытовые нужды 13 % мирового речного стока (3,8 тыс. км³); сжигает 13,2 млрд т условного топлива, потребляя при этом 22 млрд т атмосферного кислорода (данные 1993 г.); выплавляет 2,5 млрд т различных металлов; производит более 60 млн т неизвестных в природе синтетических материалов; рассеивает на полях свыше 500 млн т различных пестицидов, из которых 1/3 смывается дождями в водоемы и задерживается в атмосфере.³ В результате работы тепловых электростанций, промышленных предприятий ежегодно в атмосферу Земли выбрасываются 200-250 млн т золы, до 60 млн т диоксида серы, эксплуатации автотранспорта – около 200 млн т углерода, 40 млн т оксидов азота.⁴

Мировое сообщество, подводя итоги прошедшего XX столетия, приходит к выводу, что угроза его существования таится в катастрофической экологической ситуации. И как ни парадоксально, но главным врагом человечества сегодня стал именно человек.

Еще в конце XVIII в. Томас Роберт Мальтус (1766-1834) в книге «Опыт о законе народонаселения» говорил о безмерности потребностей растущего людского населения и ограниченности ресурсов Земли. В 1968 г. Гарретт Хардин (Garret Hardin, University of California) опубликовал статью в журнале Science «Трагедия пастбищ» (“The tragedy of the Commons”), в которой высказал мнение, что чрезмерное интенсивное использования природных ресурсов («абсолютная свобода действий») может привести к их невозполнимому истощению, а следовательно, и к изменению численности (возможно, гибели) человечества. Позже появились доклады Римского клуба «Пределы роста» (1972), «За пределами роста» (1992), подготовленные группой ученых Массачусетского технологического института (США) под руководством Д. Медоуза, в которых также говорится, что рост потребления природных ресурсов и, соответственно, производство отходов имеет границы,

¹ Гридэл Т.Е., Алленби Б.Р. Промышленная экология: Учеб. пособие для вузов /Пер. с англ. под ред. проф. Э.В. Гирусова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 527 с. (с. 7).

² Прохоров Б.Б. Экология человека: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с. (с. 133).

³ Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность.- 2-е изд. перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с. (с. 91).

⁴ Прохоров Б.Б. Экология человека: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с. (с. 168).

определяемые возможностями биосферы. В табл. 1.1 систематизированы и представлены причины и экологические последствия развития человеческого общества.

Таблица 1.1

Технологические революции и их последствия

Технологическая революция	Причины	Время	Результат	Экологические последствия
1	2	3	4	5
Первая технологическая революция (неолитическая или сельскохозяйственная)	1. Рост численности человеческого общества (10 млн чел). 2. Устаревшие технологии получения пищи: массовая охота и собирательство, привели к истощению обитаемой территории. 3. Нехватка пищи	10-12 тыс. лет до н.э. (неолит)	Новые технологии получения пищи: земледелие и скотоводство	Исчезновение крупных животных, засоление орошаемых земель, истощение почвы, перевыпас, эрозия почв, пожары ⁵
Вторая технологическая революция (промышленная)	1. Рост численности человеческого общества (1830 г. – 1 млрд чел., начало XX в. – 1,6 млрд чел., 1930 г. – 2 млрд чел). 2. Устаревшие технологии получения пищи, орудий труда и т.п. привели к истощению используемых природных ресурсов. 3. Нехватка пищи. 4. Эпидемии. 5. Войны	Конец XVII в. – середина XX в.	Новые технологии получения пищи, орудий труда и т.п. Создание индустриального общества (класса «синих воротничков» – людей, работающих на конвейере)	Сведение лесов в Англии, загрязнение атмосферы, гидросферы, эрозия почв и т.п.
Третья технологическая революция (научно-техническая - НТР)	1. Рост численности человеческого общества (1976 г. – население Земли – 4 млрд чел., 1999 г. – 6 млрд чел., 2011 г. – 7 млрд чел.	6 августа 1945 г. (Хиросима); вторая половина 40-х гг.	Технологическая перестройка человеческой цивилизации и создание нового	Кислотные дожди, «озоновые дыры» и парниковый эффект в атмосфере; загрязнение вод

⁵ Возможно, засоление и истощение почвы привели более 2 тыс. лет назад к исчезновению Шумерской цивилизации в Нижней Месопотамии.

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5
	2. Устаревшие технологии получения пищи, орудий труда и т.п. 3. Нехватка пищи и чистой питьевой воды. 4. Военные конфликты. 5. Экологические проблемы энергетики. 6. Экологические проблемы промышленности. 7. Экологические проблемы сельского хозяйства и т.д.	XX в. – ЭВМ	информационного общества. Урбанизация. Глобализация. Переход из биосферы в ноосферу	мирового океана нефтепродуктами (более 10 млн т в год) и нехватка чистой питьевой воды (более 1 млрд чел. страдают от недостатка воды); опустынивание и засоление земель; сокращение биоразнообразия; аварии на АЭС (Чернобыль и «Фукусима-1») и т.п.

Неолитическая революция определила переход человечества от охоты и собирательства к земледелию (примерно 8 тыс. лет до н.э.) и позже – к животноводству, оседлому образу жизни и увеличению численности и плотности населения в отдельных областях планеты. В результате расчистки земельных угодий под пашни и пастбища площадь лесов сократилась, происходило засоление орошаемых земель и опустынивание обитаемой территории. Первые поселения древних земледельцев возникали по берегам водоемов или возле них: междуречье Тигра и Евфрата, в долине Нила, Инда, Хуанхэ и Янцзы. Около 6 тыс. лет назад в Египте и Месопотамии появилось орошаемое земледелие, несколько позже, 3 тыс. лет назад, произошло одомашнивание животных. Исследователи считают, что плотность населения в плодородных районах достигала 230-250 человек на 1 км², а в рисоводческих – до 500 человек на 1 км².

Вторая технологическая революция началась с изобретения парового двигателя. Первая универсальная паровая машина Дж. Уатта (1784) позволила совершить переворот в промышленности. Англия стала первым государством, вставшим на путь индустриального развития, что позволило ей резко увеличить темпы развития промышленного производства. Уже в середине XIX в. эта страна производила больше половины мировой промышленной продукции и продолжала занимать лидирующие позиции почти до 30-х гг. XX в.

Однако промышленная революция привела не только к созданию новых машин, промышленного производства, конвейера и т.п., но и к появлению первого регионального экологического кризиса – истощению лесов в отдельном государстве, загрязнению воздуха, превращению рек в

сточные каналы. Кроме того, гибли пашни, пастбища в результате добычи угля, металлов, нефти.

Основной причиной наступления человечества на природу является резкое увеличение численности населения в XX в., которое с 1700 г. увеличилось в 10 раз. «Характеризуя историю урбанизации, английский исследователь Л. Мамфорд отмечал, что в 1930 г. городское население земного шара насчитывало 416 млн человек, или около 20 % его общей численности, остальные 80 % все еще жили в условиях, близких к условиям экономики неолита»⁶.

Третья технологическая революция или современная научно-техническая революция (НТР) началась с появления нового источника энергии – атомной. В это время возникают новые научные направления, новые отрасли производства: радиоэлектроника, атомная энергетика, кибернетика, химия синтетических материалов, ракетостроение, робототехника, производство ЭВМ, наноматериалов и др.

Однако первое использование атомной энергии обозначило новые серьезные экологические проблемы. В результате бомбардировки атомными бомбами (август 1945 г.) были полностью разрушены японские города Хиросима и Нагасаки, погибли десятки тысяч человек. В 1986 г. в СССР произошла авария на Чернобыльской АЭС, которая вызвала радиоактивное загрязнение значительной территории Украины, Белоруссии и западных областей России. Землетрясение в Японии в марте 2011 г. привело к частичному разрушению атомной станции Фукусима-1 и загрязнению радиоактивными веществами прилегающей территории. Кроме того, в мире накопилось огромное количество отработанных жидких и твердых радиоактивных отходов, включая ядерные реакторы и боеголовки.

Символами современности стали загрязнение воды, воздуха и почвы, растущие горы промышленного и бытового мусора.

Особо опасными считаются диоксины, полихлорбифенилы и полициклические углеводороды, прежде всего бензопирен. Основная опасность диоксинов заключается в их способности эффективно накапливаться в живых организмах и вызывать отдаленные последствия хронического отравления малыми дозами. В организме при ассимиляции веществ происходят сложные биохимические реакции. При включении в цикл ксенобиотиков метаболизм клетки нарушается, что приводит к весьма отрицательным последствиям. Так, наличие в воздушной среде повышенного содержания соединений фтора, кобальта, серы изменяет природный процесс фотосинтеза растений. Что вызывает гибель древостоев, снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Повышенное содержание в сточных водах фенолов и кислот снижает

⁶ Прохоров Б.Б. Экология человека: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с. (с. 132).

рыбные ресурсы. Источниками бензопирена служат предприятия черной и цветной металлургии, литейное производство, асфальтобетонные заводы, ТЭС, транспорт, мусоросжигание. Обжиг графитовых стержней в алюминиевом производстве ведет к образованию бензопирена и возникновению новообразований в организме. Следует отметить, что наиболее высокие концентрации бензопирена отмечаются в городах Сибири в зимнее время. Помимо ксенобиотиков на жизненные процессы оказывают влияние и другие факторы окружающей среды. Так, сброс в водоемы теплой воды или изменение режима суточной освещенности отрицательно сказывается на живых организмах.

Многие поллютанты при совместном действии усиливают токсичные влияния и вызывают разнообразные заболевания человека и ухудшение его среды обитания. При этом масштаб воздействия антропогенных факторов переходит от локальных форм, свойственных еще первой половине XX в., к планетарным масштабам. По данным института Всемирного наблюдения (г. Вашингтон), уже происходит деградация природной среды. Согласно сводкам ФАО, ежегодно уничтожаются влажнотропические леса на площади 16,8 млн га (в середине 80-х гг. XX в. – 11 млн га); возникают из-за неправильного использования земель около 6 млн га пустынь; теряются 26 млрд т плодородного слоя пахотных земель. В результате кислотных дождей повреждены леса на площади около 31 млн га и тысячи озер в США, Канаде, Швеции, Норвегии. Под угрозой исчезновения находится не менее 25-30 тыс. видов высших растений и т.д.

При этом темпы загрязнения среды с каждым годом нарастают, о чем свидетельствуют материалы конференции ООН по окружающей среде и развитию (Бразилия, 1992). Так, ежедневно в океан выливается 12 тыс. баррелей нефти, парк автомобилей увеличивается на 140 тыс. ед. Все это сопровождается ежедневным приростом населения планеты на 250 тыс. человек. Весьма тревожное положение сложилось и в России. Эмиссия воздушных загрязнителей, составляющая до 130 кг/чел, огромные отвалы горнодобывающих предприятий и хранилища отходов, загрязненная вода большинства рек и озер, радиоактивное загрязнение обширных территорий и т.д. обуславливают значительную деградацию природной среды в России.

Прошедшая XIX специальная сессия Генеральной Ассамблеи ООН подвела итоги пятилетнего периода после конференции в Рио-де-Жанейро. Констатируется, что пока не улучшилась ни одна глобальная экологическая характеристика. Осталось на бумаге обещание развитых стран ежегодно передавать 0,7 % национального дохода развивающимся странам на охрану природы.

В настоящее время накапливающиеся отрицательные последствия технического и технологического развития человеческого общества и его интенсивного наступления на природу могут привести к ядерной и экологической катастрофе.

Необходим переход к устойчивому развитию, которое предполагает оптимизацию уровня потребления человечеством материальных благ и постепенное восстановление экологических систем до уровня, обеспечивающего экологическое равновесие окружающей среды.

На рис. 1.1 представлена общая схема взаимодействия человека с окружающей средой.

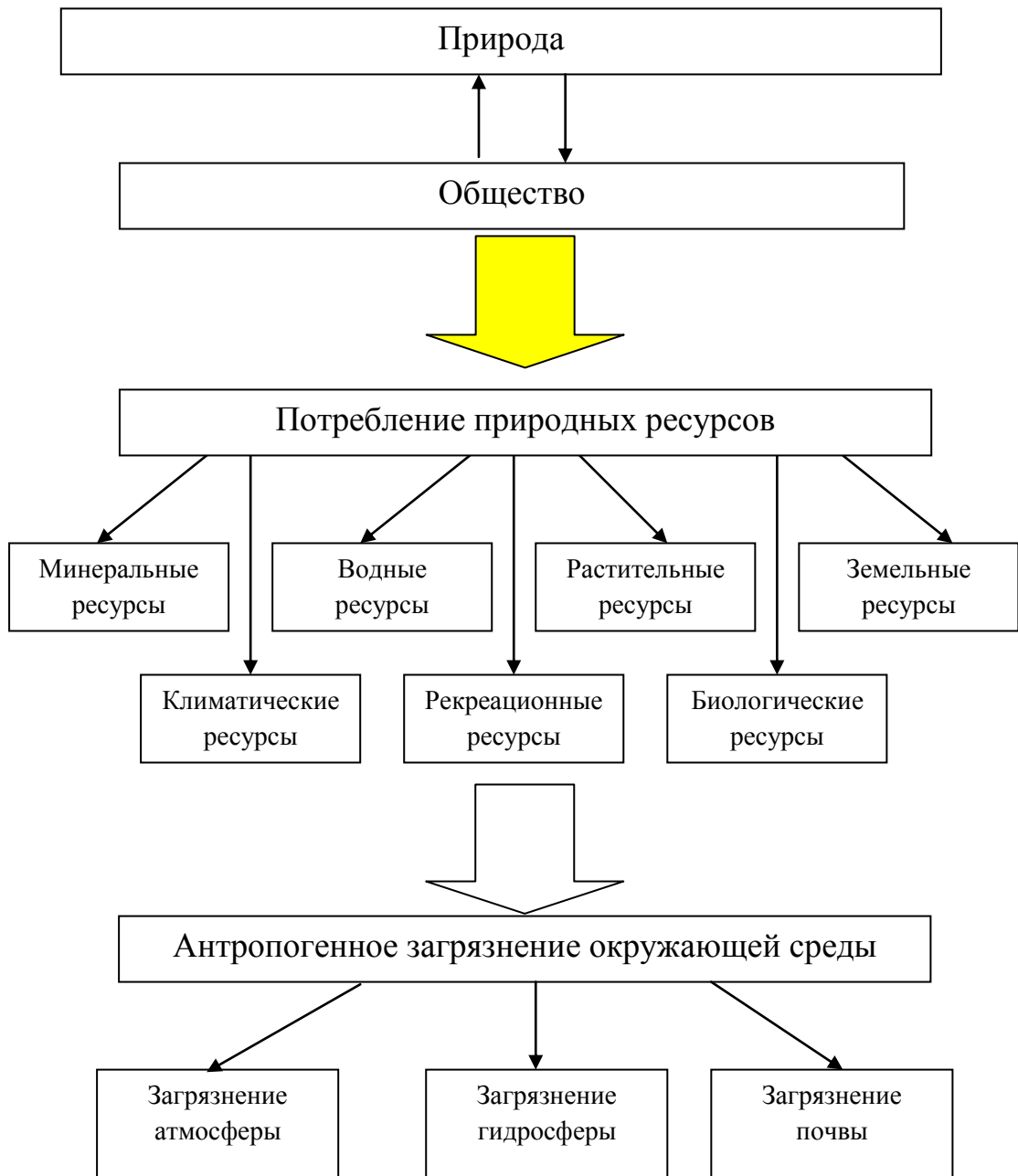


Рис. 1.1. Потребление мировых природных ресурсов и загрязнение окружающей среды

Антропогенное воздействие – это деятельность, связанная с реализацией экономических, военных, рекреационных, культурных и других интересов человека, вносящая физические, химические, биологические и другие изменения в природную среду.

Антропогенез – процесс историко-эволюционного формирования физического типа человека, первоначального развития его трудовой деятельности, речи. С интенсивным развитием человеческого общества антропогенные воздействия все больше охватывают отдельные компоненты природы и природные комплексы.

Классификация основных видов антропогенного воздействия

1. По экологическим последствиям антропогенное воздействие подразделяют:

- на положительные (воспроизводство природных ресурсов, восстановление запасов подземных вод, полезащитное лесоразведение и т.п.);
- на отрицательные (истощение запасов природных ресурсов, загрязнение).

2. По происхождению воздействие человека может быть:

- прямым (основным);
- опосредованным (косвенным).

3. По времени действия и площади распространения:

- длительные и кратковременные,
- точечные и площадные.

К числу основных глобальных факторов дестабилизации равновесия природной среды можно отнести:

- 1) рост потребления природных ресурсов при их неизбежном сокращении;
- 2) рост населения планеты при сокращении пригодных для обитания территорий;
- 3) деградация основных компонентов биосферы, снижение способности природы к самоподдержанию;
- 4) возможные изменения климата и истощение озонового слоя Земли;
- 5) сокращение биологического разнообразия;
- 6) возрастание экологического ущерба от стихийных бедствий и техногенных катастроф;
- 7) недостаточный уровень координаций мирового сообщества в области решения экологических проблем;
- 8) невысокий уровень экологического воспитания и образования.

Наиболее опасными источниками для природных экосистем являются промышленные предприятия (химические, металлургические, целлюлозно-бумажные, строительных материалов и др.), теплоэнергетика, транспорт и сельское хозяйство.

1.2. Промышленная экология

Произошедшее за последнее время превращение биосферы под влиянием человеческой деятельности в техносферу, вытеснение биовещества техновеществом, накопление огромного фактического материала объясняют объективную необходимость развитие промышленной экологии как самостоятельной научной дисциплины. Ранее промышленная экология рассматривалась как раздел классической экологии, изучающий воздействие промышленности (или всех хозяйственных объектов – транспорта, промышленности, сельского хозяйства) на природу и, наоборот, влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

Основные цели промышленной экологии:

- изучение механизма антропогенного и техногенного воздействия на природу;
- обоснование нормативов рационального использования природных ресурсов.

Основные задачи промышленной экологии:

- установление структуры и законов развития эколого-экономических систем;
- исследование связей внутри эколого-экономических систем и их изменение во времени;
- разработка адекватных инженерных решений для нейтрализации возникающих негативных отклонений экосистемы.

Для решения поставленных задач необходима не только эффективная система инженерно-строительных мероприятий, направленная на сохранение природы, но и отказ от «природопокорительской» идеологии, от представлений о неисчерпаемости природных ресурсов.

Таким образом, пути решения экологических, экономических и инженерных задач в современное время состоят, главным образом, в выработке нового подхода к использованию природных ресурсов:

- экологизация промышленности; создание и внедрение безопасных мало- и безотходных производств и комплексов;
- экологизация воспитания и образования;
- экологизация законодательной политики.

1. По отношению к отрасли производства промышленная экология подразделяется на три основные группы (рис. 1.2): добывающая, перерабатывающая и машиностроение.



Рис. 1.2. Структура промышленной экологии

2. По охватываемой территории промышленная экология подразделяется:

- на глобальную,
- на региональную,
- на локальную.

Непосредственно под промышленной экологией понимают систему мероприятий, которые направлены на сохранение природы в условиях нарастающего промышленного антропогенеза. Практически данная проблема расчленяется на две отдельные задачи – экологическую и инженерную, первая из которых решается посредством второй.

Охрана природы в самом широком понимании всегда представляла собой одно из наиболее важных практических приложений экологии. В решении вопросов, связанных с загрязнением окружающей среды промышленными отходами и нерациональным использованием природных ресурсов, ведущая роль принадлежит мало- и безотходным технологиям производства, способным решать экологические проблемы. Эту область экологии называют промышленной экологией.

В отличие от общей экологии, являющейся частью биологии окружающей среды, **промышленная экология** представляет собой науку о взаимосвязи, взаимодействии объектов хозяйственной деятельности человека с окружающей средой – совокупностью экологических систем, включая человека и среду его обитания.

Проводя аналогию с традиционным осмыслением экологии как науки об экологических системах, справедливо констатировать, что **промышленная экология** – это наука об эколого-экономических системах. Под последней понимается экологическая система или их сумма, которая включает промышленные предприятия и другие объекты хозяйственной

деятельности человека: транспорт, сельское хозяйство, города, плотины, тепловые станции и т. п.

Промышленная экология – функциональная дисциплина, поскольку ее основной задачей, наряду с установлением структуры и законов развития эколого-экономических систем, является исследование связей внутри них и их изменения во времени, то есть функционирование подобной системы как единого целого.

Следует выделить несколько основных направлений промышленной экологии. Современное и будущее развитие индустрии, сельского хозяйства, транспорта является важной неотъемлемой частью окружающей среды. По этой причине представления о «естественном» образе жизни («назад к природе») и «нулевом росте» (без расширенного промышленного и сельскохозяйственного воспроизводства) несостоятельны и утопичны, а попытки их реализации стали бы трагедией для большей части человечества. Решение имеющихся экологических проблем возможно сегодня лишь одним путем – посредством установления оптимальных, гармоничных, контролируемых взаимосвязей в эколого-экономических системах. Оно осуществляется путем создания экологически безопасных мало- и безотходных технологических процессов, производств, агропромышленных и территориально-производственных комплексов, органически вписывающихся в природные экосистемы. При этом сырье и энергия наиболее рационально используются в цикле: первичное сырье – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы. В таких системах не наносится ущерба окружающей среде, то есть не нарушается сложившееся экологическое равновесие. При организации таких производств важно располагать надежными методами прогнозирования экологических последствий хозяйственной деятельности и эколого-экономической экспертизы технических решений, а также экологического мониторинга.

Пионерами в области промышленной экологии среди зарубежных исследователей считаются Роберт Фрош и Николас Галлопулос из General Motors Research Laboratories (Мичиган), которые дали определение: «**Промышленная экология** – это изучение технологических организмов, использования ими ресурсов, их потенциальных воздействий на окружающую среду и путей, которыми их взаимодействие с естественным миром может быть реконструировано для достижения глобальной устойчивости»⁷.

Английские ученые Т. Гридэл (professor of Industrial Ecology Yale University) и Б. Алленби (research Vice President, Technology and Environment AT&T) определили промышленную экологию как «подход к взаимодействиям промышленности и окружающей среды, направленный

⁷ Гридэл Т.Е., Алленби Б.Р. Промышленная экология: Учеб. пособие для вузов /Пер. с англ. под ред. проф. Э.В.Гирусова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 527 с. (с. 60).

на оценку и минимизацию столкновения», и как «средство, позволяющее человечество обдуманно и рационально достигать и поддерживать устойчивость, заданную продолжающейся экономической, культурной и технологической эволюцией»⁸. Они также выделяют при изучении взаимодействия промышленности и природы три «важные временные шкалы».

Первая – «шкала прошлого», связанная несовершенными технологиями производства и утилизации промышленных отходов (ничего изменить нельзя).

Вторая – «шкала настоящего», которая связана с сегодняшним днем. Происходит модернизация существующих технологических процессов и оборудования, внедрение малоотходных технологий, направленных на минимизацию отходов и неупотребление токсичных веществ. Осуществляется всеобъемлющий контроль выбросов в атмосферу, сбросов в гидросферу и техногенной нагрузки на почву (предотвращение ошибок прошлого и мониторинг).

Третья – «шкала будущего». В рамках этой шкалы ученые уже сегодня разрабатывают и создают экологические технологии будущего, в которых должны быть устранены все недостатки существующих технологий⁹.

Методологической основой промышленной экологии служит системный подход с учетом всего многообразия экономических, биологических, социальных, технологических, психологических и других связей, их разнообразия и соподчинения. Главное здесь не усложнение методов анализа, а использование новых принципов подхода к изучению эколого-экономических систем.

Системный анализ – это стратегия научного поиска, использующая математические методы и модели в решении сложных проблем. Системный анализ обобщает все существующие знания об изучаемом объекте. Поэтапный подход является важным звеном в системном анализе, так как позволяет максимально использовать результаты предыдущих этапов исследования. Общий алгоритм системного подхода для решения практических эколого-экономических задач представлен на рис. 1.3.

Системный подход учитывает внутреннюю неопределенность исследований, поэтому на последнем этапе при выявлении неполноты изучения объекта или отрицательном результате можно возвратиться к определению и уточнению общей задачи, установлению иерархии целей и задач, выбору путей решения и т.д.

⁸ Там же, с. 28.

⁹ Гридэл Т.Е., Алленби Б.Р. Промышленная экология: Учеб. пособие для вузов /Пер. с англ. под ред. проф. Э.В.Гирусова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 527 с.

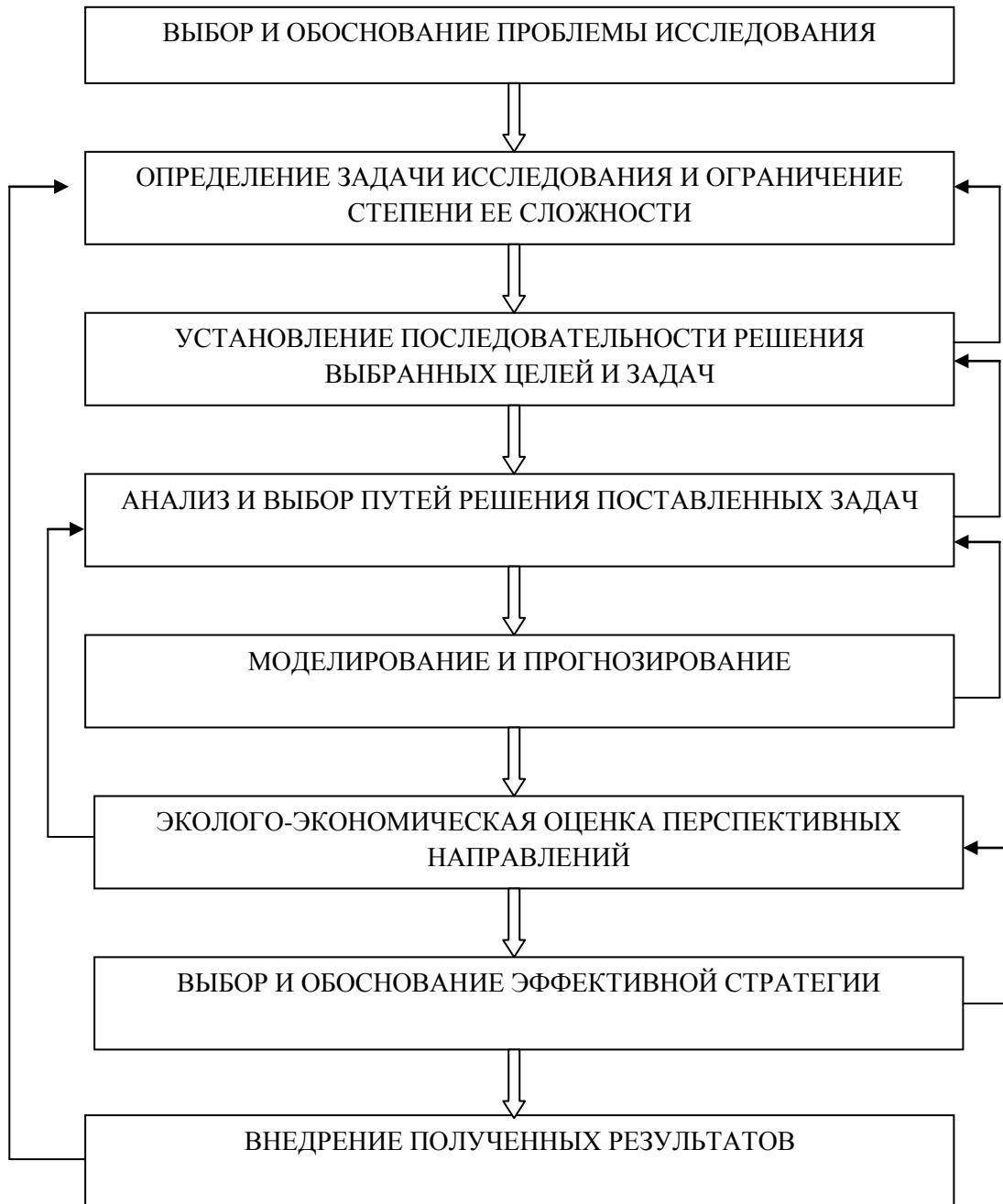


Рис. 1.3. Алгоритм системного подхода в промышленной экологии

При проведении исследований для решения научных и прикладных эколого-экономических задач в промышленной экологии чаще всего используют такие методы, как оценивание, генерализация, моделирование, районирование и прогнозирование.

На рис. 1.4 представлена схема влияния системного подхода на исследование закономерностей развития эколого-экономической системы и возможность определения перспективной стратегии управления данной структурой.

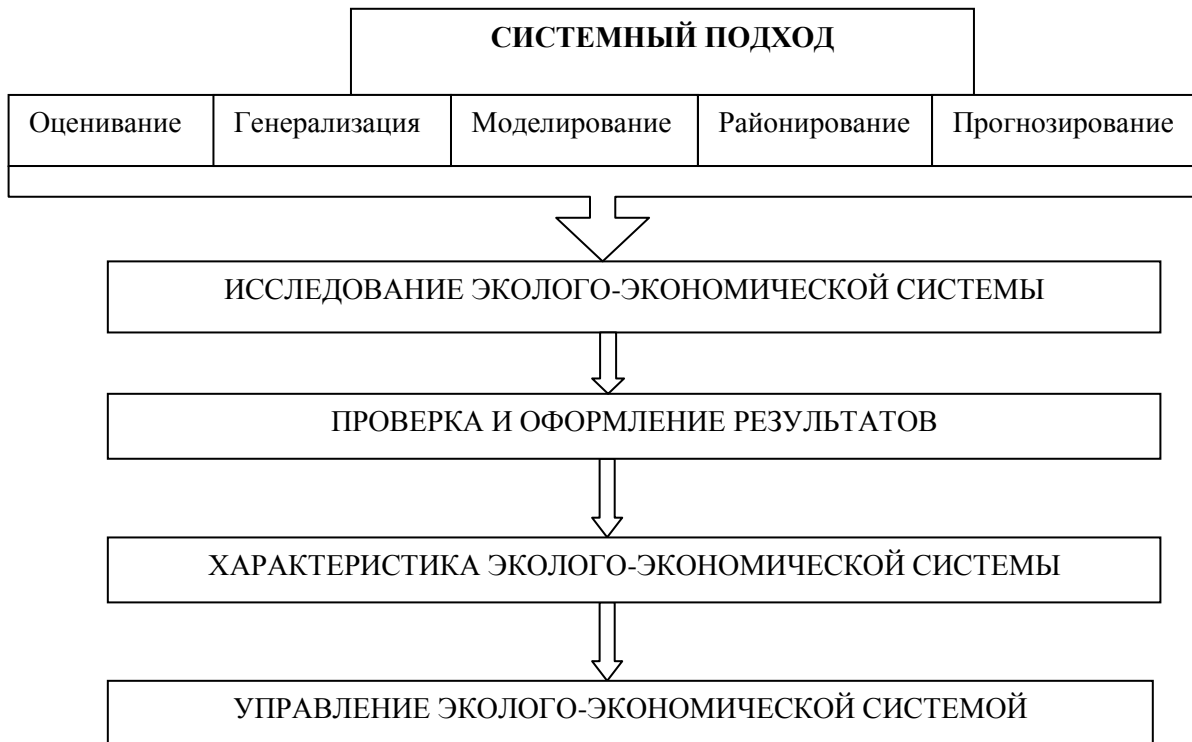


Рис. 1.4. Влияние системного подхода на управление эколого-экономической системой

Создание экологически безопасных технологических процессов, производств, агропромышленных и территориально-производственных комплексов требует системного экологического анализа существующих технологий и путей их усовершенствования. Такой анализ позволит найти принципиально новые решения, не только исключая неблагоприятные воздействия на природу, но и улучшающие экономику производства. Решение экологических проблем всегда дает существенный технико-экономический эффект. Работы по созданию экологически безопасных мало- и безотходных производств, как правило, носят преимущественно межотраслевой характер.

Необходимость радикального улучшения взаимоотношения человека с природой требует, прежде всего, соответствующего мировоззрения, в том числе принципиального пересмотра традиционных представлений о путях развития различных отраслей хозяйства. Без сомнения, необходим отказ от представления о неисчерпаемости природных ресурсов и возможности в будущем существенного экспоненциального роста потребления сырья и энергии, так как с ростом производства одновременно резко возрастут объемы промышленных отходов. В связи с этим крайне важно воспитание глубокой внутренней убежденности в недопустимости нанесения ущерба природе, чувства личной ответственности за ее сохранность и рациональное использование природных богатств в интересах настоящего и будущих поколений.

1.3. Эколого-экономические системы

Появившиеся в результате антропогенной деятельности эколого-экономические системы в основном нарушают естественные экологические принципы функционирования экосистем.

Эколого-экономическая система рассматривается как совокупность взаимодействия объектов промышленной деятельности человека и природы. Пути взаимодействия живых систем между собой и окружающей средой определяют экологическую структуру, которая представлена биотическими и абиотическими компонентами. Основными элементами экономической системы являются производительные силы и производственные отношения.

Экологическая система (экосистема) – это взаимосвязанный комплекс живых и неживых систем, функционирующих как единое целое за счет обмена веществом, энергией и информацией.

Экономическая система – это система общественного производства в виде совокупности производительных сил и производственных отношений (традиционная система, рыночная система и т.п.). При объединении этих понятий можно сказать, что **эколого-экономическая система (ЭЭС)** – это совокупность экологической системы (систем) и объектов промышленной деятельности человека.

Как излагалось выше, сравнивая промышленную с классической экологией, можно дать следующее определение: промышленная экология – это наука об эколого-экономических системах (рис. 1.5).

Эколого-экономическая система (ЭЭС)

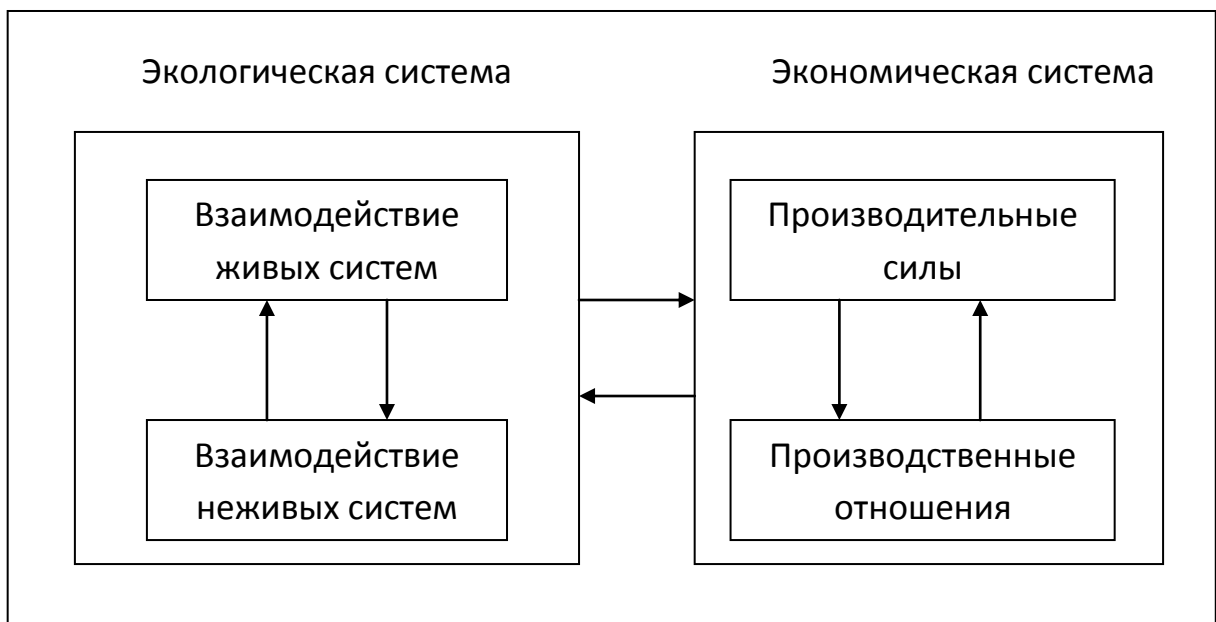


Рис. 1.5. Структура эколого-экономической системы

Более развернуто ее определение сформулировано Н.Ф. Реймерсом как раздела «большой» экологии, рассматривающей «воздействие предприятий на окружающую среду»¹⁰, от отдельных предприятий до техносферы – на природу и, наоборот, влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

Изначально понятия «экономика» и «экология» имеют один корень «экос», что в переводе с греческого – дом, жилище. Но жить в экономически современном «доме» уже становится небезопасно. «Экологически люди выступают в роли неразумных паразитов, разрушающих среду жизни»¹¹. Специалисты подсчитали, что природа в состоянии самостоятельно компенсировать нанесенный ей ущерб при допустимом потреблении первичной продукции биосферы не более 1 %. Современное общество потребляет сегодня более 10 % природных ресурсов. Такой ущерб природа уже не в состоянии самостоятельно восстановить. Кроме того, «любое производство, даже «безотходное», невозможно без выбросов энергии, возрастание которых грозит термодинамическим балансом»¹².

Природа является единственным первоисточником богатства и потому естественной основой благосостояния любой нации, любого государства. В настоящее время согласно статистике на долю богатейших 25 стран мира (17 % населения Земли – «золотой миллиард») приходится более 80 % мирового валового внутреннего продукта. Это реалии сегодняшнего дня, которые обусловлены современной политической и экономической ситуацией.

Каждая эколого-экономическая система имеет свою определенную структуру, которая зависит от природных особенностей данной территории, наличия ресурсов и существующей или возможной хозяйственной деятельности человека, направленной на превращение природных ресурсов в жизненные блага.

К основным признакам ЭЭС можно отнести следующие:

1. ЭЭС – открытые системы. Для постоянного развития ЭЭС необходим приток энергии (для живых систем – в виде пищи, света и т.п., для экономики – тепловая, атомная энергия и т.п.), вещества (материалов) и информации. В соответствии со вторым началом термодинамики «любая (неограниченно растущая) система может развиваться только лишь за счет (деструкции) окружающей ее среды»¹³. Соотношение между потоками энергии, вещества и информации определяет важнейшие количественные и качественные характеристики системы. Информационные технологии играют важную роль, так как способствуют активному внедрению в

¹⁰ Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы). – М.: Журнал «Россия молодая», 1994 – 367 с. (с. 15).

¹¹ Там же, с. 173.

¹² Там же, с. 175.

¹³ Там же, с. 173.

современное производство новейших научных достижений различных стран.

2. ЭЭС – высокоорганизованные и упорядоченные системы. Для производства жизненных благ человек использует природные ресурсы («земля» - экосистемы различного уровня), свой труд и капитал. Ресурсы производства, формирующие основу экономического потенциала общества, совокупность экономических и экологических законов, формы и методы организации хозяйственной деятельности образуют упорядоченную, высокоорганизованную ЭЭС, в которой энтропия (мера хаоса, мера беспорядка) в результате разумного хозяйствования человека должна оставаться на одном уровне ($\Delta S = 0$). Если энтропия будет постоянно повышаться ($\Delta S > 0$), то такой процесс может привести к частичному или даже полному разрушению эколого-экономической системы.

3. ЭЭС – системы, обладающие самоорганизацией. Как экологические системы, так и экономические способны к самоорганизации, то есть за счет изменения структуры системы управления происходит приспособление, адаптация к изменяющимся условиям внешней среды и внутренних потребностей.

4. ЭЭС – системы способные к развитию. В результате непрерывного функционирования в эколого-экономической системе под воздействием техногенной деятельности человека изменяется не только характер, формы и способы хозяйственной жизни, но общее состояние системы. Историческое развитие сопровождается формированием новых видов и более сложных систем (ЭЭС города, техносфера, социосфера и т.п.).

5. ЭЭС – динамичные системы, которые способны использовать информацию с целью изучения и улучшения отношений между людьми и природой в процессе производства, распределения, обмена и потребления жизненных благ.

Понятие *«эколого-экономические системы»* можно применить к единицам различной величины, что присуще как экономическим системам (микроэкономика, макроэкономика) так и экосистемам (экосистема леса, экосистема биосферы и т.п.):

- глобальная ЭЭС,
- макро - ЭЭС,
- мезо - ЭЭС,
- микро - ЭЭС.

По отношению к среде обитания различают внешние и внутренние факторы.

К внешним (экзогенным) факторам относят условия, которые влияют на общее развитие ЭЭС: солнечный свет, ветер, температура, природные ресурсы, пригодные для производства экономических благ, внешняя торговля и т.п. Под действием этих факторов процессы протекают в

основном самопроизвольно путем самоорганизации и саморегуляции. Как очень сложная и многофункциональная природно-антропогенная форма, образованная под влиянием разумной деятельности человека, ЭЭС нуждается в постоянной координации.

Внутренние (эндогенные) факторы непосредственно воздействуют на формирование и эволюцию каждой эколого-экономической системы, так как определяются ее свойствами и составом. К таким факторам можно отнести численность популяций, состав воздуха, воды, наличие полезных ископаемых, производство, капитал, численность и уровень дохода покупателей, цены товаров и т.п. Постоянное влияние этих факторов обуславливает интенсивность жизнедеятельности и распространение видов, поведение экономических субъектов и порядок принятия решений, имущественные отношения и характер присвоения с учетом сложившихся субъективно-объективных экономических связей.

Кроме того, *по природе и характеру воздействия* факторы среды (по аналогии с экосистемами) можно классифицировать как абиотические, биотические и антропогенные.

- Абиотические (воздействие неживой природы – свет, тепло, ветер, вода и т.п.) факторы играют очень важную роль. Без них невозможно дальнейшее любое развитие, как живых организмов, так и неживых систем, а следовательно, и ЭЭС. Абиотические факторы можно определить как основные условия существования ЭЭС.
- Биотические факторы (растительный и животный мир, микроорганизмы) связаны с воздействием живых организмов на другие. В экологических системах это внутривидовые (внутрипопуляционные) и межвидовые взаимодействия. В экономике главные участники: государство, фирмы и семьи (человек), которые взаимодействуют между собой непосредственно и через рынки факторов производства и потребительских товаров.
- Антропогенные факторы связаны непосредственно с хозяйственной деятельностью человека (использование природных ресурсов, производство материальных и нематериальных благ, загрязнение природы и т.п.). В конечном итоге антропогенное воздействие сводится к «обмену веществ» между природной средой и обществом с целью более полного удовлетворения потребностей человека.

Четких границ между данными факторами не существует; они неопределенные, условные. Абиотические, биотические и антропогенные факторы действуют одновременно, но неравномерно. Неравномерность воздействия, прежде всего, связана с географическими условиями и антропогенным фактором. Уровень присутствия или отсутствия какой-либо составляющей играет важную роль, так как отражается на общей

жизнеспособности организмов и поведении участников процесса хозяйственной деятельности.

К основным свойствам ЭЭС можно отнести:

- круговорот веществ в среде обитания;
- противостояние внешним факторам;
- производство продукции.

В эколого-экономических системах происходит интенсивный антропогенный круговорот (ресурсный цикл), который в настоящее время нарушает относительно замкнутые природные круговороты – биотический и биогеохимический. В результате действия ресурсного цикла – разработки, транспортировки, переработки и потребления ресурсов – происходит образование и впоследствии накопление значительного количества разнообразных отходов, в т.ч. особоопасных и чуждых для природы. Кроме того, в эколого-экономических системах существует кругооборот благ и доходов (рис. 1.6)¹⁴, связанный с взаимодействием человека, рынка ресурсов и товаров.

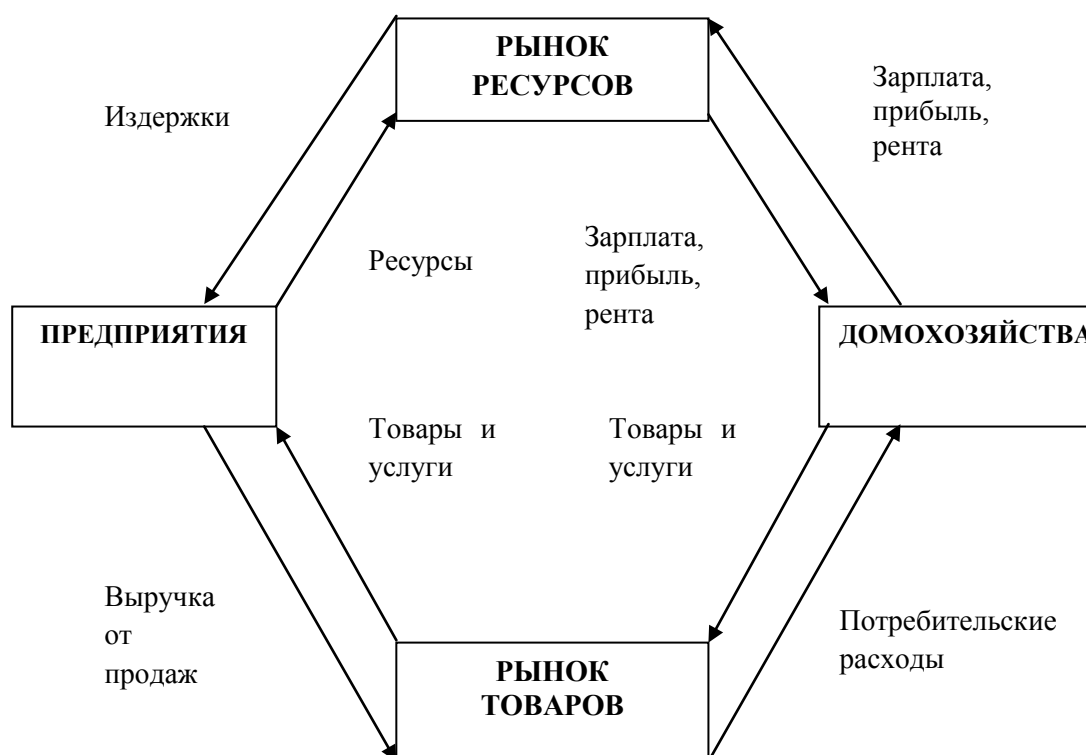


Рис. 1.6. Кругооборот благ и доходов в эколого-экономической системе

¹⁴ Экономика / В.А. Сидоров, Е.Л. Кузнецова, О.А. Пак, Э.В. Соболев; под ред. проф. В.А. Сидорова. – М.: Экономистъ, 2007. – 302 с.

В данном круговороте участвуют не только экономические категории, но и экологические – здоровье человека и т.п., социальные факторы окружающей среды, которые непосредственно влияют на общую интенсивность процесса. Если человек перестанет существовать как вид, то и экономические отношения также исчезнут. Об этом говорил еще А. Смит: «Никому никогда не приходилось видеть, чтобы собака сознательно менялась костью с другой собакой ...»¹⁵.

Второе основное свойство ЭЭС – противостояние внешним факторам должно соответствовать процессам приспособления к уже длительно существующим или новым только что появившимся условиям обитания. В природной среде это соответствует высказыванию В.И. Вернадского о свойствах живых систем – «всюдность жизни».

В экономике в условиях ограниченности ресурсов человек для своего благополучного существования должен принимать соответствующие решения: что производить, как производить, когда использовать ресурсы, каким образом распределять произведенные товары и т.п. Тесное взаимодействие торговли, специализации и конкуренции позволяет получать блага быстрее, в большем объеме и ассортименте. Эколого-экономические системы пока достаточно устойчивы, так как постоянно регулируются природой и поддерживаются разумной деятельностью человека (природоохранные мероприятия).

Производство продукции в природе осуществляется согласно саморегуляции на основе естественных (биотических и абиотических) процессов. В экономике это связано с самоорганизацией при активном участии человека. Для создания жизненных благ люди используют основные факторы производства – труд, землю, капитал, предпринимательские способности и информацию. Повышение производства промышленных товаров и продовольствия создает благоприятные условия к росту численности человеческого общества в целом, что требует нового увеличения объема производства. Появляется тенденция к неограниченному росту человечества, что существенно нарушает основные экологические принципы функционирования экосистем в природе.

Единая система мировой экономики ориентирована на прибыль и рост потребления, как средство ее увеличения. Изучение основных особенностей развития эколого-экономической системы направлено на рациональное использование ресурсов, получение благ и удовлетворения потребностей человека.

Главное отличие экологических систем от экономических состоит в том, что экосистемы функционировали и будут всегда действовать без «субсидирования» человеком, а экономические созданы людьми и являются неотъемлемой частью хозяйственной деятельности современного человеческого общества.

¹⁵ Липсиц И.В. Экономика. – 2-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2007. – 656 с.

Предлагаем выделить основные принципы функционирования эколого-экономических систем:

1. Принцип дополнительности (предложен в области физики Н. Бором). В настоящее время в XXI в. человек не может эффективно производить современные блага цивилизации без взаимодополняющих частей – экологической и экономической систем. В связи с тем, что экономика или хозяйственная жизнь человеческого общества не может успешно развиваться без потребления ресурсов природы, необходимо противостоять увеличению энтропии ($\Delta S > 0$). Если рассматривать развитие экономической системы отдельно, как было раньше, то современный глобальный экологический кризис может постепенно перерасти в мировую экологическую катастрофу.

2. Принцип внутреннего динамического равновесия (сформулирован Н.Ф. Реймерсом для природной среды). «Вещество, энергия, информация и динамические качества отдельных природных систем (в том числе экосистем) и их иерархии взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает сопутствующие ... перемены...»¹⁶.

В сфере производства любое изменение среды обитания (при притоке энергии, информации, вещества, в т.ч. синтетических материалов) неизбежно приводит к изменению, появлению и развитию новых технологий в экономической среде, формированию новой эколого-экономической системы.

3. Принцип корреляции (предложен в области экологии Н.Ф. Реймерсом)¹⁷ является следствием принципа внутреннего динамического равновесия. В эколого-экономических системах принцип корреляции состоит в том, что определяет функциональное соответствие двух основных составных частей системы. Исчезновение одного элемента неизбежно приведет к изменению структуры ЭЭС, что повлечет за собой изменение функциональных особенностей всей системы до глобального уровня. Для экономических систем существуют механизмы экономической координации, в экологических системах – принципы минимума, максимума и другие законы, определяющие область толерантности организмов.

4. Принцип неопределенности (выдвинут в области физики В. Гейзенбергом). Состояние неопределенности присуще любой человеческой деятельности (например, в искусстве: кубизм, футуризм, абстракционизм и т.п.). В экономике неопределенность заключается в недостаточной предсказуемости последствий принятия хозяйственных решений (экономический кризис и т.п.). Например, стоимость нефти на рынке зависит от ее количественной и качественной характеристики (разведанные запасы, добыча, химический состав), человеческого фактора

¹⁶ Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы). – М.: Журнал «Россия молодая», 1994. – 367 с. (с. 119).

¹⁷ Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы). – М.: Журнал «Россия молодая», 1994. – 367 с. (с. 121).

(политические, социальные условия, сезонный спрос и т.п.), техногенного фактора (техника и технологии) и геологических процессов (землетрясения, наводнения, цунами). Таким образом, для ЭЭС принцип неопределенности связан с многофакторным воздействием как естественного, так и искусственного происхождения. Причем определить точно все показатели сразу нельзя. Можно говорить лишь о вероятности того, в каком состоянии в данный момент времени находится эколого-экономическая система.

Изучение особенностей эколого-экономических систем в настоящее время приобретает большое значение так как, позволяет адекватно оценить «сильные» и «слабые» стороны современного производства.

1.4. Охрана природы и рациональное природопользование

В понятие «природа» входит окружающий нас мир во всем его многообразии, совокупность условий существования человека и общества в целом. Оно объединяет все живые существа планеты и ее неживые компоненты, включая литосферу с ее сырьевыми и энергетическими ресурсами. Развиваемое ранее представление об охране природы как системе ограничительных мер по сохранению ландшафтов, ценных объектов, редких растений и животных, организация заповедников, сокращение использования ресурсов в настоящее время не обеспечивают решение проблемы. Всю планету невозможно превратить в заповедник, так же как и реализовать принцип невмешательства в природные процессы. Природопользование, обуславливающее неизбежное преобразование природы, – неотъемлемый принцип развития общества. В связи с этим представление понятия «охрана природы» как одного из наиболее важных практических приложений экологии требует его расшифровки. Под ним понимается система технологических, экономических, административно-правовых, международных, биотехнических и других мероприятий, направленных на сохранение природой ресурсо- и средовоспроизводящих функций, генофонда, а также сохранение невозобновляемых природных ресурсов. Эта система также направлена на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и природной средой и предупреждение прямого и косвенного влияния результатов деятельности общества на природу и здоровье человека. Охрана природы тесно связана с природопользованием. Её важными принципами являются: профилактичность (предупреждение негативных последствий), комплексность, повсеместность и территориальная дифференцированность, научная обоснованность.

Охрана природы предполагает поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и средой. Последняя определяется как естественный и созданный человеком материальный мир, в котором человечество удовлетворяет свои потребности. Охрана окружающей среды представляет собой комплекс разнообразных

мероприятий, призванных обеспечить функционирование природных систем в диапазоне параметров, необходимых для здоровья и благосостояния человека.

С целью улучшения своего благосостояния люди преобразуют ландшафты, вырубая леса, строят гидроэлектростанции и т.п. Осуществление таких преобразований без учета экологии нередко приводит к серьезным последствиям: изменению климата на значительных территориях, опустыниванию, искусственным землетрясениям. Знание экологических законов помогает прогнозировать такие явления и ослаблять их действие. Необходимо добиваться того, чтобы использование природных ресурсов и вмешательство в экосистемы не наносило ущерба природе и не приводило к ухудшению условий обитания.

Проблема сохранения окружающей среды во многом заключается в преодолении сложившихся стереотипов поведения. Нередки случаи, когда люди, принимающие решения, повлекшие негативные последствия, не отвечают за них, например за пуск предприятия без очистных сооружений. Более того, нередко человек оказывается под моральным давлением. Во всех отраслях хозяйства непрерывно вводятся новые материалы, обладающие ценными потребительскими свойствами, для которых, как правило, неизвестны побочные эффекты. Нескончаемы споры об использовании атомной энергии, раздельном питании, действии на организм алкоголя и т.д. Такая двойственность парализует решительность.

Личная заинтересованность в решении вопросов, стремление к экономии средств, выведение из комплекса малозначащих вспомогательных сооружений в большинстве случаев ведут к ухудшению состояния природной среды. Для окончательного утверждения проектов, связанных с природопользованием, необходимо обязательное привлечение высококомпетентных и незаинтересованных специалистов, способных объективно оценить достоинства и недостатки решения.

До сих пор в сознании человечества нет единого мнения относительно значимости и темпов решения экологических проблем. При этом все осознают опасность и приближение экологической катастрофы. Однако одни считают, что в связи с необходимостью значительных затрат делать ничего не нужно. Такое отношение уже сейчас способствовало превращению некогда цветущих регионов в полупустыни. Другие требуют решительных действий. Вместе с тем принимаемые решения должны оцениваться с позиций не дополнительно получаемых благ, а последствий для настоящего и будущих поколений.

Важнейшим фактором, способным определить взаимодействие человека и природы, является коллективное решение, которое способствует выяснению этой чрезвычайно сложной задачи. Активное потребление энергии, обеспечивающее высокий уровень жизни населения одних стран, способствует образованию кислотных дождей и парникового эффекта в других регионах. Следствием этого служат мощные наводнения, гибель лесов и снижение урожайности сельскохозяйственных угодий. Во

избежание осложнений человеку необходимо отказаться от некоторых своих потребностей, которые, получив всеобщее распространение, могут оказаться губительным для природы. Для обеспечения гармонии с природой необходимо понять отрицательные стороны своей деятельности, суметь отказаться от ставших сомнительными ценностей цивилизации. По-видимому, самой большой трудностью при решении данного вопроса является достижение консенсуса в сознании населения экономически развитых стран между отказом от некоторых благ и экологически разумным следствием.

При становлении практической экономики природопользования во всех странах мира наблюдались два периода. На начальном этапе государство принимало штрафные санкции. Экологические издержки любых производств оплачивались в виде штрафов за превышение нормативных выбросов и сбросов. Эффективность такой системы весьма низка, поскольку дополнительные затраты накладывались на себестоимость продукции, то есть перекладывались на население. В дальнейшем от штрафов перешли к платности за используемые природные ресурсы, что коренным образом изменяет отношение производителей к окружающей среде. При таком подходе цена экологически чистых технологий оказывается дешевле по сравнению с вариантами, включающими выброс вредных веществ, сброс сточных вод и складирование отходов. Их оценка свидетельствует об эффективности внедрения закрытых циклов по воздуху и воде. Такое развитие системы означает переход от экономики природопользования к природосбережению.

Наиболее важными проблемами охраны природы являются: охрана атмосферы и вод от загрязнения вредными веществами, экосистем и ландшафтов, недр, генофонда растений и животных, борьба с шумом, рациональное использование природных ресурсов и обеспечение радиационной безопасности.

Как видно, охрана природы тесно связана с природопользованием, под которым понимается сфера общественно-производственной деятельности, направленной на удовлетворение потребностей в качестве и разнообразии окружающей среды и на улучшение использования естественных ресурсов биосферы. При этом выделяют рациональное и нерациональное природопользование. Второе из них обуславливает истощение природных ресурсов, подрыв сил самовосстановления биосферы и снижение оздоровительных и эстетических качеств. Таким образом, это система деятельности, которая не ведет к обеспечению сохранения ресурсного потенциала природы.

Рациональное природопользование связывается с деятельностью, призванной обеспечить экономное потребление природных ресурсов и их воспроизводство с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья населения. Основные принципы рационального природопользования показаны на рис.1.7.



Рис. 1.7. Основные принципы рационального природопользования

Природопользование принимает различные формы в зависимости от типов природных ресурсов. Они классифицируются на расходуемые (сырьевые, пищевые, энергетические, генофонд) и ресурсы среды (условия труда, отдыха и здоровья).

В понятие о рациональном освоении природных ресурсов и условий входит наиболее полное использование достоинств среды, экономичное получение энергии и сырья. Целенаправленное преобразование рассчитано на умножение и обогащение природных ресурсов и на улучшение природных условий. Так, при использовании исчерпаемых невозобновимых (минеральных) ресурсов важны комплексность и экономичность добычи, сокращение отходов и т.п. Охрана ресурсов среды означает поддержание их качеств, благоприятных для ведения хозяйства, а преобразование – их улучшение, в частности, мелиорация, рекультивация земель и т. п. Следует остановиться на документе, разработанном Международным союзом охраны природы и природных ресурсов (МСОП) при поддержке других организаций, – Всемирная стратегия охраны природы (ВСОП). Она провозглашена в 1980 г. большинством стран мира. ВСОП принимается как система рациональных методов управления деятельностью человека по использованию ресурсов биосферы и

отдельных экосистем с таким расчетом, чтобы она обеспечивала наибольшие возможности для воспроизводства ресурсов природной среды.

Разрабатываемая экологическая стратегия должна базироваться на экологически обоснованной технической и технологической политике, главной задачей которой является максимальное производство необходимой продукции с минимальными затратами и без ухудшения природной среды. Такой подход предполагает сбережение природных ресурсов, их эффективную переработку с использованием современных технологий с рециркулированием потоков и рекуперацией. При этом в качестве главного мотива стратегии выступает превентивизация мер по максимальному ресурсо- и энергосбережению.

Характер и динамика развития современных эколого-кризисных отношений настоятельно диктуют необходимость принятия совместных усилий всех государств для решения экологических проблем, требующих как межрегионального, так и глобального охвата.

Поиск путей объединения усилий государств и народов для успешного решения глобальной проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов должен осуществляться на базе и в строгом соответствии с общепринятым международно-правовым принципом сотрудничества, который в международном экологическом праве означает юридическую обязанность государств, независимо от их общественного и государственного строя, сотрудничать друг с другом по вопросам поддержания мира и международной (в том числе экологической) безопасности, а также способствовать совершенствованию международного экологического правопорядка. Сохранение экологически чистой окружающей среды – общая забота человечества. Окружающая среда вне государственных границ и является общим достоянием человечества.

Принцип международного сотрудничества в настоящее время считается одним из основополагающих в международно-правовом регулировании охраны окружающей среды. На нем основываются практически все действующие и разрабатываемые в данной области международно-правовые акты. Международное сотрудничество должно осуществляться на равноправной и взаимовыгодной основе, что применительно к проблемам окружающей среды означает активизацию торгового обмена экологически безвредной продукцией, техникой, технологией, а также продажу патентов и лицензий, связанных с охраной окружающей среды, учет опыта промышленно развитых стран, оказание помощи развивающимся государствам в выборе путей и форм экономического развития, не вызывающих ухудшения качества окружающей среды.

В настоящее время 6 из 14 учреждений ООН играют важную природоохранную роль: ЮНЕСКО, ВОЗ, МАГАТЭ, ФАО, ВМО и ИМО (табл. 1.2). Из неправительственных органов большую работу ведет Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП).

Международные организации

Название		Сфера деятельности
Организация Объединенных Наций (ООН)	Организация по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО)	Руководство межправительственными программами
		Учет и организация охраны природных объектов, отнесённых к Всемирному наследию
		Оказание помощи в развитии экологического образования
	Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ)	Охрана здоровья человека в аспекте его взаимодействия с окружающей средой
		Организация санитарно-эпидемиологического мониторинга окружающей среды
		Проведение санитарно-гигиенической экспертизы и оценка качества окружающей среды
	Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ)	Разработка Правил строительства и эксплуатации АЭС
		Проведение экспертизы проектируемых и действующих АЭС
		Оценка воздействия радиоактивных материалов на окружающую среду
		Установка норм радиационной безопасности
	Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО)	Решение экологических проблем в сельском хозяйстве
		Охрана и использование земель, водных ресурсов, лесов, животного мира, биологических ресурсов Мирового океана
	Международная морская организация (ИМО)	Разработка международных конвенций об охране моря от загрязнений
	Всемирная метеорологическая организация (ВМО)	Изучение и обобщение воздействия человека на погоду и климат планеты в целом и по отдельным регионам
Глобальный мониторинг		
Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП)	Сохранение естественных экосистем	
	Сохранение редких и исчезающих видов растений и животных, памятников природы	
	Организация заповедников, резерватов, национальных природных парков	
	Экологическое просвещение	

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое экосистема и эколого-экономическая система?
2. Какие экологические проблемы появились после технологических революций в ходе истории развития человечества?
3. Что такое промышленная экология?
4. Какова структура промышленной экологии?
5. Перечислите основные виды антропогенного воздействия.
6. Охарактеризуйте влияние системного подхода на управление ЭЭС.
7. Назовите основные принципы функционирования ЭЭС.
8. Перечислите основные принципы рационального природопользования.

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ

Приводятся сведения, что на каждого человека ежегодно извлекается до 3 т ископаемого сырья¹⁸, представляющего собою преимущественно топливо, руды, удобрения и строительные материалы. Их запасы на планете распределены неравномерно. Большая часть полезных ископаемых добывалась наилучшим способом. Применение эффективных технологических схем переработки руд позволяет использовать запасы «бедного» сырья и отработанные отходы, что существенно повышает их потенциал.

Россия, несмотря на различные оценки потенциальных запасов полезных ископаемых, несомненно, обладает достаточно развитой минерально-сырьевой базой (в % от общемировых): апатитов (64,5); природного газа (35,4); железа (32,0); никеля (31); бурых углей (29); олова (27); кобальта (21); цинка (16); урана (14); нефти (13); свинца (12); меди (11). Кроме того РФ имеет крупные запасы золота, алмазов, изумрудов, платины и др. Общие разведанные балансовые запасы основных видов полезных ископаемых России в начале XXI в оценивались почти в 30 трлн долл., а прогнозный потенциал – в 150 трлн долл.^{19,20} Однако из разведанных почти 20 тыс. месторождений (в основном в СССР) различных видов полезных ископаемых только 37 % в настоящее время осваиваются промышленностью. Доля российского минерального сырья в мировой добыче ископаемого топлива составляет 10-30 %, металлов – 20-25 %. В то же время крупнейшие месторождения находятся в малодоступных районах, что затрудняет их вовлечение в производство. С распадом СССР Россия осталась без хрома, титана, ртути, сурьмы и ежегодно затрачивает на их закуп до 2 млрд долл. Трудно идет освоение новых нефтяных месторождений. С 1992 г прирост разведанных запасов полезных ископаемых не покрывает их добычи. Ресурсонасыщенность России, измеряемая количеством потребляемых ресурсов на душу населения, в 1,5-3 раза ниже, чем в промышленно развитых странах.

Красноярский край является крупнейшей природно-сырьевой базой России: 1-е место в РФ занимает по запасам угля (70 % российских запасов угля), нефелиновых руд, магнезитов, графита, никеля и платиноидов (95 % российских запасов никеля и платиноидов); 2-е место – по разведанным запасам золота (более 20 % российских запасов золота) и начальным суммарным ресурсам нефти, природного газа и конденсата; кроме того, значительны запасы свинца, цинка, кадмия, алюминия, железа, хрома, марганца, титана, серебра и других полезных ископаемых^{21,22}.

¹⁸ Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. - 2-е изд. перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.

¹⁹ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Россия>

²⁰ <http://uchebnik-besplatno.com/economics-uchebnik/iskopaemyie-resursyi.html>

²¹ http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%F0%E0%F1%ED%EE%FF%F0%F1%EA%E8%E9_%EA%F0%E0%E9

²² http://www.catalogmineralov.ru/deposit/krasnoyarskiy_kray/

В Красноярском крае добываются практически все российские платиноиды, 75 % кобальта, 80 % никеля, 70 % меди, 24 % свинца, 16 % угля от общей добычи России. По добыче золота Красноярский край занимает одно из первых мест среди российских регионов. В Северо-Енисейском районе находится месторождение «Олимпиадинское» (второе по объему запасов в России), на котором в течение 30 лет возможна крупномасштабная добыча золота. Общий объем прогнозных расчетов: россыпного золота 10 т; коренного золота 5 т^{23,24}.

Канско-Ачинский угольный бассейн считают крупнейшей минерально-сырьевой базой для топливно-энергетического комплекса Красноярского края. Общие разведанные запасы угля составляют 806 млрд т, из них промышленно освоены лишь 7 %. Ценность бассейна определяется широким распространением сверхмощных пластов угля, залегающих на небольших глубинах и доступных для эффективной добычи открытым способом. В настоящее время эксплуатируются месторождения «Назаровское», «Березовское», «Ирша – Бородинское». Средняя добыча угля составляет свыше 50 млн т в год^{23,24}.

Норильский рудный район богат медно-никелевыми рудами, после обогащения которых получают медный, никелевый и пирротиновый концентраты. Кроме того ЗФ ОАО ГМК «Норильский Никель» – крупнейший в мире производитель металлов платиновой группы: Pt, Pd, Rh, Ir, Os, Ru. Он обеспечивает потребности России в меди, никеле, кобальте более чем на 70 %, в металлах платиновой группы – на 90 %.

Основные запасы свинца и цинка сосредоточены в Горевском свинцово-цинковом месторождении, которое относится к разряду крупнейших в мире по запасам свинца (42,4 % – промышленных запасов свинца, 2,5 % – запасов цинка России). В настоящее время на Горевском горно-обогатительном комбинате добывается и перерабатывается до 200 тыс т руды, из которой производится 16-18 тыс т свинцовых концентратов, содержащих 50-60 % свинца и до 450 г/т серебра.

В Красноярском крае разведано 27 месторождений нефти (запасы которой составляют 1011,3 млн т), газа (запасы – более 1 трлн м³), газоконденсата (запасы – 50 млн т). В 2009 г. начата добыча нефти на Ванкорском месторождении (Туруханский район).

В Красноярском крае находятся крупные ресурсы железно-алюминиевого сырья в объеме 600 млн т, в т.ч. 200 млн т низкокачественных бокситов, включающих 22,4 % глинозема, 12,2 % – кремнезема, 35,2 % – оксидного железа. Железные руды представлены в основном магнетитовым сортом, являются бедными (26-35 % железа), но легкообогатимыми^{23,24,25}.

²³ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2007 год». - Красноярск, 2008. – 266 с.

²⁴ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 год». - Красноярск, 2011. – 280 с.

²⁵ http://www.krskstate.ru/dat/bin/art_attach/1812_gosdoklad_2010.pdf

4.1. Природные ресурсы и их классификация

Существует несколько определений природных ресурсов.

Наиболее общее состоит в том, что *природные ресурсы* – это природные объекты и явления, используемые в настоящем, прошлом и будущем для прямого и опосредованного потребления, способствующие созданию материальных богатств, воспроизводству трудовых ресурсов, поддержанию условий существования человечества и повышающие качество жизни (ресурс удобств, эстетический и проч.).

Убедительно и определение, что *природные ресурсы* – это тела и силы природы, которые на данном уровне развития производительных сил и изученности могут быть использованы для удовлетворения потребностей человеческого общества в форме непосредственного участия в материальной жизни.

Это пространственно-временная категория; их объем разный в различных районах земного шара и на разных стадиях социально-экономического развития общества. Тела и явления природы выступают в качестве определенного ресурса в том случае, если в них есть потребность. Но потребности возникают и расширяются по мере развития технических возможностей освоения природных богатств. Например, нефть была известна как горючее вещество еще за 600 лет до н.э., но в качестве топливного сырья в промышленных масштабах ее начали разрабатывать лишь с 60-х гг. XIX столетия. В первобытном обществе потребности человека и его возможности освоения природных ресурсов были весьма скромными и ограничивались охотой на диких животных, рыбной ловлей и собирательством. Затем появилось земледелие и скотоводство, и в состав природных ресурсов были включены почвенный покров и растительность, служившая кормовой базой для скота. В лесах добывалась древесина, началось освоение ископаемых (угля, руд, строительных материалов), человек научился использовать энергию ветра и падающей воды. По мере развития производства не только расширялся объем осваиваемых естественных ресурсов, но в хозяйственный оборот вовлекались и новые площади девственной природы. Так, во второй половине XX в. ресурсопотребление охватило практически всю сушу и все известные в настоящее время природные тела и компоненты. Научно-технический прогресс непосредственным образом отразился на практике ресурсопользования. Разработаны технологии освоения таких видов природных богатств, которые до недавнего времени не включались в понятие «природные ресурсы», например опреснение морских вод в промышленном масштабе, освоение солнечной и приливно-волновой энергии, добыча нефти и газа на акваториях и т.д.

Большое значение в освоении природных ресурсов имеют экономические факторы, определяющие рентабельность их хозяйственного использования. Часто потребности в природном ресурсе полностью блокируются технологической невозможностью их освоения. Техническое

и технологическое несовершенство многих процессов извлечения и переработки природных ресурсов, соображения экономической рентабельности и недостаток знаний об объемах и величинах природного сырья заставляют при определении природно-ресурсных запасов выделять несколько категорий по степени технической и экономической их доступности и изученности.

В связи с двойственным характером понятия «природные ресурсы», отражающим их природное происхождение, с одной стороны, и хозяйственную, экономическую значимость – с другой, разработаны и широко применяются несколько классификаций.

1. Классификация природных ресурсов по происхождению

Природные ресурсы возникают в природных средах (водах, атмосфере, растительном или почвенном покрове и т.д.) и в пространстве образуют определенные сочетания, меняющиеся в границах природно-территориальных комплексов.

Ресурсы природных компонентов. Каждый вид природного ресурса обычно формируется в одном из компонентов ландшафтной оболочки. По принадлежности к ним выделяются ресурсы: минеральные, климатические, водные, растительные, земельные, почвенные, животного мира. При использовании приведенной классификации основное внимание уделяется закономерностям пространственного и временного формирования отдельных видов ресурсов, их количественным и качественным характеристикам, особенностям режима, объемам естественного восполнения запасов.

Ресурсы природно-территориальных комплексов. На данном уровне учитывается комплексность природно-ресурсного потенциала территории, вытекающая из соответствующей комплексной структуры самой ландшафтной оболочки, которая обладает определенным набором разнообразных видов природных ресурсов. В зависимости от свойств ландшафта, его места в общей структуре, сочетания видов ресурсов их количественные и качественные характеристики меняются очень существенно, определяя возможности освоения и организации производства. Часто возникают такие условия, когда один или несколько ресурсов определяют направление хозяйственного развития целого региона. Практически любой ландшафт имеет климатические, водные, земельные, почвенные и другие ресурсы, но возможности хозяйственного использования весьма различны. В одном случае могут складываться благоприятные условия для добычи минерального сырья, в других – для выращивания ценных культурных растений или для организации промышленного производства, курортного комплекса и т.д. На этом основании выделяют природно-ресурсные территориальные комплексы по наиболее предпочтительным видам хозяйственного освоения. Они делятся на горно-промышленные, сельскохозяйственные, водохозяйственные, лесохозяйственные, селитебные, рекреационные и другие.

2. Классификация по видам хозяйственного использования

По этому признаку природные ресурсы делятся на ресурсы промышленного и сельскохозяйственного производства.

Ресурсы промышленного производства. Эта подгруппа включает все виды природного сырья, используемые промышленностью. В силу очень большой разветвленности производства и наличия многочисленных отраслей виды природных ресурсов дифференцируются:

- на энергетические, к которым относятся разнообразные виды ресурсов, используемых на современном этапе развития науки и техники для производства энергии: горючие полезные ископаемые, гидроэнергоресурсы (энергия свободно падающих речных вод, приливно-волновая энергия морских вод и др.), источники биоконверсионной энергии (топливная древесина, биогаз из отходов сельского хозяйства), ядерное сырьё, используемое для получения атомной энергии;

- на неэнергетические, включающие подгруппу природных ресурсов, которые поставляют сырьё для различных отраслей промышленности или же участвуют в производстве по технологической необходимости: полезные ископаемые, воды промышленного водоснабжения, земли, занятые промышленными объектами и объектами инфраструктуры, лесные ресурсы, поставляющие сырьё для лесохимии и строительной индустрии, и т.д.

Ресурсы сельскохозяйственного производства, объединяющие виды ресурсов, участвующие в создании и сельскохозяйственной продукции: агроклиматические ресурсы (тепло и влага, необходимые для продуцирования культурных растений или выпаса скота), почвенно-земельные ресурсы (земля и ее верхний слой – почва), растительные кормовые ресурсы (ресурсы биоценозов, служащие кормовой базой для скота), водные ресурсы – воды, служащие для орошения земель, и т.п.

3. Классификация природных ресурсов по признаку исчерпаемости

При учете запасов природных ресурсов и объемов, их возможного хозяйственного изъятия пользуются представлениями об исчерпаемости запасов. Согласно этой классификации, все природные ресурсы по исчерпаемости делятся на две группы (рис. 2.1).

К неисчерпаемым (неистощимым) ресурсам относят космические, климатические и водные. Космические ресурсы – солнечная энергия, энергия морских приливов и отливов. Поступление первой из них во многом зависит от состояния атмосферы, ее загрязненности. Климатические ресурсы включают воздух, энергию ветра, осадки. Последние относятся и к водным ресурсам, хотя в широком смысле под ними понимают запасы воды на планете. Иногда к неисчерпаемым ресурсам относят атмосферу и гидросферу в целом, хотя при значительных загрязнениях они могут переходить в категорию исчерпаемых.



Рис. 2.1. Основные типы природных ресурсов

Исчерпаемые ресурсы те, количество которых неуклонно уменьшается по мере их добычи или изъятия из природной среды. Их **невозобновляемая** часть либо совершенно не восстанавливается, либо восстанавливается темпами, несоизмеримыми с их расходом человеком. К ним принадлежат, в первую очередь, полезные ископаемые, использование которых ведет к истощению. Охрана таких ресурсов заключается в их бережном, рациональном и комплексном использовании, предусматривающем возможно меньшие потери и поиск заменителей.

К **относительно возобновляемым** ресурсам относят почву, способную давать урожай растений, а также лесные фитоценозы. Почва создается медленно при участии живых организмов и климата. Весьма продолжительное время необходимо и для воспроизводства высокопродуктивных насаждений.

Под **возобновляемыми** ресурсами понимают растительность, животный мир и некоторые минералы, такие как соли, осаждающиеся в озерах. Их восстановление идет с разной скоростью. Темпы расхода

возобновляемых ресурсов должны совпадать с их восстановлением. В ином случае они переходят в невозобновляемую или относительно возобновляемую категорию.

К исчерпаемым относятся также рекреационные ресурсы, обеспечивающие отдых и восстановление здоровья, и эстетические, воздействующие на духовные богатства людей.

Кроме того, под исчерпаемыми (невозобновляемыми) природными ресурсами понимают минеральные ресурсы. Это все пригодные для потребления материальные составляющие литосферы, используемые в хозяйстве как минеральное сырье или источники энергии (ископаемое топливо, руда).

Развитие общества со времени его зарождения и становления связано с использованием минерального, извлекаемого из недр сырья. Его постоянно увеличивающийся расход приводит к нарастанию темпов добычи. В частности, подсчитано, что за последние 30 лет XX в. человечество израсходовало столько минеральных ресурсов, сколько за всю историю своего существования. Мировая потребность меди в 2000 г. выросла (принимая уровень 1970 г. за 100 %) в 4,8 раза; бокситов и цинка – в 4,2; никеля – в 4,7; нефти – в 5,2; газа – в 4,5; угля – в 5 раз²⁶. Это вызывает озабоченность, поскольку запасы минеральных ресурсов неограниченны и практически невозобновимы. По данным 1996 г.²⁷ (при потреблении на уровне 1996 г.), продолжительность обеспечения мировой промышленности некоторыми полезными ископаемыми составит: свинец – 22 года, медь – 28 лет, цинк – 20 лет, олово – 37 лет, молибден – 44 года, золото – 17 лет, серебро – 19 лет.

Сегодня отмечается, что качество разведанных и осваиваемых мировых запасов имеет тенденцию неуклонного ухудшения. Растет зольность углей, снижается концентрация металлов в массе, возрастает доля труднообрабатываемых и перерабатываемых удобрений. Так, в США содержание меди в рудах уменьшилось с 2,5-3 в начале XX в. до 0,8 % к концу 1970-х гг. Только за последние 30 лет XX в. в районах, богатых полиметаллическими рудами (Канада, Австралия, Мексика), среднее содержание свинца и цинка в добываемых рудах снизилось в 2-2,5 раза. В нашей стране за этот период содержание железа в сырой руде уменьшилось с 50 до 35 %. Вместе с тем Россия в настоящее время располагает 40 % мирового запаса этих руд (Курское месторождение, Урал, Восточная Сибирь).

В последние годы возросла добыча энергетических видов сырья – угля и особенно нефти, газа (за последние 75 лет добыча нефти увеличилась в 133 раза, угля – в 3,3 раза, газа – в 632 раза). Так, в 1991 г. в мире было добыто 3340 млн т нефти (40 % – США, Саудовская Аравия и Россия) и газа 2115 млрд м³, (страны СНГ – 38 %, США – около 24 %). В

²⁶ Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. - 2-е изд. перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с. (с. 117).

²⁷ Шеер Г. Восход солнца в мировой экономике: Стратегия экологической модернизации. – М., 2002.

2009 г. добыча нефти в мире достигла 3,8 млрд т, в 2010 г. газа – 3275 млрд м³ (по данным Global Energy Statistical Yearbook 2011)²⁸.

По итогам 2011 г. в России было добыто 670,5 млрд м³ газа и 511,4 млн т нефти и газового конденсата (10,27 млн баррелей в сутки). По объемам добычи нефти и газа Россия в 2011 г. заняла первое место в мире²⁹.

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), к 2035 г. мировое потребление газа вырастет более чем на 50 % по сравнению с уровнем 2010 г. и составит 5,1 трлн м³. При этом одним из основных потребителей газа в мире станет Китай. Доля газа в мировом энергобалансе, по оценкам МЭА, в 2035 г. вырастет с нынешних 21 % до 25 %³⁰. Возрастает в мире добыча золота, алмазов. В целом потребление минерально-сырьевых ресурсов с 1900 по 1970 гг. увеличилось в 12,5 раз, а к 2035 г. должно удвоиться.

Такое развитие требует более рационального использования минеральных ресурсов. Эта задача решается путем:

- создания новых, высокоэффективных способов разведки полезных ископаемых, ресурсосберегающих методов добычи;
- комплексного использования минерального сырья;
- сокращения потерь сырья на всех этапах освоения и использования запасов недр, особенно на стадиях обогащения и переработки сырья;
- создания новых веществ, органического синтеза минерального сырья.

Весьма перспективным источником минеральных ресурсов на планете являются ресурсы океана. Причем более 90 % морской добычи приходится на нефть и газ. Запасы «морской» нефти оцениваются в 60-150 млрд т. Из моря добывается 90 % мировой добычи брома, 60 % магния, более 30 % поваренной соли. Кроме того, со дна моря добывают уголь, железные руды, серу. В Англии такая добыча превышает 10 %, а в Японии – 40 % от общей добычи. Морские запасы рутила, золота, платины, алмазов сопоставимы с земными. Запасы фосфоритов достигают 90 млрд т, железомарганцевых конкреций, расположенных в основном на дне Тихого и Атлантического океанов, – 2-3 трлн т. В зоне шельфов добывается 65 % циркониевых и 25 % ториевых минералов. У берегов Бразилии и Индии добывают олово, Африки – алмазы. Значительны рудные отложения Красного моря, где на глубине свыше 2000 м фиксируются горячие рассолы, в которых концентрация железа в 8000, цинка в 500, меди в 100 раз больше, чем в обычной морской воде. Кроме того в этих рассолах содержание цинка достигает 10 %, а меди до 7 %. Также подсчитано, что в воде морей и океанов находится до 4 млрд т урана, однако сегодня его добыча из воды в 5 раз дороже, чем из руды.

²⁸ <http://www.trubagaz.ru/ratings/dobycha-gaza-v-mire-v-2010-godu/>

²⁹ http://e-finance.com.ua/ru/commodities/2012/01/07/V_Rossii_soobshchili_skolko_dobyli_nefti_i_gaza_v_2011_godu/

³⁰ <http://lenta.ru/news/2011/08/30/gas/>

4.2. Ресурсосбережение

Проблема рационального использования минеральных ресурсов привела к возникновению новой отрасли – ресурсосбережения, точнее разработки ресурсосберегающих технологий. Под этим понимается производство и реализация конечных продуктов с минимальным расходом вещества и энергии на всех этапах производственного цикла (от добывающих до сбытовых отраслей) и с наименьшим воздействием на природные экосистемы и человека. В первую очередь это касается энергетической эффективности – соотношения между затрачиваемой энергией и полезным продуктом, получаемым при этих затратах. Превращение высококачественной энергии, извлекаемой из ядерного топлива, в тепловую с температурой в несколько тысяч градусов и далее в высококачественную электроэнергию, а затем использование этой энергии для поддержания температуры в доме на уровне 20 °С чрезвычайно расточительно. Основным принципом использования энергии должно быть соответствие качества энергии поставленным задачам. За рубежом для обогрева жилищ стали применять активно, особенно в последнее время, солнечную энергию, энергию ветра. В районах с холодным климатом наилучшим способом отопления является создание новой структуры зданий, абсолютно изолированных от внешней среды.

Модели общества одноразового потребления и природосберегающего общества приведены на рис. 2.2.

Первый тип (А) характерен для наиболее промышленно развитых стран, базируется на использовании как можно большего количества энергии и вещества и с большей скоростью превращает высококачественную энергию в низкокачественную, вещества в отбросы, загрязняющие компоненты.

Основой второго типа (Б) общества служит разумное использование энергии и рециркуляция вещества, вторичное использование невозобновляемых ресурсов, сокращение потребления и потерь энергии и ресурсов. При этом особенно важно эффективно использовать энергию, не применяя без особой необходимости ее высококачественные виды.

На всех уровнях хозяйствования (локальном, региональном, глобальном) не должен быть превышен порог экологической устойчивости окружающей среды. Для эффективного ограничения потерь ресурсов и предотвращения загрязнения необходимо учитывать информацию о всех воздействиях на окружающую среду на входе нее (в том числе на проектной стадии). Так, значительно проще и дешевле предотвращать попадание токсического загрязнителя в подземный горизонт питьевой воды, чем пытаться очистить уже загрязненную воду.

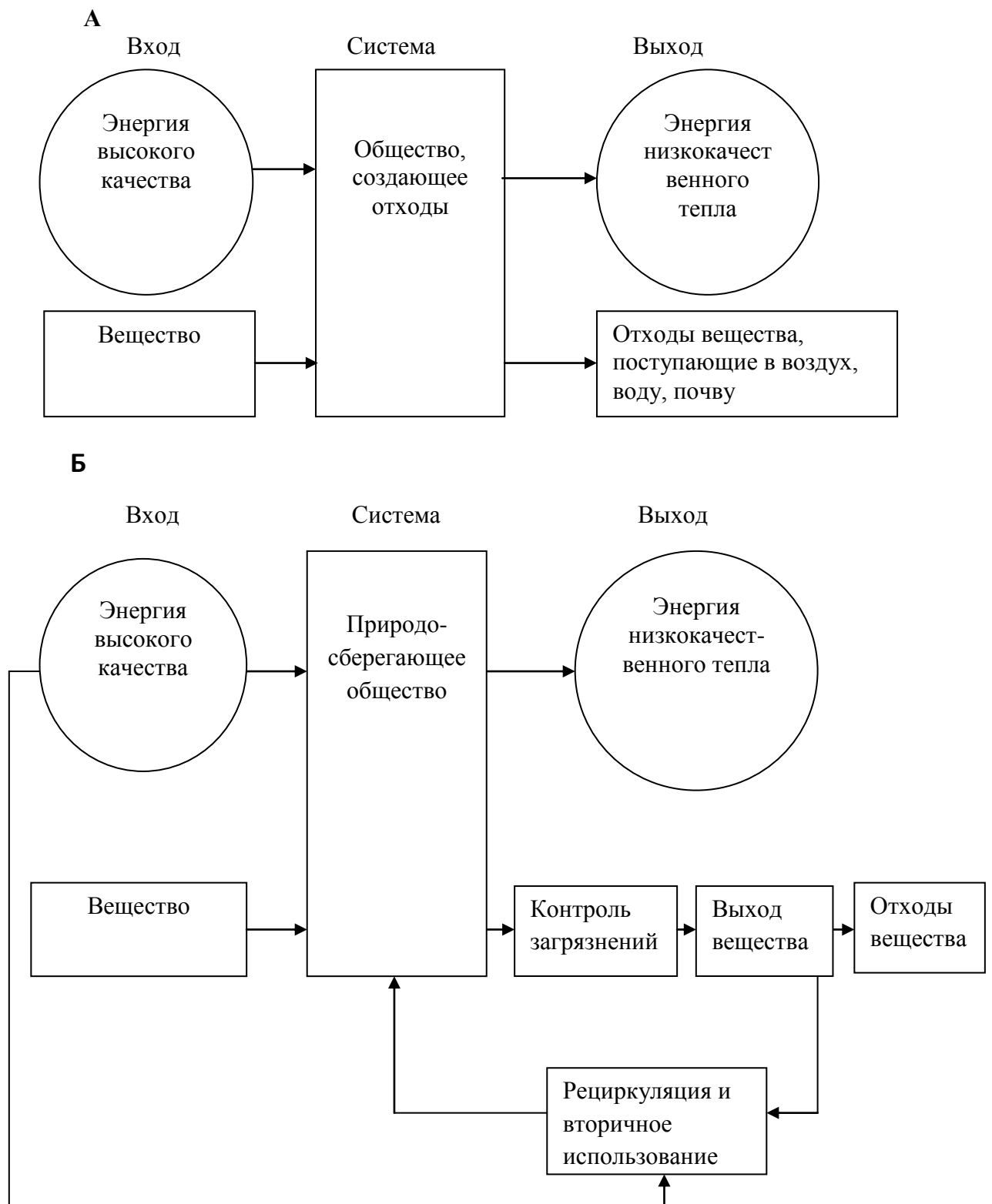


Рис. 2.2. Модели общества одноразового потребления, создающего отходы (А), и природосберегающего общества (Б)

Важнейшим направлением ресурсосбережения является снижение массы машин и оборудования. Так, на 1 кВт мощности в паровых машинах Уатта приходилось 400 кг, в начале XX в. – 135-140 кг, в 1990 гг. – менее 100 кг массы. Существенный прогресс наблюдается при сопоставлении блоков турбогенераторов разной мощности тепловых станций. Если

принять за 100 массу металла турбин мощностью 300 МВт, то на турбинах 500 МВт масса снижается до 77, а 800 МВт – до 75. Соответствующая удельная кубатура корпуса электростанций снижается со 100 до 75 и 57. Экономия металла на единицу мощности существенно заметна при переходе к более мощным автомобильным и самолетным двигателям внутреннего сгорания. Благодаря последнему удалось поднять в небо летательные аппараты тяжелее воздуха.

Заметный вклад в ресурсосбережение в области электроники обеспечивает миниатюризация. Оборудование из 50-100 элементов размещается на германиевых микроплатах площадью 1 см² и меньше, что существенно снижает габариты электронных приборов. Современная электронно-вычислительная машина четвертого поколения значительно меньше по размерам ЭВМ первого поколения. Микроминиатюризация позволяет значительно уменьшить удельную потребность в материалах. Ежегодно в мире выпускается около 50 млрд полупроводников и примерно такое же количество интегральных схем.

Большую отдачу в ресурсосбережение обеспечивает порошковая металлургия, которая позволяет создать необходимую структуру покрытия и снизить расход металла: 1000 т изделий из порошка дает возможность сберечь до 2500 т металла. При этом продолжительность эксплуатации таких изделий возрастает в 2-3 раза, значительно сокращаются потери от коррозии, которые составляют к общему металлофонду страны 11-13 млн т/год. Порошковая металлургия способствует развитию производства композиционных материалов с металлической основой. Помимо экономии черного металла, она сберегает вольфрам, ванадий и другие ценные соединения. Ее преимущество состоит также и в резком (в 3 раза и больше) сокращении сбросов и выбросов по сравнению с обычным металлургическим предприятием.

Большая экономия сырья достигается и благодаря применению композитов, эти материалы характеризуются высокой твердостью, стойкостью против коррозии, прочностью. Весьма распространены графито-алюминий и карбидоволокна. Высокими потребительскими свойствами обладают стеклометаллические полотна и ленты, имеющие способность к намагничиванию. Уже создана керамика для использования в высокотемпературных процессах, материалы для авиационных газовых турбин и автомобильных двигателей. Ставится задача снижения излишних запасов прочности и, следовательно, массы машин и оборудования, замены металла пластмассой, широкого внедрения точного литья и прессования, что позволяет экономить до 30 % металла.

Снижение массы и продление срока эксплуатации аппаратуры и как результат – сокращение потребности в металле происходит при потреблении качественных сталей вместо обычных. Разрабатываются меры по сокращению потребности в сырье и более эффективному его использованию. Большое значение для сохранения ресурсов леса имеет

полное комплексное использование отходов древесины для лесохимии, плитных материалов и других видов продукции.

Крупным резервом ресурсов служит использование вторичного сырья. При хозяйственной деятельности накапливается большое количество отходов: металлы, пластмасса, бумага, стеклобой и т.д. Их утилизация помимо частичного обеспечения предприятий сырьём решает важные экологические вопросы: снижение загрязнения окружающей среды, сокращение площадей под складирование отходов, перераспределение трудовых ресурсов. В некоторых странах переработке вторичных продуктов отводится видное место.

При получении бумаги из макулатуры по сравнению с традиционным способом затрачивается на 60 % меньше электроэнергии и загрязнение воздуха уменьшается на 15 %, а воды – на 60 %. Сталь из металлолома на 70 % дешевле традиционной и позволяет сэкономить 1,5 т руды и 0,2 т кокса, уменьшив при этом количество отходов. Значительные возможности открываются при утилизации пластмасс, переработка которых осуществляется по нескольким направлениям.

Российская Федерация занимает одно из последних мест по эффективности использования древесного сырья. В большом количестве отходы образуются при заготовке древесины, на лесопильных и деревообрабатывающих предприятиях, где теряется более половины биомассы. При химической переработке древесины в качестве отходов остается ещё половина оставшейся части сырья. В среднем на каждом ЦБК ежегодно образуется до 1 млн м³ отходов. Значительное их количество скапливается на биохимических заводах. Лесосечные отходы концентрируются на нижних складах и у крупных причалов, что создает благоприятные условия для их дальнейшей переработки. Во многих хозяйствах осуществляется утилизация вершин, сучьев и откомлевок на технологическую щепу для производства плитных материалов и в химической промышленности. Предложены способы получения щепы непосредственно на лесосеках, что снижает потери до минимума³¹.

Целлюлозно-бумажная промышленность способна во все больших масштабах применять низкосортную древесину для выпуска тарно-упаковочных сортов бумаги и картона. В настоящее время вклад такой древесины в баланс данных производств достигает половины и включает тонкомерную, нетоварную и пневую древесину. В США некоторые предприятия вообще не используют балансы, а работают на привозной щепе. Удаление из лиственницы мешающего при варке арабиногалактана, дефицитного продукта для фармацевтической промышленности, делает её прекрасным сырьём для выработки высококачественной целлюлозы. Из сучьев также получают высокопрочные волокна, годные для производства упаковочной бумаги и обувного картона.

³¹ Храмова Л.Н. Эколого-экономическая оценка рационального использования вторичного древесного сырья в Ангаро-Енисейском регионе: монография/ Л.Н. Храмова, С.В. Соболев, Р.А. Степень. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 147 с.

4.3. Круговорот веществ и природные ресурсы

Как образование природных ресурсов, так и само существование жизни обуславливается протеканием на планете двух круговоротов веществ. Большой, или геологический, круговорот наиболее ярко проявляется в круговороте воды и циркуляции атмосферы. Второй малый, или биологический, – развивается на основе большого и заключается в круговой циркуляции веществ между почвой, растениями, микроорганизмами и животными. Оба круговорота связаны и представляют собой единый процесс. Втягивая в свои многочисленные орбиты косную среду, биологический круговорот веществ обеспечивает воспроизводство живого вещества и оказывает активное влияние на облик биосферы.

Биологический круговорот имеет ряд циклов. Наиболее существенны из них циклы, связанные с превращениями кислорода, углерода, азота, фосфора, серы и водорода. Они непрерывно циркулируют в живом веществе и окружающей среде. При этом часть элементов исключается из круговорота и с помощью геохимических процессов закрепляется в осадочных отложениях или переносится в океан.

Круговорот воды в биосфере предполагает, что ее суммарное испарение уравнивается выпадением осадков. Удаление некоторого количества водорода в космос компенсируется в основном за счет подземных вод, поднимающихся на поверхность из магматических очагов. "Лишние" осадки, выпадающие на суше и питающие ледники, ледниковые шапки, грунтовые воды, постепенно стекают в водоемы.

Круговорот углерода начинается с фиксации атмосферной двуокиси углерода в процессе фотосинтеза, в результате которого образуются углеводы и кислород. Углеводы потребляются растениями и животными для дыхания и в энергетических целях. Получаемый при этих превращениях углекислый газ (а также CO_2 при утилизации останков растений и животных) уходит в атмосферу.

Круговорот азота также охватывает все области биосферы. Высшие растения могут усвоить его в большинстве случаев только после перевода в производные. В этом круговороте исключительную роль играют азотфиксирующие бактерии, развивающиеся на корнях клубеньковых растений. После усвоения растениями азот поступает в трофическую цепь, в которой он потребляется животными и человеком.

Только благодаря круговороту веществ возможно длительное существование жизни на планете, требующей непрерывного использования минеральных веществ, запасы которых ограничены. При отсутствии круговорота, в случае непрерывного расходования продуктов, развитие процесса привело бы к их исчерпанию и прекращению жизни. Как показывают ориентировочные расчеты, весь кислород атмосферы проходит через организмы за 2000 лет, углекислота – за 300 лет, вода – за 2 млн лет. Таким образом, все элементы биосферы прошли через живое

вещество за время его эволюции многие миллионы раз. Наличие такого перевода свидетельствует об исключительно важной роли в круговороте веществ не только зеленых растений, но и организмов-деструкторов или биоредуцентов. Их функция перевода органических веществ в доступную для утилизации растениями форму не менее важна, чем созидательная деятельность растений. При этом интенсивность жизнедеятельности всех слагаемых органического мира (продуцентов, потребителей и деструкторов) должна находиться во взаимно согласованном равновесии. Подобное равновесие всегда было свойственно биосфере, что позволяет рассматривать ее как саморегулирующуюся систему. Безусловно, это справедливо до тех пор, пока она не подвергается несбалансированному воздействию антропогенных или других факторов.

Из двух путей создания органических веществ, основанных на использовании радиационной (фотосинтез) и химической (хемосинтез) энергии, лишь первый важен для продуцирования фитомассы. Хемосинтез малопродуктивен, хотя и существен для круговорота азота и некоторых других процессов. Именно благодаря фотосинтезу растений на Земле началось бурное развитие различных форм жизни и активный обмен веществом и энергией между живой и неживой природой.

Годичный прирост биомассы оценивается для суши в $1,5-5,5 \cdot 10^{12}$ т, из которых лишь 1-2 % приходится на животных. В океане, напротив, масса животных, прежде всего планктона, составляет 97 %, а растений – 3 %. Несмотря на то, что биомасса океана примерно в 200 раз меньше биомассы суши, их продукция практически равна. Это объясняется тем, что биомасса суши обновляется в среднем за 14 лет, а океана – за 33 дня³².

За последние 50-100 лет многосторонней деятельности человека ее прямое и косвенное влияние на атмосферу, гидросферу, почву, а также последствия подняли роль антропогенного фактора на уровень, сравнимый с природными биогеохимическими факторами круговорота веществ в биосфере, т.е. человечество становится «геологической силой».

На нашей планете всегда существовал геохимический круговорот веществ, но с появлением жизни на Земле геохимические связи стали биогеохимическими – более сложными и разнообразными. В условиях развитой биосферы на протяжении последних сотен миллионов лет круговорот веществ в природе осуществляется уже под совместным действием биологических, геохимических и геофизических факторов. Именно в этом смысле употребляются термины «биогеохимический круговорот» и «биогеохимические циклы». Под этими явлениями понимают перемещения и превращения химических элементов через косную и органическую природу при активном участии живого вещества. Химические элементы циркулируют в биосфере по различным путям биологического круговорота: поглощаются живым веществом и

³² Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. - 2-е изд. перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с. (с. 69).

заряжаются энергией, затем покидают живое вещество, отдавая накопленную энергию во внешнюю среду. Сейчас к перечисленным факторам, определяющим биогеохимический круговорот веществ в природе, добавилась и хозяйственная деятельность человека. Поэтому в настоящее время происходит существенное нарушение сформировавшегося миллионы лет естественного биогеохимического круговорота, что может иметь непоправимые последствия в будущем.

Биогеохимический круговорот и связанные с ним превращения энергии являются основой динамического равновесия и устойчивости биосферы. Нормальные, ненарушенные биогеохимические циклы имеют почти круговой, замкнутый характер. Этим поддерживается известное постоянство и равновесие состава, количества и концентрации компонентов в биосфере, в частности состава атмосферного воздуха, концентрации солей в океане, количества осадков и объемов речных стоков. В свою очередь, подобное постоянство обуславливает генетическую и физиологическую приспособленность живых организмов к существованию на Земле. С другой стороны, неполная замкнутость циклов в геологическом масштабе времени приводит к концентрированию или рассеиванию отдельных элементов. В качестве примера можно указать на концентрирование азота и кислорода в атмосфере, воды в океанах, образования залежей карбонатов, фосфатов, железных руд, минерального топлива.

Общепланетарные, климатические и геохимические циклы охватывают всю атмосферу, океаны, толщи донных осадков, кору и протекают чрезвычайно медленно, занимая тысячи и миллионы лет. По этим причинам огромные по размерам и происходящие в крайне короткие сроки масштабы человеческого воздействия на биосферу нарушают установившиеся скорости круговоротов, что может привести к крайне негативным последствиям.

Масса практически любого живого существа более чем на 99 % состоит из 9 элементов, называемых «основными элементами жизни». Главными составляющими являются кислород (65-70 %) и водород (10 %). Остальные 20-25 % представлены углеродом, азотом, кальцием (от 1 до 10 %), серой, фосфором, калием, кремнием (от 0,1 до 1 %). Другие элементы присутствуют в живых организмах в микроколичествах (менее 0,1%). В теле человека их общее количество найдено равным 70. Такое выделение основных элементов организма объясняется тем, что они удовлетворяют двум требованиям: имеют минимальный объем и сохраняют стабильность при потере или приобретении электронов. Эти элементы называют биофильными. Они являются главными участниками биогеохимического круговорота веществ в биосфере.

4.4. Антропогенный круговорот вещества

Для получения продукции и энергии необходимо найти, добыть и подготовить сырье, транспортировать к месту переработки и произвести из

него предметы, поступающие в виде средств производства, зданий, бытовых или культурных изделий в пользование человеку. Таковую трансформацию природных ресурсов вправе рассматривать как своеобразный антропогенный круговорот или ресурсный цикл (рис. 2.3).

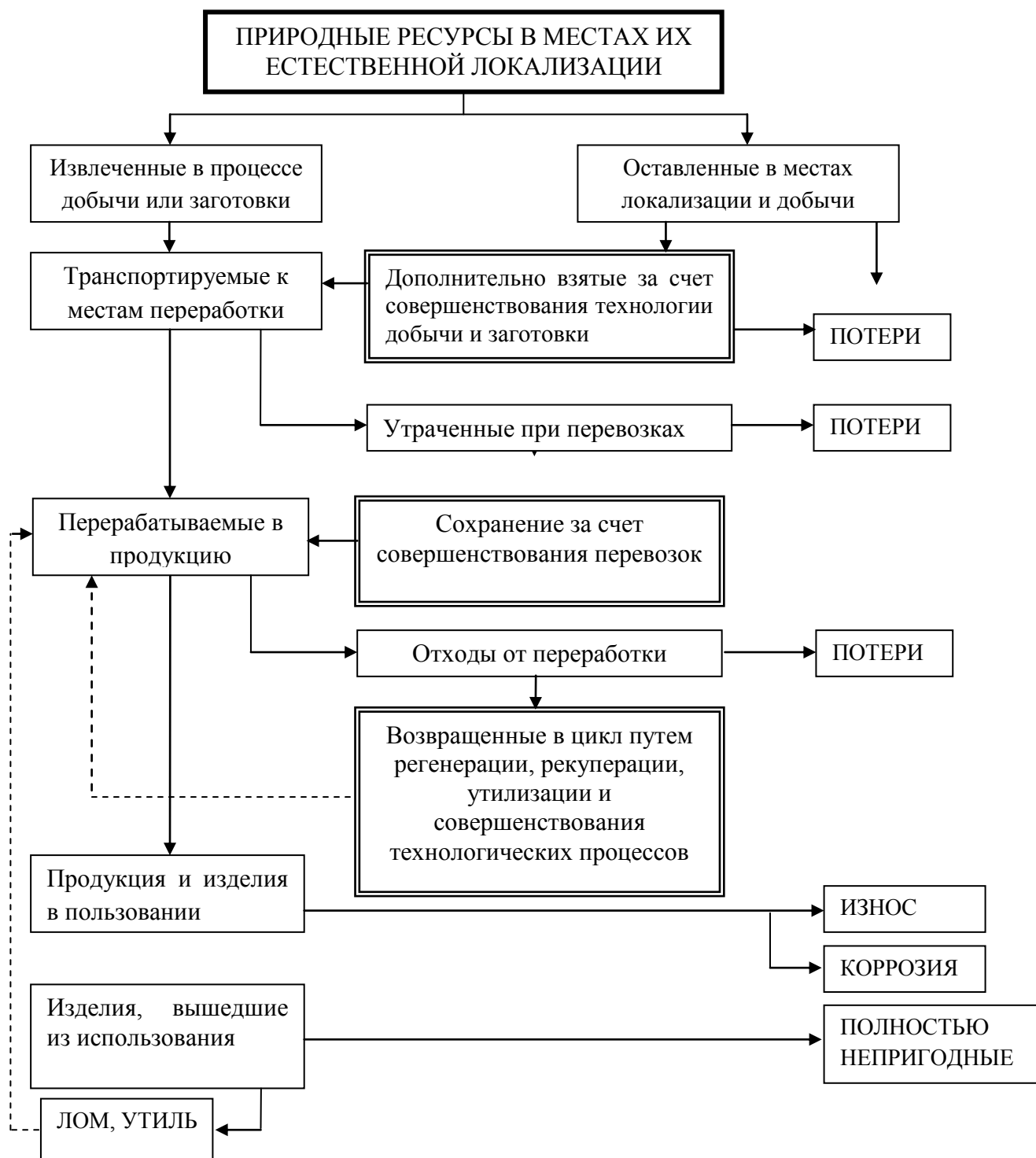


Рис. 2.3. Примерная схема ресурсного цикла: сплошные линии – возможные пути повышения эффективности цикла за счет снижения отходов, пунктирные – возврат ресурсов. Справа – потери ресурсов, являющиеся источником загрязнения природной среды

В общем виде под *антропогенным круговоротом* понимается совокупность превращений и перемещений ресурса на всех этапах его использования: разведки, подготовительных работ, извлечения, концентрирования, переработки в полезный продукт, утилизации после срока службы предмета. Все эти операции в идеальном случае означают действие, как и в природных условиях, по замкнутому кругу. Однако на практике ресурсный цикл не является замкнутым. Так, если потребляемый растениями углерод в виде углекислого газа возвращается в атмосферу при их дыхании и сгорании, то используемый как ископаемое топливо никогда не поступает обратно к месту залегания.

Прежде всего, на каждом этапе цикла происходят потери продукта, связанные как с несовершенством технологии, так и с субъективными причинами. При добыче сырья оно не извлекается полностью, а на вскрышные и другие подготовительные работы затрачивается «непроизводительная» энергия. Ее количество возрастает при проведении рекультивации. Далее заметная часть добытого сырья утрачивается при его доставке на обогатительные и перерабатывающие предприятия при перегрузке и переработке. В случае топлива и руды образуются большие объемы золы, шлаков и окислов, выбрасываемых в атмосферу и складированных в отвалы.

Химическая, нефтехимическая и металлургическая переработка сырья обуславливают образование значительного числа побочных газообразных, твердых и жидких продуктов, часть из которых вредна для здоровья и наносит ущерб окружающей среде. Важно подчеркнуть, что, находясь в недрах, углеводороды нефти, сера каменного угля, тяжелые металлы не оказывают серьёзного воздействия на организм, в то время как попадая в воздух, воду и почву превращаются в токсиканты. Отсюда следует, что загрязнение среды осуществляется оказавшимися не на своем месте природными ресурсами. Таким образом, человек, не умея эффективно использовать природное сырьё, вынужден в ускоряющемся темпе добывать и перерабатывать его убывающие запасы.

Необходимо сосредоточить усилия для замыкания цикла, что может быть достигнуто по двум направлениям. Прежде всего, совершенствуются способы, обеспечивающие полноту извлечения и безотходность переработки ресурсов. Кроме того, принимаются меры по возврату отходов, представляющих собой трансформированное сырьё, в производство для их повторного использования.

В связи со способностью лесов к самовосстановлению существует возможность замыкания и лесного ресурсного цикла. Эта задача достигается посредством соответствующих организационно-технологических мер, благодаря чему сокращаются потери древесины, повышается КПД ее использования и сохраняются для природоохранных и других целей массивы лесов.

В отличие от лесов, обрабатываемые сельскохозяйственные территории практически не способны к самовосстановлению.

Значительная часть органической продукции, на синтез которой потрачены минеральные элементы почвы, изымается. В этой связи из круговорота выпадает нисходящая ветвь, заключающаяся в разложении и минерализации сложных соединений. Во избежание прекращения существования экосистемы человеку необходимо брать на себя ее восстановление, что на практике означает внесение посадочного материала, применение удобрений и обеспечение водой, а иногда и теплом.

4.5. Техногенные потоки вещества

Хозяйственная деятельность человека весьма разнообразна, противоречива и происходит при обязательном контакте и обмене вещества с окружающей средой. Развитие общества явилось результатом эволюции биосферы. Масса человечества (0,2 млрд т) в 12000 раз меньше биомассы планеты, но оно осуществляет колоссальную количественную и качественную переработку среды. Деятельность человека обуславливает весомую долю геохимической динамики вещества на планете. Благодаря ей охватывается огромная масса воды – около 500 км^3 в год или около 20 % объема воды, включаемой в планетарный круговорот транспирацией всех растений суши. Скорость её оборота в техносфере во много раз больше, чем в биосфере. С учетом потребляемого воздуха и добываемого природного газа техносферный газообмен составляет более 150 тыс. $\text{м}^3/\text{год}$, что превышает четверть газообмена. Почти такое же соотношение существует между выделениями техногенной теплоты и годовым притоком энергии фотосинтеза. Все это означает, что человечество к началу XXI в. на 20-25 % увеличило обмен веществ и энергии на планете.

По закону распределения деструкции органического вещества между разными группами допустимо изъятие не более 1 % ежегодной продукции биосферы (правило 1 %). Человечество во многом превысило естественный «норматив», и техносферный круговорот веществ существенно разомкнул. Поскольку техногенный массообмен составляет заметную часть глобального круговорота веществ, своей разомкнутостью он нарушает необходимую высокую степень замкнутости биотического круговорота, которая выработана в длительной эволюции и является важнейшим условием стационарного состояния биосферы. Это означает весьма серьёзное нарушение биосферного равновесия, свойство наступающего глобального экологического кризиса.

Отсюда следует, что современная цивилизация со своей экономикой не только вытесняет и замещает биосферу техносферой, но и угнетает и нарушает важнейшие средорегулирующие функции биосферы. В связи с этим антропосфера, охватывающая стихийную деятельность человеческого общества, должна перейти в ноосферу, включающую сознательное

воздействие общества, когда разумная деятельность человека становится основным определяющим фактором развития.

В главных проявлениях ноосфере свойственны следующие признаки:

- 1) Возрастающее количество механически извлекаемого материала из литосферы. Оно превышает 100 млрд т/год, что примерно в 4 раза превышает массу материала, сносимого водами в Мировой океан в процессе денудации континентов.
- 2) Активное потребление продуктов фотосинтеза прошлых эпох, в основном в энергетических целях. Химическое равновесие в биосфере сдвигается в сторону, противоположную фотосинтезу. При этом возрастает содержание диоксида углерода в атмосфере и гидросфере и уменьшается количество свободного кислорода.
- 3) Ноосфера, в противоположность биосфере, приводит к рассеиванию энергии Земли, а не к её накоплению, как это было на стадиях раннего развития.
- 4) В значительном количестве производятся вещества, ранее не существующие в биосфере, в том числе чистые металлы, то есть происходит металлизация биосферы.
- 5) Появление новых трансурановых химических элементов, которые ранее не находились в биосфере. Овладение ядерной энергией за счет деления тяжелых ядер.
- 6) Ноосфера выходит за пределы земной биосферы – происходит освоение космического (околосолнечного) пространства с непредвиденными последствиями и принципиальной возможностью создания искусственных биосфер на планетах земного типа.

В результате антропогенного воздействия в биосфере возникают различные изменения, влияющие на здоровье и благосостояние людей (табл. 2.1). В связи с этим важнейшей проблемой является процесс оптимизации взаимоотношений человека и природы, который должен включать всесторонний анализ состояния природной среды, хозяйственной деятельности человека, защиту естественных комплексов от чрезмерной нагрузки, научно обоснованное и технологически совершенное использование природных ресурсов, активное регулирование природных и техногенных процессов для поддержания высокого качества окружающей среды, создание культурных ландшафтов в ноосфере.

Таблица 2.1

Схема влияния антропогенных факторов на биосферу, здоровье и благосостояние населения

Факторы антропогенного воздействия	Влияние на биосферу			Влияние на здоровье и благосостояние населения	
	Изменение свойств основных элементов биосферы	Географические и геохимические последствия и эффекты	Экологические и биологические последствия, нарушения экосистемы	Влияние на здоровье и благосостояние человека, человеческой популяции	Социальные последствия
1	2	3	4	5	6
Выбросы в биосферу химически и физически активных веществ	Изменение состава и свойств атмосферы (загрязнение, электропроводность, радиация)	Крупномасштабные изменения циркуляции в атмосфере и океане	Изменение земных и водных экосистем, нарушение их устойчивости	Понижение работоспособности	Изменение производства продуктов продовольствия, недоедание, голод
Выбросы в биосферу инертного материала (аэрозольных частиц и т.п.)	Изменение состава и свойств вод суши (загрязнение, минерализация)	Изменение погоды и климата	Изменение экосистем океана (структурные упрощения и др.)	Эстетический ущерб, ухудшение настроения	Изменение структуры потребления
Прямой нагрев биосферы	Изменение состава и свойств Мирового океана (загрязнение и др.)	Перераспределение и изменение возобновляемых небиологических ресурсов – водных, климатических	Генетические эффекты, перерождение	Болезни, возникновение стрессового состояния	Изменение экономики
Физические (механические) воздействия, ведущие к изменению поверхности суши и растительного покрова (эрозия, вспашка, засоление, пожары)	Изменение состояния биоты как биогеофизической среды	Нарушение озонового слоя, ионосферы (изменение прохождения УФ-излучения, радиоволн)	Исчезновение существующих видов, появление новых	Генетические эффекты	Социальные последствия различных масштабов; ущерб благосостоянию. Возможность нарушения развития общества

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
Биологическое воздействие (развитие агроценозов, перевыпас, интродукция биологических видов, урбанизация и т.д.)	Изменение литосферы (механические нарушения, накопление отходов и др.)	Изменение прозрачности атмосферы, прохождения солнечного излучения	Падение биопродуктивности, уменьшение коэффициента размножения и численности популяций, деградация лесов, опустынивание	Изменение продолжительности жизни	Изменение условий благоприятного проживания. Возможность нарушения развития общества
Изъятие и уничтожение ресурсов (невозобновимых и возобновимых)	Изменение криосферы	Эрозия земной поверхности, изменение альбедо земной поверхности	Деградация почв, опустынивание	Уменьшение темпов роста населения	Изменение мировой экономики, проблемы экологического суверенитета отдельных государств и т.п.
Антропогенные упорядоченные потоки вещества (транспортные)	Изменение свойств поверхности суши и почвы (целостности, кислотности, радиационных характеристик)	Нарушение естественных геохимических циклов, круговорота различных элементов	Изменение способности биосферы к воспроизводству возобновимых ресурсов; истощение невозобновимых ресурсов	Уменьшение численности населения в различных масштабах	Возможность нарушения развития общества
	Изменение геофизических свойств крупных систем: климатической, биосферы в целом				

К важнейшим проявлениям деятельности человека (техногенеза) относится интенсивное перемещение веществ на Земле. Общие масштабы техногенной миграции основных видов сырья и продуктов производства приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Количество основных видов сырья и продуктов производства, перевозимых за год на Земле

Вид сырья	Количество
Уголь, т	$2,7 \cdot 10^9 - 3,2 \cdot 10^9$
Нефть, т	$2,6 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^9$
Газ, м ³	$1600 \cdot 10^9$
Сельскохозяйственная продукция, т	$2,5 \cdot 10^9$
Древесина, т	$1 \cdot 10^9$
Минеральные удобрения, т	$0,2 \cdot 10^9 - 0,5 \cdot 10^9$
Руда, строительные материалы, т	$1 \cdot 10^9 - 5 \cdot 10^9$

В науку введено понятие о технофильности химических элементов (Т), которая представляет собой отношение средней ежегодной добычи элемента к его кларку в земной коре. Показатель специального техногенного использования или специальная техногенность определяется по формуле

$$I = (M_1 + \Pi_1) / n_n,$$

где M_1 – количество элемента, ежегодно вовлекаемого в техногенез из иммобильного состояния (рудные залежи) специально для получения этого элемента или его соединения, т;

Π_1 – количество элемента, ежегодно вовлекаемого в техногенный поток из природного с целью получения данного элемента, т;

n_n – кларк элемента в ноосфере, отражающий интенсивность его целенаправленного вовлечения в техногенез.

Показатель общего техногенного использования элемента, или техногенность (I_Σ), определяется из уравнения

$$I_\Sigma = (M_1 + M_2 + \Pi_1 + \Pi_2) / n_n,$$

где M_2 и Π_2 – поступление элементов в техногенную миграцию соответственно в результате перевода из иммобильного состояния и природных потоков в качестве побочных продуктов. Он показывает степень общего вовлечения химических элементов в техногенную миграцию.

Техногенное геохимическое давление $D = M + \Delta$, где M – вещество, мобилизованное в техногенные геохимические потоки из неподвижного состояния; Δ – разность ввода и вывода этого вещества для данного района.

Отношение D/s (s – площадь района) представляет собой модуль техногенного геохимического давления. При этом с основными видами сырья (уголь, нефть, газ и т.д.) мигрирует большое количество элементов. В частности, с древесиной в основном мигрируют азот и сера.

Экономическое развитие в решающей мере зависит от масштабов интенсивности и характера использования природных ресурсов. Нерациональное потребление ресурсов вызывает их быстрое истощение и, как следствие, прогрессирующее загрязнение окружающей среды различными отходами, часто весьма токсичными.

Анализ развития производств и динамика образования отходов приводят к неизбежному выводу о том, что их дальнейшее развитие не может осуществляться на базе исторически сложившихся традиционно экстенсивных технологических процессов без учета экологии и требует принципиально нового подхода. Этот подход, получивший название “безотходная технология”, основой которого является цикличность материальных потоков, подсказан самой природой. В природных условиях отходы жизнедеятельности одних организмов используются другими и в целом осуществляется биогеохимический круговорот веществ. Переход в ноосферу возможен лишь при сохранении циклов вещества и энергии, сложившихся в биосфере. Именно поэтому концепция безотходного производства получила самое широкое распространение во всех странах мира.

Интересен еще один из аспектов замыкания на человека круговоротов в связи с возрастающим количеством вовлекаемых им веществ. Так, в настоящее время при сжигании топлива высвобождается большая масса углерода, насыщающая воздух углекислым газом. Поступающий ранее диоксид углерода утилизировался с определенной скоростью, в связи с чем в биосфере поддерживался постоянный газовый баланс. Его резкое повышение должно было способствовать накоплению биомассы. Однако процесс фотосинтеза эволюционно связан с определенной интенсивностью солнечной радиации и энергоемкостью хлоропластов. Поэтому увеличение CO_2 не означает повышение продуктивности. Напротив, происходит снижение общей фотоэнергоемкости биосферы, поскольку наиболее продуктивные лесные насаждения заменяются менее продуктивными окультуренными экосистемами, а активность водных систем снижается из-за загрязнения океанов.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое природные ресурсы?
2. Перечислите и охарактеризуйте основные классификации природных ресурсов.
3. Заполните таблицу

Основные природные ресурсы России

Наименование природного ресурса	Наименование месторождения (расположение)	Объем запасов
Свинец, цинк	Горевское свинцово-цинковое месторождение (Красноярский край)	Свинец – 7,5 млн т, цинк – 1,7 млн т

4. Что такое ресурсосбережение?
5. Что такое антропогенез?
6. Нарисуйте и охарактеризуйте модель общества одноразового потребления.
7. Перечислите и охарактеризуйте особенности ноосферы.
8. Нарисуйте и охарактеризуйте круговороты в природе: углерода, азота, фосфора, кислорода. Как техногенная деятельность человека влияет на эти круговороты?

ГЛАВА 3. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Научно-технический прогресс (НТП) – важнейшее условие продвижения общества. При этом существенно усложняются взаимоотношения между ним и природой. Человек научился влиять на ход естественных процессов, изымая различные химические элементы и соединения из литосферы, гидросферы и атмосферы и воздействуя на энергетический баланс планеты. Значительная часть невозобновляемых ресурсов уже истрачена. Возобновляемые ресурсы (вода, древесина и т.д.) также становятся дефицитными.

В настоящее время эксплуатируется около 60 % суши, используется свыше 20 % речных вод, с большой скоростью идет опустынивание и обезлесивание. В результате застройки, горных работ, засоления ежегодно теряется до 70 тыс. км² земель. При строительных и горных работах перемещается 4 тыс. км³/год породы, выплавляется более 2,5 млрд т различных металлов и т.д.³³

Загрязнение окружающей среды, порождаемое стремительным развитием производства, стало предметом глубокого беспокойства современного общества. Сопровождающие НТП грозные последствия в виде экологического кризиса принимают такие масштабы, что не считаются с ними уже невозможно. Загрязнение воздуха, эрозия почв, отравление водоемов – характерные особенности нарушения природного равновесия. Загрязнение биосферы стало настолько угрожающим, что этой проблемой уже несколько десятков лет занимается ООН. Более того, указывается, что при повышении определенного уровня экологических последствий происходит блокирование промышленной активности.

Экологически чистое производство превращается в необходимость, ответственную за сохранение окружающей среды и ресурсов. Оно может способствовать оптимизации управления ресурсами. Многие такие технологии помимо снижения загрязнения экономят сырьё, материалы и электроэнергию. Стоимость последних выше инвестиционных затрат в традиционном производстве, что означает уменьшение себестоимости продукции.

Вместе с тем НТП обуславливает не только негативное воздействие на окружающую среду. На основе его достижений разрабатывают новые методы и средства борьбы с вредными выбросами, технологии, обеспечивающие снижение отходов и максимальную их утилизацию.

Нерегулируемое воздействие на крупномасштабные процессы в атмосфере и океане могут привести к губительным последствиям. По этой причине очевидна необходимость изучения возможных антропогенных изменений для их количественного прогноза при различных вариантах хозяйственного развития.

³³ Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность.- 2-е изд. перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с. (с. 91-92).

4.6. Химический аспект деятельности человека

Проблема загрязнения окружающей среды возникла в середине XX в., хотя уже в Древней Греции знали о болезнях, связанных с неблагоприятным действием загрязненного воздуха и воды. Начало широкому использованию природных ресурсов и, следовательно, химическому загрязнению внешней среды отходами производства положила промышленная революция. Первыми в атмосферу стали выбрасывать золу и сернистый газ. С развитием промышленности, энергетики и транспорта число загрязнителей непрерывно возрастает.

В последние 20-30 лет объем загрязняющих воздух и воду веществ настолько возрос, что наблюдаются изменения и даже полное преобразование состава и круговорота соединений. На примере США показано, что в 1970-х гг. количество вносимых человеком в природную среду веществ сравнялось с массой продуктов, продуцируемых растительностью на этой территории. Американцы составляют 4,85 % населения мира, потребляют треть мировых ресурсов, американская промышленность создает треть мировой продукции и выбрасывает в атмосферу 50 % загрязняющих веществ³⁴.

Рост масштабов производства порождает все большие объемы поднятия на поверхность содержимого недр. Так, в 1968 г. на каждого жителя планеты приходилось 20 т породы, в 1974 г. – 27 т, в 1992 г. на жителя России – 92 т, а среднего красноярца – на порядок больше. Такое нарастание обусловлено, в том числе, и тем, что российское производство опирается на технологию, которая в отношении использования природных ресурсов является крайне отсталой, морально и физически устаревшей, позволяющей полезно использовать лишь их незначительную часть.

В начале XXI в. в России около 65 % выбросов от стационарных источников приходилось на европейскую часть. Это результат деятельности промышленных предприятий Уральского, Северного и Центрального районов. Наибольшая суммарная плотность выбросов на единицу площади имеет место в Уральском, Центральном и Центрально-черноземном районах. По объему выбросов вредных веществ в атмосферный воздух от стационарных источников бесспорным «лидером» является Красноярский край (ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель»), на втором месте – Свердловская область. В РФ наибольший вклад в загрязнение среды вносят электроэнергетика (26,8 %), цветная металлургия (22,5 %), черная металлургия (15,8 %), нефтедобыча (9,0 %), нефтепереработка (5,1 %), угольная (3,8 %), газовая (3,1 %) и машиностроение (3,1 %)³⁵.

³⁴ Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. - 2-е изд. перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с. (с. 117).

³⁵ Экологическое состояние России/ Под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 128 с. (с. 14-15).

Ориентировочные подсчеты показывают, что ежегодно в атмосферу поступают десятки миллионов тонн вредных газов и пыли. При этом серьезную опасность для здоровья населения крупных городов представляет автотранспорт. Вклад его выбросов составляет: свинца – 90 %, оксидов азота – 50 %, органических компонентов – около 30 %. Около 70 % свинца, добавленного к бензину с этиловой жидкостью, попадают в атмосферу с отработавшими газами, из них 30 % оседают на почве сразу, а 40 % остаются в атмосфере. Один грузовой автомобиль средней грузоподъемности выделяет 2,5-3 кг свинца в год.

На расстоянии 200 м от автодорог содержание свинца в 25-30 раз превышает допустимый уровень, а у перекрестков улиц больших городов содержание свинца в 200-300 раз превосходит фоновое, и это число неуклонно растет. Один автомобиль (при пробеге в год 15 тыс. км) потребляет около 4 т кислорода, сжигает примерно 2-3 т топлива и выбрасывает в окружающую среду 3,25 т диоксида углерода, 530 кг оксида углерода, 27 кг азота и 10 кг резиновой пыли³⁶. В высокоурбанизированных зонах транспортом выбрасывается свыше 90 % углекислого газа, по 60 % оксидов азота и хлористого водорода и более 10 % сернистого газа. Кроме того, дорожный и воздушный транспорт являются основными вкладчиками в проблему шума. Российское законодательство предусматривает меры по существенному снижению загрязнения от индивидуальных транспортных средств. Однако в связи с увеличением количества автомобилей и объема перевозимых грузов его вклад в общих выбросах возрастает: сернистого газа с 4 до 12 %, оксидов углерода с 22 до 24 % и азота с 58 до 59 %.

Весьма значителен вклад в загрязнение атмосферы тепловых станций, характер и состав которых зависит от качества топлива и вида установок. Основными загрязнителями служат продукты полного (зола и окислы серы) и неполного (угарный газ, сажа, углеводороды) сгорания топлива. Их опасный компонент – окись азота, образующаяся в основном за счет атмосферного азота при высоких температурах. Так, тепловая станция средней мощности, работающая на угле, ежедневно выбрасывает в воздух до 30 т сернистого ангидрида и 40 - 50 т золы. При сжигании нефти зола образуется в малом количестве, но резко возрастает выход сернистых соединений. Котельные, работающие при сравнительно низких температурах, выбрасывают в значительных количествах сажу. В 2000 г. атмосферные выбросы российской электроэнергетики составили 3,86 млн т, в том числе твердой фракции – 1,14 млн т³⁷.

Основная часть электроэнергии в мире (более 60 %) вырабатывается на ТЭС, использующих твердое топливо (уголь). В результате сжигания в течение года 2,1 млрд т каменного и 0,8 млрд т бурого угля в окружающую среду выбрасывается 225 тыс. т мышьяка (для сравнения: годовое

³⁶ Тетиор А.Н. Городская экология. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с. (с.62).

³⁷ Прохоров Б.Б. Экология человека: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с. (с. 169).

производство мышьяка в мире составляет 40 тыс. т), 255 тыс. т германия (производится 100 тыс. т), 153 тыс. т кобальта (производится 1,3 тыс.т)³⁸. Значительное влияние на загрязнение атмосферы оказывает вид топлива (табл. 3.1).

Таблица 3.1

**Загрязнение атмосферы при работе ТЭС на разных типах топлива,
г/кВт·ч**

Компоненты	Вид топлива			
	Каменный уголь	Бурый уголь	Мазут	Природный газ
Оксиды серы	6,0	7,7	7,4	0,002
Оксиды азота	21,0	3,4	2,4	1,9
Твердые частицы	1,4	2,7	0,7	-
Фтористые соединения	0,05	1,4	0,004	-

Из промышленных предприятий серьезными загрязнителями воздуха являются металлургические заводы. В России это ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель», ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ОАО «Северсталь» (г. Череповец), ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», АО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» (г. Новокузнецк). Они выбрасывают много пыли и сернистого газа. Вместе с доменным газом выбрасываются производные мышьяка, фосфора, свинца и других металлов. Предприятия черной металлургии выбрасывают в атмосферу 15-20 % от суммы всех промышленных загрязнителей, а в районе крупных комбинатов – 60-90 %. В среднем на 1 млн т продукции выделяется: пыли – 350, сернистого газа – 200, оксида углерода – 400 и оксида азота – 42 т/сут. Особенно много выбросов в коксохимическом производстве. Среди специфических загрязнителей здесь присутствуют токсиканты: пиридиновые основания, ароматические углеводороды, фенолы, аммиак, бензопирен, синильная кислота. Выброс пыли в расчете на 1 т передельного чугуна составляет 4,5 кг, сернистого газа – 2,7, марганца – 0,6-0,1 кг. Весьма существенно загрязнение атмосферы предприятиями цветной металлургии (при получении 1 т алюминия в зависимости от типа и мощности электролиза расходуется около 38-47 кг фтора, при этом около 65 % его попадают в атмосферу). В частности, в Красноярском крае они определяют антропогенное воздействие, составляя 86,85 % (2010 г.) от суммарного количества эмиссий. Особенно велико их значение в крупнейших городах края: Красноярске, Норильске, Ачинске. По данным Министерства природных ресурсов РФ Норильский промрайон с момента регистрации выбросов занимает 1-е место в стране по загрязнению атмосферы. Суммарные выбросы в атмосферный воздух ГМК «Норильский никель» в 2009 г. составили 1949,8 тыс. т (1925,4 тыс. т – 2010 г.) загрязняющих веществ (около 10 % выбросов стационарных источников России). На 1 км²

³⁸ Тетиор А.Н. Городская экология. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с. (с.66).

территории Норильского промрайона приходится 440 т вредных веществ, на 1 жителя – 8,9 т. Почвы на территории Норильска и в его окрестностях загрязнены тяжелыми металлами, особенно никелем и медью. Содержание растворимых форм этих металлов в три и более раз превышают предельно-допустимые концентрации. На основании комплексного обследования воздушной среды Норильского промрайона зона площадью в 10,8 тыс. км² определена как зона экологического бедствия, а площадь в 16 тыс. км² – как зона, неблагоприятная для проживания человека. Площадь погибших лесов распространяется на расстояние 60-120 км от Норильска.³⁹

Сведения об объемах выбросов, их динамике и вкладе отдельных отраслей промышленности и предприятий-загрязнителей Красноярского края в общее загрязнение воздушной среды края в конце XX – в начале XXI в.^{39,40,41} приведены в табл. 3.2, 3.3.

Таблица 3.2

Объемы выбросов загрязнителей в атмосферу от стационарных источников, тыс. т

Отрасли	1991 г.	1994 г.	1999 г.	2010 г.	Вклад, %
Цветная промышленность	2698,6	2104,0	2195,5	2478,6	86,85
Электроэнергетика	221,7	145,8	180,0	265,4	9,2
Лесная, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная промышленность	34,2	29,0	21,8	10,2	0,35
Машиностроение и металлообработка	7,7	22,5	14,2	107,4	3,72
Производство строительных материалов	8,9	20,8	11,2	21,8	0,76
Химия и нефтехимия	26,9	7,4	2,3	0,3	0,01
Прочие	160,1	85,0	119,2	3,1	0,1
Всего по Красноярскому краю	3185,1	2114,5	2644,2	2886,8	100,0

Таблица 3.3

Основные предприятия-загрязнители атмосферного воздуха⁴¹

Предприятия	Выбросы в атмосферу, тыс. т			Доля предприятий в выбросах, %			
	2006	2007	2010	Красноярского края		Отрасли	
				2007	2010	2007	2010
1	2	3	4	5	6	7	8
Обрабатывающее производство							
ЗФ ОАО «ГМК Норильский никель»	1977,9	1990,0	1956,7	79,3	80	94,5	97,8
ОАО «Русал Красноярск»	80,2	75,2	66,9	14,5		63,8	
ОАО «Русал Ачинск»	39,8	40,2	39,2	7,7		34,1	

³⁹ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2007 год». – Красноярск, 2008. – 266 с.

⁴⁰ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2009 год». - Красноярск, 2010. – 237 с.

⁴¹ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 год». - Красноярск, 2011. – 280 с.

Окончание табл. 3.3

1	2	3	4	5	1	2	3
Химическое производство							
ОАО «Красфарма»	2,663	2,406	0,001	1,1	0,013	44,3	0,32
ООО «Канский завод «Биоэтанол»»	1,861	2,386	н.д.		н.д.	43,9	н.д.
ОАО «Лесосибирский КЭЗ»	0,911	0,453	н.д.			8,3	н.д.
ОАО «Красноярский лакокрасочный завод «ОГО-Лакокраска»	0,104	0,007	н.д.			6,7	н.д.
Производство резиновых и пластмассовых изделий							
ЗАО «Красный ЯР Шина»	0,045	0,158	н.д.	0,1	н.д.	31,9	н.д.
ООО «Шиноремонтный завод»	0,312	0,315	н.д.		н.д.	63,5	н.д.
Обработка древесины и производство изделий из дерева (ЛПК)							
ОАО «Лесосибирский ЛДК-1»	3749,9	2842,0	3191,8	0,5	0,6	27,5	31,3
ЗАО «Новоенисейский ЛХК»	3663,6	3557,7	4348,4	0,68	0,7	34,5	42,6
ОАО «Маклаковский ЛДК»	926,6	868,0	1045,6	0,17	0,2	8,4	10,2
ООО «Канский ЛХК»	264,17	398,77	398,8	0,07	0,07	3,8	3,9
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды							
Назаровская ГРЭС, филиал ОАО «Енисейская ТГК ⁴² (ТГК-13)»	44,6	59,5	68,4	11,5	12,3	24,4	25,8
Красноярская ТЭЦ-1, филиал ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»	28,7	26,5	25,9	5,1	4,7	10,9	9,8
Красноярская ГРЭС-2, филиал ОАО «ОГК-6» ⁴³	49,5	49,8	60,0	9,6	10,8	20,4	22,6
Березовская ГРЭС-2, филиал ОАО «ОГК-4»	15,1	22,6	23,7	4,4	4,3	9,3	8,9
Красноярская ТЭЦ-2, филиал ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»	20,3	19,5	19,8	3,8	3,4	8,0	7,5

Весьма вредное действие оказывают и агломерационные фабрики, поскольку при обогащении руды происходит выгорание серы, селена и пр. (190 кг серы на 1 т руды).

В составе машиностроительного комплекса также имеются производства с высоким уровнем загрязнения: литейное, сварочное, гальваническое, лакокрасочное и металлообработка конструкций. По интенсивности загрязнения районы гальванических и красильных цехов сопоставимы с химическими предприятиями, литейное производство – с металлургией, котельные – с ТЭС.

Весьма опасны диоксины, которые образуются главным образом на хлорфенольных предприятиях, заводах химических удобрений и выпуске массовой хлорной продукции. Их серьезными источниками являются сточные воды целлюлозно-бумажных комбинатов, отходы электронной промышленности, печи для сжигания галогеносодержащих и бытовых

⁴² Енисейская территориальная генерирующая компания (ТГК-13).

⁴³ Шестая генерирующая компания оптового рынка электроэнергии (ОГК-6).

отходов. Содержание диоксинов в крови, жировом слое и грудном молоке кормящих матерей у населения городов с химическими производствами в 4-10 раз выше фонового. Это нарушает кроветворную, иммунобиологическую и гормонообразующую системы организма. О распределении диоксинов в Красноярске сведения отсутствуют, хотя их концентрация значительна в отходах, расположенных на территории города целлюлозно-бумажного и металлургических предприятий.

В сельскохозяйственных районах основными загрязнителями служат животноводческие и другие фермы, энергетические и паросиловые установки, а также пестициды. При протравливании семян загрязнение последними воздуха прослеживается на большие расстояния.

Усилиям по снижению загрязнения мешает большая стоимость очистных сооружений и практическая незаинтересованность производителей. В частности, приведение в экологически чистое состояние в 1970-х гг. промышленности США потребовало бы 600 млрд. долл. Положительный эффект от этих мероприятий был бы значительно ниже экономических минусов. При этом нередко возникает необходимость закрытия ряда предприятий и увеличение безработицы, что привело бы к тяжелым последствиям, к социальной напряженности.

Исторически сложилось так, что технологии многих производств разрабатывались без учета их влияния на окружающую среду. Так, получение целлюлозы начало создаваться в то время, когда незначительные масштабы производства не вызывали практического загрязнения среды и поэтому не привлекали к себе внимания. С расширением отрасли возрастало количество отходов и возникла проблема их очистки. Приходится констатировать, что и до настоящего времени положение изменилось незначительно. До сих пор способы очистки, как правило, разрабатываются после создания основной технологии, то есть подстраиваются под нее.

Тем не менее, благодаря принимаемым мерам, величина загрязнений на единицу продукции снижается, хотя их общее количество растет. Более того, появляются и новые соединения, которые пагубно влияют на живые организмы и не вовлекаются природой в круговороты. Такие материалы, накапливаясь в природной среде, образуют своеобразные "экологические" тупики. В связи с этим важно, чтобы при проектировании каждого нового производства планировалась утилизация вырабатываемых на нем изделий и отходов. Они должны включаться в естественные геохимические циклы. Отработанная масса должна служить сырьем, удобрением или строительными материалами. Такие требования должны включаться в технические задания.

По характеру загрязнения предприятия химической отрасли разделяются на предприятия "тяжелой химии" (получение сернистого ангидрида, серной кислоты, галогенов) и производства, вырабатывающие промежуточные продукты органической химии. К последним относится

большое количество химических предприятий. Остановимся на некоторых характерных для данной отрасли производствах.

По-видимому, к одному из самых неблагоприятных в экологическом отношении относится производство серной кислоты, которая необходима для множества отраслей хозяйства. Исходным сырьем для ее получения служит сера, пириты или сульфиды. Содержание вредных примесей (селена, мышьяка) в них составляет от 0,02 до 0,18 %. При обжиге пирита отходящие газы содержат много токсической пыли, мышьяковистых и сернистых соединений. В связи с этим при выработке серной кислоты предпочтительнее сульфиды меди и цинка, у которых меньше токсических примесей.

При производстве азотных, фосфорных, калийных и других удобрений основной причиной загрязнения атмосферы является получение минеральных кислот. В суперфосфатном производстве выделяется пыль и фтористые соединения, которые образуются при обработке природных фосфатов серной кислотой.

Искусственные ткани типа нейлона, тефлона вырабатывают из ацетата целлюлозы или ксантогената. Затверждение нити в этих производствах сопровождается выделением сероводорода и сероуглерода.

Производство алюминия электролизным способом сопровождается выделением фтора и окиси углерода. При электролизе глинозема в расплавленном криолите с добавками улетучивается большое количество газов с высоким содержанием фтористых соединений, в том числе фтористоводородной кислоты.

В нефтяной промышленности загрязнение атмосферы весьма специфично и связано с рафинированием продукции. Основными их поллютантами служат сажа, копоть, меркаптаны, оксиды серы, углеводороды. Характер происходящего загрязнения обусловлен задачами производства.

Одним из крупнейших центров химической промышленности России считают Красноярск, где находятся предприятия черной и цветной металлургии, химико-лесного комплекса и энергетики. Примером антропогенного воздействия может служить ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель», от которого поступает в атмосферу ежегодно около 2000 тыс. т загрязняющих веществ (в т.ч. диоксида серы 1950,2 тыс. т), что составляет 99,7 % общегородских выбросов. На каждого жителя г. Норильска (176 тыс. человек по данным 2010 г.) ежегодно приходится до 11,0 т твердых отходов, выбрасываемых в атмосферу градообразующим предприятием⁴⁴. А загрязнение биосферы тесно коррелирует с заболеваемостью и смертностью. При этом загрязнение снижает сопротивляемость организма к вирусам, к мутагенезу и онкогенезу.

⁴⁴ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 год». - Красноярск, 2011. – 280 с.

Исследования показали, что по качеству атмосферного воздуха Восточно-Сибирский регион России в конце XX в. являлся самым неблагоприятным для проживания россиян. В регионе был зафиксирован самый высокий в России стандартизированный показатель смертности – 14,9 на 1000 человек. В Красноярском крае по данным 2010 г. показатель смертности – 13,5⁴⁵. В 10 регионах РФ на одного жителя приходится ежегодно от 200 до 300 кг загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу. В Красноярском крае в 2010 г. это города: Норильск (11 т), Назарово (1,3 т), Канск (1,2 т), Зеленогорск (1,06 т), Ачинск (0,55 т), Бородино (0,34 т), Лесосибирск (0,3 т), Красноярск (0,28 т), Железногорск (0,25 т), Шарыпово (0,24 т)⁴⁵.

В зонах наибольшего загрязнения около крупных промышленных предприятий происходит увеличение частоты заболеваний органов дыхания, органов чувств, различных аллергических заболеваний примерно в 1,5-3 раза (по сравнению с контрольными территориями). Достоверно увеличилось частота врожденных пороков развития среди новорожденных в таких загрязненных городах, как Стерлитамак, Кемерово, Новокузнецк. Также отмечается увеличение распространения рака легких во многих городах, где размещены алюминиевые заводы и крупные предприятия черной металлургии⁴⁶.

4.7. Потребление сырья и образование отходов

Объем мирового производства увеличивается по экспоненциальному закону. По этому же закону возрастает количество перерабатываемого сырья и образующихся отходов. Из этого следует, что человечество все больше работает на производство отходов. Никогда раньше человек не добывал так много сырья, как в наше время. На каждого жителя развитых стран уже приходится до 30 т/год добываемого минерального сырья. Более того, расходы на обезвреживание и переработку также возрастают экспоненциально и сейчас составляют около 10 % стоимости производимой продукции. С некоторым приближением можно принять, что все три процесса описываются уравнением

$$A = B^{n_i},$$

где A – объем производства или используемого сырья, количество образующихся отходов либо затраты на их обезвреживание и переработку;

B – постоянная величина;

$n_i = 1, 2, 3$ – показатели трех упомянутых экспонент, причем $n_3 > n_2 > n_1$.

⁴⁵ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 год». – Красноярск, 2011. – 280 с.

⁴⁶ Экологическое состояние России/ Под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 128 с. (19 с.).

Идея многократного, цикличного, экономного использования материальных ресурсов нашла широкое практическое применение в большинстве развитых стран. Так, степень повторного использования свинца составляет 65 %, железа – 60 %, меди и никеля – 40 %, алюминия – 33 %, цинка – 32 % и т.д. В нашей стране утилизируется до 30 % стали и 20 % цветных металлов.

В России складывается весьма неблагоприятная ситуация с использованием энергии. Так, в Японии для выплавки 1 т стали расходуется 18,8 млрд Дж., в США – 23,9, у нас – 33 млрд Дж. В нашей стране на единицу национального дохода затрачивается в 4,5 раза больше энергии, чем в США. Не следует забывать, что производство энергии является одной из самых материалоемких и экологически сложных отраслей промышленности.

Весьма расточительно расходуются и лесные богатства. Из доставленных на ЦБК 1000 м³ древесины в России получают 28 т бумаги и картона, в Канаде – 87, в США – 135, в Швеции – 143 и в Финляндии – 190 т. Доказано, что технически возможно повторно использовать около 70 % образующихся отходов, а в будущем промышленное производство должно в основном базироваться на возобновляемых и вторичных материальных ресурсах и только на расширенное производство потребуются первичное невозобновляемое сырьё⁴⁷.

Повторное использование материальных ресурсов (рециркуляция) имеет исключительно важное значение с точки зрения сохранения или продления времени эксплуатации запасов руд. Под этим понимают также использование отходов одной отрасли хозяйства в качестве исходного продукта других отраслей. За рубежом процесс возвращения отходов производства и потребления в материальный круговорот называют рециклингом. Замена первичного сырья на вторичное имеет значительные экологические преимущества: при производстве стали снижение потребления энергии составляет 47-74 %, снижение загрязнения атмосферы – до 80 %, водопотребление – 40 % и т.д. Производство алюминия из металлолома требует всего 5 % энергозатрат его выплавки из бокситов. Подсчитано, что 1 т чугунного (или стального) лома может сберечь 3,5 т минерального сырья (2 т железной руды, 1 т кокса и 0,5 т известняка), а 1 т алюминия – 4 т бокситов и 700 кг кокса, снижая одновременно на 35 кг выбросы в атмосферу фтористых соединений. Кроме того, производство, например, алюминия и стали из вторичного сырья позволяет экономить 96 и 74 % энергии по сравнению с производством из первичного сырья.

Во многих странах в связи с увеличивающимися объемами различных видов отходов возникла сложная проблема их утилизации и переработки. По данным агентства Cleandex, объем ежегодного

⁴⁷ Степень, Р.А. Промышленная экология: курс лекций Части 1 и 2 / Р.А. Степень, С.В. Соболев. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – Ч.1 – 284 с. – Ч.2. – 160 с.

образования только бытовых отходов в РФ составляет более 40 млн т, из которых 35 % пригодны для вторичной переработки. На начало 2010 г. рынок макулатуры оценивался Cleandex в 260 млн долл. (коэффициент использования – 40 %), полимерных отходов – в 110 млн долл (5 %), стеклобоя – в 26 млн долл (35 %), шин – в 19 млн долл (8 %). При этом в России в 2010 г. насчитывалось четыре мусоросжигательных и пять мусороперерабатывающих заводов, 39 мусоросортировочных комплексов⁴⁸.

Население и промышленность США производит отходов больше, чем в любой другой стране мира. Средний американец ежегодно выбрасывает свыше полутонны бытового мусора большая часть которого – упаковочные материалы. В начале XXI в США ежеминутно сдается в переработку в среднем 120000 алюминиевых банок. В 2008 г. Институт переработки упаковок (Container Recycling Institute) опубликовал информацию о том, что в 2005 г. американцы выбросили 22 млрд пустых пластиковых бутылок⁴⁹. Пластмассовая промышленность США производит продукции на 140 млрд долл. в год, а вторично использует только 1 % (пластиковая «древесина», пластиковые мешки и т.п.).

Утилизация отходов промышленного производства, помимо получения вторичного сырья, позволяет ликвидировать источники загрязнения окружающей среды. Особенно это относится к отвалам топливного комплекса. Только в нашей стране накопилось свыше 1 млрд т золы и шлаков, к которым ежегодно добавляется до 100 млн т. В связи с этим важны разработки по их внедрению как компонентов в стройматериалы. Эффективно использовать золу в кирпичном производстве, где её добавка в количестве 25-30 % позволяет увеличить прочность изделий и снизить температуру их обжига. Кроме того, зола успешно применяется в асфальтобетонных смесях, очистке водных растворов, для получения алюминия, кремния и т.д.

В настоящее время в странах мира потребляется очень много бумаги (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Потребление бумаги и картона на душу населения

Страна/регион	Годовой объем потребления, кг	Доля вторичной бумаги в общем потреблении, в %
США	317	45
Швеция	311	53
Канада	247	20
Япония	204	52
Норвегия	151	27
Бывший СССР	35	19
Латинская Америка	25	32
КНР	12	21
Африка	5	17
Индия	2	26

⁴⁸ Rt-biotechprom.ru/?=564

⁴⁹ Firmamechta.ru?varu.html

Для получения бумаги уничтожают огромные лесные массивы. Включение в ее сырье вторичной бумаги позволит, как это удалось сделать в Швеции, Японии, странах Западной Европы, США, существенно сократить вырубки. Жители Швеции ежегодно собирают 1,1 млн т бумажной макулатуры (газетной бумаги – 70 %, упаковочного картона – 77 % от выпуска), что позволяет производить 53 % годового объема потребляемой бумаги, то есть появилась «экологическая бумага», производимая целиком из макулатуры. В Германии она используется как писчая, для пишущих машинок, для ЭВМ. Причем на долю последней приходится 50 %. По сравнению с производством бумаги из первичного сырья при выработке ее из макулатуры загрязнение воздуха уменьшается на 73 %, воды – на 25 %, а количество твердых отходов – на 39 %.

Самые крупномасштабные технологические исследования и разработки в области переработки отходов произошли в XX в. в Японии: металлические отходы утилизируются на 97,5, животного и растительного происхождения – 83,3, древесные – 95, доменный шлак – 75, текстильные – 50,6 %. В 1983 г. в стране функционировали 73 энергоагрегата суммарной мощностью около 215 тыс. кВт, работающих на сжигании отходов. Стоимость электроэнергии, вырабатываемой мусоросжигающими установками, составляла в среднем 5,8 иен за 1 кВт·ч против 13 иен за 1 кВт·ч, вырабатываемой АЭС, 14 иен – ТЭС, работающей на угле, и 17 иен – ТЭС, работающей на сжиженном природном газе.

Для количественной оценки запасов природных ресурсов служат индексы их исчерпания, характеризующие расходование имеющихся мировых запасов с учетом сохранения темпов ежегодного прироста потребления. Они означают, что при возрастании запасов на планете в 10 раз, что крайне маловероятно, обеспеченность сырьем увеличится всего в 2,5-3 раза. При рециркуляции 50 % металлов из сферы потребления в сферу производства обеспеченность важнейшими из них возрастет в 3-3,5 раза, а при 95-98 % рециркуляции – в 5-7 (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Показатели мировых запасов важнейших металлов

Металл	Мировые запасы, млн т	Среднего- довой прирост потребления, %	Индекс исчерпания ресурсов			
			при сов- ременной сырьевой базе	при 10- кратном увеличении запасов	с учетом 50 % рецирку- ляции	с учетом 95-98 % рецирку- ляции
Железо	100000	1,3	109	267	319	598
Алюминий	1170	5,1	35	77	91	135
Медь	308	3,4	24	76	95	170
Цинк	123	2,5	18	46	101	212
Молибден	5,4	4,0	36	37	104	165
Серебро	0,2	1,5	14	82	117	328
Хром	775	2,0	112	222	256	416
Титан	147	2,7	51	127	152	255

Таким образом, важнейшим резервом сырья является вторичное использование металлов. Выход заключается в целенаправленном повышении роли вторичных ресурсов и организации локального, регионального, а затем национального и глобального техногенного круговорота веществ, в котором первичное сырьё будет затрачиваться только на восполнение потерь и расширение объемов производства. В конечном счете, основным промышленным сырьем должно стать сырьё вторичное. Наиболее высокими показателями использования отходов в качестве вторичного сырья в промышленных масштабах характеризуется черная и цветная металлургия, целлюлозно-бумажная промышленность, промышленность строительных материалов (табл. 3,6).

Таблица 3.6

Оценка доли вторичного сырья в производстве важнейших видов промышленной продукции

Наименование продукции	Вторичное сырье	Доля вторичного сырья в производстве продукции, %
Картонно-бумажная продукция	Макулатура	18,0
Сталь	Лом черных металлов	27,0
Продукция из термопластичных полимеров	Дробленка, агломерат, гранулят из отходов термопласта	4,2
Резинотехнические изделия	Крошка резиновая	3-4
Нерудные строительные материалы (щебень, гравий, песок)	Отходы добычи и обогащения, шлаки металлургические, золы и шлаки ТЭС	3-4

Безусловно, такая тенденция набирает темпы. Так, в нашей стране 30-35 лет назад в готовую продукцию переходили 1-2 % используемых сырьевых материалов, 20-25 лет – 5-10 %, 10-15 лет – 10-15 %. Анализ использования сырьевых материалов по шести важнейшим отраслям промышленности (черная и цветная металлургия, добыча и переработка угля, производство удобрений, химических продуктов и строительных материалов), выполненный институтом вторичных материальных ресурсов в 1985 г., показал, что полезно потребляются 28,5 %. В расчеты входило любое полезное применение отходов, в том числе и на засыпку выработанных шахт, выравнивание территорий, строительство дорог. В 2010-2011 гг. в России средний уровень использования вторичного сырья оценивался примерно в 1/3, что в 2–2,5 раза ниже, чем в более развитых странах.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте химический аспект загрязнений окружающей среды.
2. Что такое рециркуляция?
3. Приведите примеры повторного использования материальных ресурсов.

ГЛАВА 4. ЭНЕРГЕТИКА И ПРИРОДНАЯ СРЕДА

Важнейшим элементом существования человечества, наряду с воздухом и водой, является энергообеспеченность. Ее наполнение всё время претерпевает изменения. Эпоха индустриального развития характеризуется постоянно возрастающими темпами роста энергообеспеченности промышленности, сельского хозяйства и коммунальных служб. Выработка энергии удваивается примерно каждые 10 лет. Характерной особенностью развития энергетики России служит её разграничение: в европейской части страны энергия производится главным образом на атомных и гидроэлектростанциях, в азиатской – за счёт тепловых станций и крупных гидроэлектростанций.

Вместе с тем общеизвестно, что потребление и производство энергии ведут к разрушению и загрязнению окружающей среды. Главные источники производства энергии в настоящее время – ископаемое топливо (нефть, газ, уголь, торф, горючие сланцы), энергия рек, древесное и ядерное топливо. Мировое потребление первичной энергии в 2010 г. увеличилось на 5,6 %, что стало крупнейшим ростом за последние 40 лет⁵⁰. По прогнозу Агентства энергетической информации, мировое потребление энергии к 2035 г. вырастет на 49 % от уровня 2007 г., что эквивалентно примерно 126 млрд баррелей нефти (РИА Новости).

Самые оптимистические прогнозы показывают, что в достаточно обозримом будущем произойдёт истощение ископаемого топлива, если не будут приняты соответствующие меры. Долгое время люди смотрели на земные недра как на неисчерпаемую кладовую. На самом деле запасы топлива далеко не безграничны, особенно с учётом их колоссального использования. В 2009 г. по данным Международного энергетического агентства (International Energy Agency, IEA) в мире было добыто более 3,8 млрд т нефти, из которых более 60 % (2,3 млрд т) приходится на 10 стран – лидеров.

Проблемы энергетики приняли в последнее время не только технический, но и социальный характер. Она является одной из основ экономики современного общества. Темпы роста производства, его уровень, производительность труда в большой мере определяются развитием энергетики. По этой причине поиски новых источников энергии служат актуальной задачей современной науки. Необходим переход на использование других «экологически чистых» источников энергии — геотермальной, солнечной, океанической, ветровой и другой энергии. Проблема энергообеспеченности населения, дефицита природных источников энергии и влияния производства энергии на состояние окружающей среды чрезвычайно остра. Не решая её, нельзя предотвратить всевозможные отрицательные последствия технического прогресса для нашей планеты.

⁵⁰ Отчет компании BP о состоянии мировой энергетики за 2009 г. (BP Statistical Review of World Energy)

4.1. Запасы энергетических ресурсов и их потребление

Энергетические ресурсы – это любые источники механической, химической и физической энергии. Они делятся на первичные и вторичные. Первичные – невозобновляемые (уголь, нефть, горючие сланцы, природный газ); возобновляемые (древесина, гидроэнергия, энергия ветра, энергия солнца, геотермальная энергия, торф, термоядерная энергия). Вторичные – промежуточные продукты обогащения и сортировки углей; гудроны, мазуты и другие остаточные продукты переработки нефти; щепки, пни, сучья при заготовке древесины; горючие газы (доменный, коксовый); тепло уходящих газов; горячая вода из систем охлаждения; отработанный пар силовых промышленных установок.

Запасы топлива в недрах складываются из угля, нефти, газа и урановых руд. Сведения по мировым геологическим ресурсам и разведанным извлекаемым запасам невозобновляемых источников энергии приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Мировые запасы топливно-энергетических ресурсов

Вид топлива	Геологические ресурсы	Разведанные извлекаемые ресурсы
Уголь, млрд т	4880-5560	609
Нефть, млрд т	207-252	72-98
Природный газ, трлн м ³	260-270	49-74
Газовый конденсат, млрд т	33-34	6-9
Искусственное жидкое топливо (из сланцев и битуминозных пород), млрд т	342	36
Уран, млн т	3,2	1,6

Самым значительным объемом топливного сырья обладают Евразия и Северная Америка, где сосредоточено около 87 % общего потенциала; на материке Южного полушария приходится всего 13 %. Доля наиболее эффективных видов топлива – нефти и газа – достаточно высока в общем потенциале и составляет в доказанных запасах более 30 %. По оценкам специалистов, основной объем твердого топлива размещен в развитых странах, а жидкого – в развивающихся; запасы природного газа разделены между ними примерно поровну.

Нефть наиболее важный и экономически эффективный вид топливного сырья. Она легко транспортируется и при обработке дает широкий спектр продуктов, находящихся широкое применение в хозяйстве. Мировые энергетические потребности на 35 % удовлетворяются за счет нефти. Своеобразным «полюсом нефтенакпления» является Аравийский полуостров и акватория Персидского залива. В этом районе сосредоточено около 62 % всех мировых запасов. Вслед за странами этого региона по запасам нефти следуют Северная Америка, Африка и Россия, Южная Америка. Другие страны имеют весьма незначительный запас этого сырья.

Общие запасы ископаемых углей в недрах планеты достигают 9-13 трлн т при добыче 4,2 млрд т. Угленосные бассейны размещены по территории земного шара неравномерно; их основная часть приурочена к территории четырех стран: России, США, Китая и ЮАР. На их долю приходится более 80 % общих и 90 % извлекаемых ресурсов каменных углей. Крупными запасами также обладают Польша, Германия, Австралия и Великобритания.

Общие запасы природного газа, по оценкам специалистов, составляют примерно 300-500 трлн м³. Газ распределяется ещё неравномернее, чем нефть и уголь. Наиболее значительны его ресурсы в странах Ближнего и Среднего Востока, особенно в Иране, Саудовской Аравии, в акватории Персидского залива. Огромными запасами природного газа обладает Россия и США.

Энергообеспеченность России одна из наиболее высоких в мире. При населении в 2,5 % от населения планеты наша страна добывает от мирового уровня 12 % угля, 13 % нефти и 35,4 % природного газа. На долю России приходится 57 % мировых запасов угля, более 60 % торфа, более 50 % горючих сланцев и 40 % гидроэнергии. В 2011 г. российские нефтяники добыли 511,4 млн т «черного золота». По объемам добычи нефти и газа Россия в 2011 г. занимает первое место в мире⁵¹. Особенностью месторождений минерального топлива в нашей стране является их широкая география, что создает хорошие предпосылки для интенсивного развития многих районов на базе собственных ресурсов.

Следует отметить, что в исторической ретроспективе источник обеспечения энергией меняется. В доиндустриальной эпохе использовались в основном местные сырье. По мере развития экономики все больший вес занимали уголь, нефть и газ, которым в настоящее время принадлежит ведущее место. Следует добавить, что даже при наличии собственных запасов низкокалорийного топлива (торфа, сланцев) большинство развитых стран ориентируют свою экономику на экспортируемое топливо: нефть, газ и частично уголь.

Наращение выработки электроэнергии в мире с 1920-х по 2007 гг. приведено в табл.4.2. Сопоставление данных показывает, что потребление энергии на планете происходит ускоренными темпами.

Таблица 4.2

Динамика производства электроэнергии в мире, млрд кВт ч

Год	Производство	Год	Производство
1890	9	1980	8250
1900	15	1990	11800
1914	37,5	2000	14500
1950	950	2005	18138,3
1960	2300	2007	19894,8
1970	5000		

⁵¹http://e-finance.com.ua/ru/commodities/2012/01/07/V_Rossii_soobschili_skolko_dobyli_nefti_i_gaza_v_2011_godu/

В настоящее время основную долю энергии (в России около 80 %) получают за счет сжигания или переработки природного органосодержащего сырья – угля, нефти, газа и торфа. Остальное энергообеспечение в стране осуществляется преимущественно при использовании атомной энергии и энергии рек. Эти три вида энергии относятся к предприятиям большой энергетики. В 2010 г. в России было выработано более 1000 млрд кВт·ч электроэнергии, 170,1 млрд кВт·ч получено на атомных электростанциях.⁵² Вырабатываемое на АЭС количество энергии составляет 17 % суммарной энергии.

Значительное место в энергоресурсах принадлежит ядерному топливу, главным его источником служит ископаемый уран, большая часть которого в литосфере рассеяна. Содержание урана в породах, имеющих перспективное коммерческое значение, колеблется от 0,001 до 0,03 %, что требует обязательного обогащения. Кроме того, природный уран содержит лишь 0,7 % изотопа 235, в котором возможна самопроизвольная цепная реакция. Для промышленных целей производят изотопное обогащение урана с доведением его содержания до 3 %.

По расчетам компании ExxonMobil Russia, к 2030 г. спрос на энергоресурсы в мире в среднем вырастет на 35 % по сравнению с 2005 г (газ – 35 %, уголь – 20 %). Основным потребителем должен стать Азиатский регион с динамично развивающимися Китаем и Индией. Страны, не входящие в ОЭСР, по прогнозам, будут наращивать объемы ВВП со средней скоростью в 5 % в год, в то время как прирост в странах ОЭСР ожидается на уровне 2 %. Спрос на энергоресурсы в странах, не входящих в ОЭСР, на 75 % превысит спрос более развитых стран. Среди основных причин не только скорость развития экономик, но и ускоренное внедрение в развитых странах энергоэффективных технологий, которые должны компенсировать большую часть растущего спроса на энергию. Электроэнергетика является крупнейшим промышленным производителем и потребителем энергоресурсов. В среднем по миру прирост потребления электроэнергетикой энергоресурсов по данным ExxonMobil Russia составит до 2030 г. 2,4 % в год⁵³.

Постепенно будет меняться соотношение видов топлива, используемых в производстве электричества. В значительной мере это соотношение будет определяться политикой, направленной на снижение выбросов CO₂ и других газов. Введение платы за выбросы CO₂ приведет к существенному удорожанию использования угля. На сегодняшний день этот вид топлива обеспечивает две трети потребности США в электричестве и около 60 % мирового спроса на электроэнергию. Однако по мере роста платы за выбросы уголь начнет терять свою конкурентоспособность, отдавая все большую долю рынка газу, атомной энергетике и возобновляемым источникам энергии. Двум последним,

⁵² http://tek2011.minenergo.gov.ru/userfiles/files/Выступление%20Шишкина%20А_Н.pdf

⁵³ http://www.ng.ru/energy/2011-05-31/15_20years.html

согласно прогнозу, к 2030 г. будет принадлежать 40 % мирового рынка электроэнергетики⁵⁴.

Однако ожидать радикальных изменений на мировом энергетическом рынке пока не приходится. Ископаемые виды топлива – нефть, природный газ и уголь – по-прежнему остаются основными. Их доля на рынке энергоносителей снизится незначительно – с 82 до 80 % к 2030 году. Масштабы их использования настолько велики, что при нынешнем уровне развития технологий их попросту нечем заменить.

Транспортная отрасль – второй после энергетики крупнейший потребитель топлива, и спрос со стороны транспорта, по прогнозам ExxonMobil, увеличится за 20 лет на 40 %. И хотя ожидается, что легковых автомобилей к 2030 г. на дорогах станет на 400 млн. единиц больше, чем сейчас, основу потребления топлива составят воздушные, морские суда, железнодорожный и тяжелый коммерческий транспорт. Последний будет потреблять на 60 % больше топлива по сравнению с 2005 г. Прирост потребления энергоресурсов в секторе легкового транспорта опять же будет компенсировать рост энергосбережения, стремление домохозяйств экономить. Это приведет к тому, что в США спрос на топливо для легковых машин снизится на 20 %, в Европе – на 30 %, и только в Азиатско-Тихоокеанском регионе, где рост доходов населения приведет к резкому увеличению количества автолюбителей, потребление топлива вырастет на 80 %.

Мировая промышленность, очевидно, также будет потреблять больше энергоносителей к 2030 г., однако по отраслям увеличение спроса выглядит неравномерным. Так, благодаря повышению эффективности и сокращению объемов факельного сжигания энергопотребление в энергетической отрасли останется неизменным. В целом для мировой промышленности оно вырастет на 35 % в основном за счет тяжелой и химической отраслей. Именно промышленность обеспечит львиную долю повышения спроса на природный газ и электричество.

4.2. Большая энергетика и её экология

Большая энергетика в настоящее время в основном базируется, по крайней мере, в России, на топливно-энергетическом сырье. Взаимодействие энергетического предприятия с окружающей средой происходит на всех стадиях добычи и использования топлива, преобразования и передачи энергии. Тепловой станцией активно потребляется кислород, и продукты сгорания топлива содержат много вредных веществ. Первая в России тепловая станция с паровыми турбинами была построена в Москве в 1906 г. Коэффициент полезного действия ТЭС составляет в среднем 26-29 % и max 42 %. Выработка одновременно с электрической энергией и горячей воды повышает КПД использования первичной энергии до 80 %.

⁵⁴ http://www.ng.ru/energy/2011-05-31/15_20years.html

Вмешательство техногенеза в естественно-энергетический баланс постоянно нарастает и достигло угрожающего уровня, что обусловлено:

- воздействием на растительность;
- тепловым загрязнением среды
- химическим загрязнением среды и изменением спектральной прозрачности атмосферы.

Главным источником этих угроз является использование невозобновляемых топливных ресурсов. В общий баланс загрязнений все большую долю вносит добыча и транспортировка нефти. Особенно ощутимо это в районах морской добычи. Авария, произошедшая в апреле 2010 г. в 80 км от побережья американского штата Луизиана, стала одной из крупнейших техногенных морских катастроф. Взрыв, пожар и затопление нефтяной платформы *Deerwater Horizon* компании BP в Мексиканском заливе привели к утечке 5 млн баррелей нефти. На поверхности воды образовалось гигантское нефтяное пятно площадью 75 тыс км². Только в апреле 2011 г. завершены работы по глубокой очистке берега от нефтяных пятен. «По мнению ученых, в настоящее время состояние экосистемы Мексиканского залива оценивается в 68 баллов по 100-балльной шкале (до катастрофы – 71 балл)». По данным на конец 2010 г. компания BP потратила на ликвидацию последствий аварии 17,7 млрд долл. США^{55,56}. В августе 2011 г. на нефтяной платформе *Gannet Alpha* (компания *Royal Dutch Shell*), расположенной в Северном море, произошла авария. В Северное море попало около 1300 баррелей (более 170 т) нефти, что привело к образованию вокруг платформы нефтяного пятна радиусом более 250 000 м²⁵⁷.

Расчистка магистралей и прокладка по ним нефте- и газопроводов также служат причиной нарушения почв, гидрологических условий, местной флоры и фауны. В 2008 г. в Нигерии в результате разрыва трубопровода «Бодо – Бони-транс – Нигер» (компания *Royal Dutch Shell*) ежедневно выливалось 120000 баррелей (44 тыс. т) нефти. Прилегающей территории площадью 20 тыс. км² был нанесен непоправимый ущерб. Нефть попала в сеть ручьев и заливов дельты реки Нигер, а также просочилась на глубину грунтовых вод и сделала непригодными для питья источники воды⁵⁷.

Природная среда страдает не только от добычи и транспортировки топлива. При получении энергии и переработке ископаемого топлива образуется большое количество токсичных отходов. Например, одна электростанция мощностью 1 тыс. МВт, работающая на угле, сжигает около 3 млн т сырья и при этом образуется свыше 200 тыс. т отходов в виде летучей золы и токсичных газов, содержащих сернистый ангидрид, окислы азота, двуокись углерода, пыль, радиоактивные вещества и другие

⁵⁵ www.itar-tass.com/c81/123259.html (Авария на нефтяной платформе «Дипуотер хорайзн» в Мексиканском заливе)

⁵⁶ ru.wikipedia.org/wiki/Взрыв_нефтяной_платформы_Deerwater_Horizon

⁵⁷ www.pronedra.ru/oil/2011/08/25/avariya-na-neftyanoj-platfome-gannet-alpha/

вредные соединения. Работа ТЭС мощностью 1 ГВт приводит к накоплению на почве радиоактивности, в 10-20 раз превышающей радиоактивность годовых выбросов АЭС такой же мощности. Это связано с тем, что уголь, его зола содержат микропримеси урана и ряда токсичных элементов (кадмий, кобальт, мышьяк и др.) в значительно больших концентрациях, чем земная кора. При этом и сам процесс сжигания угля сопряжен со многими трудностями, связанными, прежде всего, со сложностью механизации топливоподачи и золоудаления.

От работы тепловых электростанций зависит тепловое загрязнение окружающей среды за счет низкотемпературного сбросового тепла. Еще больше тепловое загрязнение АЭС. Известно, что половина тепловой энергии, возникающей в атомном реакторе в результате ядерного распада, удаляется охлаждающими водами. Количество последних в 1,5-1,7 раза больше, чем на ТЭС, и достигает на крупных АЭС нескольких миллионов кубометров в сутки. Необходимо отметить, что речь идет о чистых водах, получаемых при охлаждении конденсаторов турбин.

В результате теплового загрязнения происходит повышение биологической продуктивности подогреваемых водоемов, что приводит к увеличению количества взвешенных частиц, повышению окисляемости, цветности и снижению прозрачности вод. Приводятся данные о том, что повышение температуры усиливает токсическое действие на гидробионты посторонних примесей, например нефтепродуктов и тяжелых металлов. Известно также, что при 22-30 °С оптимизируются условия для выращивания теплокровных рыб таких, как карпы.

Для регламентирования температуры в естественных условиях установлены нормативы, допускающие ее повышение летом не более чем на 3 °С. Соблюдение этого требования обеспечивается двумя путями. В первом случае охлаждение достигается при смешении удаляемых теплых вод с водой водоема. Эффективность процесса зависит от соотношения сточных вод и дефицита воды. Второй путь сводится к локализации тепловых вод в районе возникновения и автономному охлаждению, то есть устройству замкнутых оборотных систем водоснабжения.

Коэффициент полезного действия преобразования тепловой энергии в электрическую на АЭС, как правило, ниже, чем у лучших ТЭС. Основная проблема при строительстве АЭС – это высокие капитальные затраты на их сооружение. Сегодняшняя, относительно низкая стоимость электроэнергии на российских АЭС, связана в первую очередь с тем, что капитальные затраты на их строительство были понесены в советское время, и сегодня нет нужды возвращать вложенные средства инвесторам. Таким образом, тарифы АЭС, функционирующих сегодня в России, включают в себя только операционные издержки, из-за чего создается иллюзия дешевизны электроэнергии, вырабатываемой на АЭС.

В действительности же АЭС – самые дорогие по уровню капитальных затрат среди традиционных источников энергии (газ, уголь, гидроэнергетика). Повышение КПД служит одним из серьезных факторов

научно-технического и экономического прогресса ядерной энергетики. В принципе существует возможность повысить КПД АЭС до 60 %. Последнее важно не только для улучшения экономических показателей атомной энергетики, но и с точки зрения охраны природы, так как чем выше КПД, тем меньше АЭС "сбрасывает" тепла. А это значит, что сокращаются безвозвратные потери воды на испарение, меньше отчуждается земель и забирается воды для создания прудов-охладителей.

Первая в мире АЭС мощностью всего 5000 кВт начала действовать в 1954 г. в СССР (г. Обнинск).

В настоящее время мировыми лидерами в производстве ядерной электроэнергии являются: США (836,63 млрд кВт·ч/год), Франция (439,73 млрд кВт·ч/год), Япония (263,83 млрд кВт·ч/год), Россия (160,04 млрд кВт·ч/год), Корея (142,94 млрд кВт·ч/год) и Германия (140,53 млрд кВт·ч/год). В мире действует 441 энергетический ядерный реактор общей мощностью 374,692 ГВт.⁵⁸ В марте 2011 г. в результате сильного землетрясения система охлаждения реакторов на АЭС «Фукусима-1» (Япония) вышла из строя. В результате топливо, находившееся в реакторах станции, расплавилось, вызвав серию взрывов водорода, которые в свою очередь нарушили герметичность энергетических блоков. Объем выбросов радиоактивного цезия (40 тыс. терабеккерелей) на АЭС «Фукусима-1» составил пятую часть от подобного показателя Чернобыльской аварии⁵⁹. В мае 2012 г. Япония объявила о приостановке последнего реактора атомных станции в стране для технического мониторинга.

Академик А.Д. Сахаров с целью повышения безопасности АЭС предлагал строить их под землей. Он подсчитал, что себестоимость при таком строительстве может повыситься не более чем на 20 %. Во Франции проводятся исследования по созданию реакторов с двумя защитными оболочками. В Италии предлагают использовать в реакторе вместо уранового топлива торий (в таком реакторе не будет образовываться плутоний).

Атомная энергетика – открытие века, за ней в перспективе большое будущее как экологически чистого производства электроэнергии. Чернобыльская катастрофа, авария на «Фукусима-1» не должны стать причиной свертывания атомной энергетики. Вопрос заключается в совершенствовании технического прогресса управлением АЭС и обеспечении безопасности населения. Атомная энергетика имеет долговременные ресурсы. На VII мировой энергетической конференции (1968 г.) была дана оценка содержания урана в морях и океанах на уровне $4 \cdot 10^9$ т. Это значит, что данный вид топливно-энергетического ресурса практически неисчерпаем. В 1977 г. Япония предложила методы получения урана из морской воды. И вопрос, в конечном счете, сводится к

⁵⁸ <http://www.iaea.or.at/programmes/a2/>

⁵⁹ pronedra.ru/atom/2012/02/29/fukusima-1/

удешевлению подобных процессов до уровня, приемлемого для широкого промышленного использования с учетом стоимости альтернативных источников энергии

Многие ученые считают, что, несмотря на аварию на Чернобыльской АЭС, решение энергетического кризиса лежит в развитии атомной, а в перспективе – термоядерной энергетики, которые обладают неисчерпаемыми с современной точки зрения ресурсами. Наряду с мощными АЭС канальные уран-графитовые реакторы эффективны и для малых атомных электростанций. Особенно это важно для электростанций, расположенных вдали от природных источников энергии, в труднодоступных районах страны, на Крайнем Севере. Весьма заманчиво использование канальных реакторов для получения не только электрической, но и тепловой энергии, необходимой для отопления жилых массивов. Здесь накоплен определенный опыт в связи с работой Кольской АЭС (Россия).

Перед исследователями стоит задача разработать такие конструкции реакторов, которые обеспечивали бы получение нужной температуры и в то же время были бы достаточно экономичными. Возможные области применения таких реакторов – химическая промышленность, металлургия, газификация и термическая переработка низкосортных сортов угля, производство водорода и т.д.

Еще эффективнее решение энергетических и экологических проблем связывают с термоядерной энергетикой, овладением громадными запасами энергии, находящимися в ядрах легких элементов. Атомная энергия выделяется при делении тяжелых атомных ядер. Ядра легких элементов могут отдавать энергию только в реакциях синтеза, то есть при взаимодействии двух легких ядер с образованием более тяжелого ядра. Простейшим примером таких реакций является слияние ядер дейтерия с образованием гелия или трития. В этих случаях энергии выделяется во много раз больше, чем при делении тяжелых ядер.

Для термоядерных установок одним из основных компонентов топлива является дейтерий, которого много содержится в воде. Запасы дейтерия в Мировом океане соответствуют такому количеству энергии, для получения которого 1 млн станций, равных по мощности Красноярской ГЭС, нужно работать 100 млн лет, то есть практически безграничны. Наиболее вероятно, что первой будет осуществлена реакция синтеза дейтерия с тритием, хотя более привлекательна реакция дейтерия и изотопа гелия-3, при которой возможно прямое преобразование энергии термоядерной реакции в электричество.

В связи со значительными техногенными выбросами все больше внимания уделяется проблеме получения "чистого" топлива, использование которого оказало бы минимальное отрицательное воздействие на окружающую среду. Из различных видов естественного топлива в наибольшей степени ему отвечают природный газ и низкосернистая нефть. Из синтетических видов "чистого" топлива следует

отметить водород и метанол. Их использование рассматривается, прежде всего, с точки зрения применения моторного топлива для автомобилей, а в будущем – для самолетов, судов и теплофикации зданий. Главным препятствием применения водорода (и метанола) стала высокая стоимость его получения.

Задача производства водорода в больших масштабах и по стоимости, которая позволила бы ему конкурировать с другими видами топлива на электростанциях, весьма сложная. Для ее решения существующие методы, реализуемые на нефтеперегонных заводах, неперспективны, поскольку стоимость водорода, получаемого конверсией нефтяных фракций, во много раз выше стоимости угля, сжигаемого на ТЭС. Однако преимущества водорода как универсального "чистого" топлива очевидны, и сейчас в ряде стран он признан самым перспективным энергоносителем будущего. В качестве реальной схемы его получения на базе ТЭС представляется конверсия органического топлива в смеси с водяным паром при прямом контакте с высокотемпературным теплоносителем, обеспечивающим достаточно быстрый нагрев топлива и пара до заданной температуры.

Разработка новых способов внутрициклового очистки топлива повышает интерес к новым энергетическим циклам, которые в сочетании с комплексными методами могут дать большой экономический эффект по сравнению с паротурбинными циклами. В условиях повышения затрат на производство электроэнергии конкурентоспособными становятся такие циклы, как газотурбинный, и особенно различные варианты парогазовых циклов. Достоинства их были известны и ранее, однако внедрение в энергетику сдерживалось отсутствием "чистого" топлива. В настоящее время при необходимости проведения на паротурбинных электростанциях дорогостоящих мероприятий по предотвращению вредных выбросов достоинства таких циклов становятся весьма весомыми.

Для ТЭЦ с парогазовыми установками упрощается выбор строительной площадки из-за сокращения площади электростанций и отсутствия потребности в охлаждающей воде. При одновременном решении вопроса об использовании высокосернистого топлива и предохранения атмосферы от загрязнения дополнительно достигается экономия капитальных затрат за счет сокращения теплотрасс и более удобного расположения электростанции в городской черте.

В последние годы исследователи стремятся исключить слабое звено в теплоэнергетике – паровую турбину. В числе новых способов получения энергии называется магнетогидродинамический (МГД) способ непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую, не только открывающий широкие перспективы в повышении эффективности работы тепловых станций, но и обеспечивающий резкое уменьшение теплового загрязнения окружающей среды.

При движении электропроводящего тела сквозь магнитные силовые линии в нем возникает электрический ток. В обычном генераторе роль

такого тела выполняют медные обмотки, вращающиеся в магнитном поле. В МГД-генераторе телом, пересекающим магнитное поле, является газ или жидкость. Возникающий при этом ток отводится электродами в сеть и подается потребителям. В МГД-генераторах нет движущихся механических частей и отсутствуют ступени преобразования энергии, что способствует повышению его КПД до 50-60 % (у тепловых станций не более 42 %).

По расчетам специалистов, большие выгоды сулят энергетические установки, в которых МГД-генераторы будут работать в комплексе не только с тепловыми, но и с атомными электростанциями.

Из более простых методов получения "чистого" топлива, преимущественно на базе различных видов угля, следует отметить газификацию и сжижение. В первом случае производство газа осуществляется путем пиролиза или подземной газификации. Основным источником загрязнения в этих процессах служат сточные воды, возникающие при очистке отходящих газов, содержащие соединения серы, фенол, аммиак, цианиды и взвешенные частицы. Кроме того, здесь теряется значительное количество тепла (до 35 %). При подземной газификации угля, помимо очистки получаемого газа, возникает проблема газификации топлива. Более надежным и экологическим способом очистки угля является сжижение. В основе этой технологии лежат три метода: пиролиз, селективная экстракционная очистка и гидрогенизация, входящая в первые два метода. При пиролизе из угля образуются газообразные продукты и конденсируемые масла. Последние из них подвергаются каталитическому гидрированию с получением ценного малосернистого сырья. Твердый остаток, состоящий в основном из сажи и золы, подвергается дополнительной обработке.

При селективной экстракционной очистке распыленный уголь растворяется в растворителе, а затем гидрогенизуется небольшим количеством водорода в условиях умеренного давления. Образующийся раствор фильтруется, и из него отгоняется растворитель, который возвращается в процесс, а из отходящих газов удаляют серосодержащие вещества. В результате экстракционной очистки получают малосернистый и низкотемпературный продукт с низкой температурой плавления и повышенной на 30-40 % по сравнению с исходным углем теплотворной способностью.

Технология сжижения угля близка к процессу обессеривания нефтяного топлива. Она позволяет переводить в жидкое состояние до 93 % твердого топлива с получением 65 %-го малосернистого котельного и 25 %-го моторного топлива.

В качестве исходного сырья для производства высококалорийного топлива могут быть использованы и горючие сланцы. Основой процесса является их термическое разложение до жидких (сланцевое масло) и газообразных продуктов. По аналогии с ними разработаны варианты получения достаточно "чистого" топлива из других видов ископаемого сырья: бурых углей, нефтеносных песков и т.д. Например, при неполном

сжигании высокосернистого мазута он конвертируется в основном в водород, угарный газ и азот с небольшим количеством сажи (2 %) и золы. Тепло газов используется для нагревания установки. Охлажденный газ водой очищается от сажи и золы, которые возвращаются в цикл. Часть золы выводится, и из нее получают ванадий и другие элементы. Сернистые соединения абсорбируются растворами аминов, выделяются из них и перерабатываются на серу и серную кислоту. Из-за низкой температуры промежуточных продуктов в процессе переработки не образуется окислов азота, что актуально в природоохранных целях.

Обобщение материалов по технологиям получения "чистого" топлива показало, что они включают узлы для улавливания и утилизации серы и обезвреживания других токсикантов. Это обуславливает снижение загрязнения окружающей среды. Однако их внедрение ведет к значительным потерям энергии и дополнительным затратам, равным 15-25 % от стоимости производимой энергии. При этом стоимость очистки топочных газов на ТЭС заметно ниже производства "чистого" топлива. Вместе с тем совершенствование технологии и ужесточение экологических требований могут сделать производство "чистого" топлива рентабельным.

Заметное влияние на состояние окружающей среды оказывает гидростроительство. Гидроэнергия составляет небольшую и относительно постоянную долю мирового производства энергии. На 2006 г. гидроэнергетика обеспечивает производство до 88 % возобновляемой и до 20 % всей электроэнергии в мире, установленная гидроэнергетическая мощность достигает 777 ГВт.

Абсолютным лидером по выработке гидроэнергии на душу населения является Исландия. Кроме неё этот показатель наиболее высок в Норвегии (доля ГЭС в суммарной выработке – 98 %), Канаде и Швеции. В Парагвае 100 % производимой энергии вырабатывается на гидроэлектростанциях⁶⁰.

Наиболее активное гидростроительство на начало 2000-х ведёт Китай, для которого гидроэнергия является основным потенциальным источником энергии. В этой стране размещено до половины малых гидроэлектростанций мира, а также крупнейшая ГЭС мира «Три ущелья» на реке Янцзы и строящийся крупнейший по мощности каскад ГЭС. Ещё более крупная ГЭС «Гранд Инга» мощностью 39 ГВт планируется к сооружению международным консорциумом на реке Конго в Демократической Республике Конго (бывший Заир).

Основные достоинства ГЭС – низкая себестоимость вырабатываемой электроэнергии, быстрая окупаемость (себестоимость примерно в 4 раза ниже, а окупаемость в 3-4 раза выше, чем на ТЭС), высокая маневренность, возможность аккумуляции энергии⁶¹. Первая промышленная гидроэлектростанция в России была построена в 1896 г. на

⁶⁰ <http://www.lesechos.fr/info/energie/020239999544.htm>

⁶¹ Трухин В.И. Основы экологической геофизики. – СПб.: Издательство «Лань», 2004. – 384 с. (с. 287)

реке Охте для электроснабжения местного порохового завода. В это же время в США начали эксплуатировать Ниагарскую ГЭС.

Многие крупные реки в настоящее время практически полностью зарегулированы. Водоохранилища, возникающие в результате сооружения плотин электростанций, позволяют управлять речным стоком, снижают опасность наводнений и эрозии почв, улучшают судоходность рек, обеспечивают водой сельскохозяйственные угодья, служат для рекреационных и других целей, оказывают положительное влияние на климат региона. Вместе с тем запруживание рек и создание водоохранилищ часто приводят к отрицательным последствиям. При возникновении крупных водоохранилищ происходит затопление плодородных земель и поселений человека. Гидросооружения изменяют уровень грунтовых вод, нередко вызывают засоление или заболачивание почв и снижают их продуктивность. Затопление водоохранилищами наземной растительности зачастую сопровождается ее разложением, развитием вредных видов водной флоры и фауны, изменением баланса растворенного в воде кислорода, перерождением, а порой и гибелью первоначальной водной биоты. Районы создания крупных гидросооружений в ряде случаев становятся сейсмически активными (наведенная сейсмичность), что может вызвать разрушение плотин. Так произошло, в частности, в районе плотины Койно (Индия). В 2010 г. в России случилась техногенная катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС, которая привела к человеческим жертвам и частичному разрушению машинного отделения станции.

Россия – единственная страна, в которой осуществлено массовое строительство мощных ГЭС на равнинных реках и где очень высоки средние удельные размеры водоохранилища, в 4 раза больше, чем в США. Под их строительство изымается большое количество полезных площадей. В частности, компетентная комиссия оценила ущерб, нанесенный строительством и эксплуатацией Саяно-Шушенской ГЭС Хакасии, в 30 млрд руб. Остро стоит вопрос о мелководных зонах водоохранилищ, которые лишь периодически покрываются водой. В результате вырастающие там водоросли отмирают и загрязняют водоохранилища гниющей массой.

Красноярское море проектировалось с учетом существующих равнинных морей. Тем не менее, с его появлением связаны такие негативные явления, как бронхиальные заболевания, ядовитые туманы, создающие смоги, и т.д. Незамерзающий Енисей – это повышение влажности воздуха на 30 %, сезонные смещения климата на 2 недели, отравление воды от гниющей затопленной древесины.

Создание единой энергетической системы для отдельных регионов, а в будущем, возможно, и всей планеты не утопия. В последние десятилетия электроэнергия передается по высоковольтным линиям передачи на тысячи километров с низкими потерями (до 3 %), что создает предпосылки для объединения в одну электрическую сеть далеко отстоящих друг от друга электростанций.

4.3. Альтернативные источники энергии и их экологичность

Истощение запасов минерального топлива (табл. 4.3) и опасное загрязнение окружающей среды диктуют настоятельную необходимость поиска и освоения новых источников производства энергии. Естественно, что скорость и масштабы такого перехода неодинаковы для различных источников энергии и регионов планеты и во многом определяются экономическими, социальными и экологическими факторами.

Таблица 4.3

Истощение запасов углеродосодержащего сырья

Источник энергии	Запасы ТВт·ч в год	Период истощения запасов, число лет при темпах роста потребления энергоресурсов, %				
		0	1	2	3	4
Нефть и природный газ	400-800	50-100	41-69	35-55	31-46	27-40
Уголь	2000	250	125	90	71	60
Нефть, природный газ и уголь	3000	375	156	107	84	69

Традиционные источники получения энергии, в настоящее время обеспечивающие 88 % её мировой потребности, послужили основной причиной загрязнения окружающей среды, создав многочисленные экологические проблемы. В связи с этим в последние годы серьёзное внимание уделяется исследованию альтернативных источников энергии. По прогнозу к 2020 г. они заменят 2,5 млрд т ископаемого топлива (до 8 % производства мировой энергетики). Эти источники энергии являются возобновляемыми и почти безвредными для природной среды и могут обеспечить достаточное количество энергии для удовлетворения потребностей всего человечества (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Альтернативные источники энергии (альтернативная энергетика)

Основные типы	Способы получения энергии
1. Гелиоэнергетика	Гелиоэлектростанции Солнечные батареи Гелиоконденсаторы Солнечные коллекторы
2. Ветровая энергетика (ветроэнергетика)	Ветроэлектрические станции Ветровые установки
3. Гидроэнергетика (малая)	Приливные электростанции Волновые электростанции
4. Биоэнергетика	Биореакторы (для получения биогаза) Производство биомассы Мусоросжигающие установки Биосинтез водорода и др.
5. Геотермальная энергия	Геотермальные электростанции Геотермальные установки Тепловые насосы и т.п.

Наиболее заметным признаком постиндустриального развития стал бум в сфере возобновляемой энергетики (рис 4.1).⁶² К 2008-2009 гг. ВИЭ вышли на первое место в приросте мощностей в мире (40 % в 2009 г.). С 2000 по 2009 г. мировая мощность ветровых электростанций возросла с 18 до 160 ГВт, солнечных ФВ-станций - с 1,8 до 22,9 ГВт. Наряду с ВИЭ в электроэнергетике, активно внедряет «углеродные технологии» (фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии). Их ежегодный объем к 2009 г. достиг 120 млрд долл., увеличившись за 10 лет в 10 раз.⁶³ В целом инвестиции в «умные сети» достигли к 2009 г. в США 21 млрд долл. и в мире – 69 млрд долл. Объем рынка энергосервисных услуг в США и странах ЕС достиг 4-5 млрд долл. В строительстве значимую долю стало составлять строительство по стандартам энергоэффективности (LEED в США, BREEAM в Европе) и экологической безопасности.

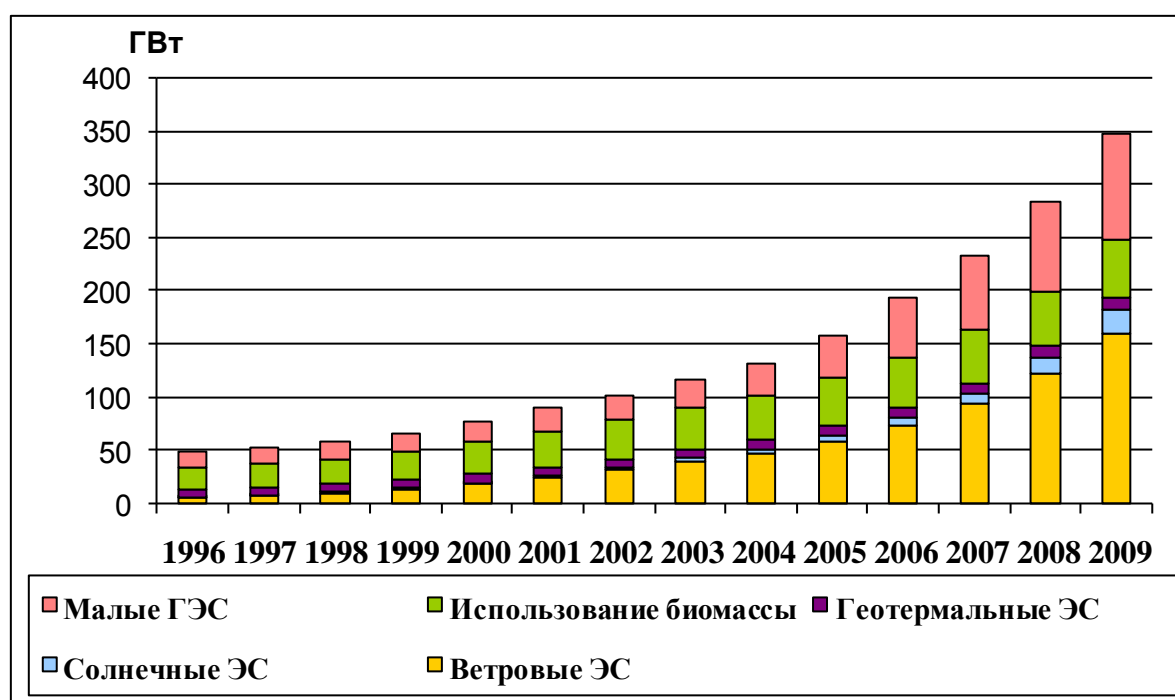


Рис. 4.1. Динамика возобновляемой энергетики в 1996-2009 гг.

Солнечная энергетика (гелиоэнергетика). Один из перспективных источников – чистое и практически неисчерпаемое излучение Солнца. Его энергии поступает на земную поверхность в 14-20 тыс. раз больше сегодняшнего уровня мировой потребности. Только солнечная энергия, поступающая в течение года на Аравийский полуостров, более чем вдвое превышает энергию нефтяных запасов планеты. Она доступна, бесплатна и практически неисчерпаема, но имеет низкую плотность и характеризуется

⁶² Renewables Global Status Report 2009. RNE21, 2010.

⁶³ Point Carbon. www.pointcarbon.com

прерывистостью поступления, связанной с изменением погоды и чередованием дня и ночи. В связи с этими недостатками в ближайшее время солнечная энергия как источник получения электроэнергии пока не может в широких масштабах конкурировать с углем, нефтью, атомной энергией. Тем не менее, использование солнечных коллекторов в быту благодаря замене ископаемого топлива позволило снизить энергопотребление и выброс загрязняющих веществ на 10-20 %. Однако на основе существующих технологий такую энергию трудно запасать и передавать на большие расстояния. Для снижения потерь в этом случае солнечную энергию целесообразно переводить в химическую. В частности, в Саудовской Аравии уже работает установка, получающая водород на основе солнечной энергии. США планирует к 2020 г. удовлетворять от 10 до 30 % своих энергетических потребностей за счет использования солнечной энергии, Япония – 3 %.

К основным методам преобразования солнечной энергии относятся фотоэлектрическое преобразование, термодинамический (теплотехнический) цикл, химический цикл и биоконверсия (рассмотрим отдельно как биоэнергетику).

Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии основано на особенностях взаимодействия полупроводниковых материалов (в основном кремний) со световым излучением. Эффективность поглощения света, а следовательно, и мощность, зависят от качества материала и толщины элемента. В 2010 г. в Испании выработано из солнечной энергии 2,7 % электроэнергии страны⁶⁴, в Германии – 2 %⁶⁵, в Италии – около 3 %⁶⁶. Первая в России солнечная электростанция мощностью 100 кВт была запущена в сентябре 2010 г. в Белгородской области^{67,68}.

Главные преимущества фотоэлектрических установок – отсутствие движущихся частей, конструкция очень проста, производство высокотехнологично. Солнечные батареи собирают из однотипных модулей. На их основе созданы солнечные батареи, широко используемые в космических аппаратах. КПД таких батарей сегодня составляет 12-15 %, в лабораторных условиях экспериментальные образцы показывают КПД до 28-29 %. Теоретически ученые считают, что КПД таких установок, применяющих современные технологии и объемный фотоэффект, может достигнуть в будущем не менее 90 %.

Существуют и недостатки фотоэлектрических преобразователей: высокая стоимость оборудования (из-за этого и стоимость 1 кВт·ч выше, чем при использовании традиционных источников), разрушение

⁶⁴ <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/01/spain-generated-3-of-its-electricity-from-solar-in-2010?cmpid=rss>

⁶⁵ <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/03/new-record-for-german-renewable-energy-in-2010?cmpid=rss>

⁶⁶ <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/07/italy-passes-7000-mw-of-total-installed-solar-pv?cmpid=rss>

⁶⁷ <http://www.rg.ru/2011/06/09/sun.html>

⁶⁸ <http://www.vesti.ru/doc.html?id=515528>

полупроводникового материала со временем, зависимость от запыленности системы и необходимости разработки эффективных методов очистки батарей от загрязнения. Кроме того, возможно и нарушение экологического равновесия, так как под промышленные солнечные батареи занимают площади в несколько гектар (США, Италия).

Энергию получают из солнечной энергии методом термодинамического преобразования практически так же, как и из других источников. Основным принципом создания гелиостанций является концентрирование солнечной энергии с помощью вогнутых отражателей – гелиоконцентраторов различного типа. Оно осуществляется в основном следующими видами преобразователей:

1. Циркуляцией жидкости между устанавливаемыми на крышах солнечными панелями или коллекторами и жилыми помещениями.
2. Использованием фотоэлементов, преобразующих солнечное излучение непосредственно в электричество.
3. Применением башенных установок или солнечных печей, в которых используется множество управляемых компьютером зеркал, следящих за Солнцем и фокусирующих его лучи на паровые котлы электростанций.

Системы улавливания солнечной энергии, в зависимости от конструкции, обеспечивают разные степени концентрации. При использовании параболических отражателей получается малая степень концентрации (до 100), при применении фокусирующих гелиостатов степень концентрации может составить 1000. Самая высокая степень концентрации (более 1000) достигается оптической системой, состоящей из плоских гелиостатов и параболического отражателя.

На гелиостанции башенного типа энергия от каждого гелиостата передается оптическим способом. Такие станции не получили широкого распространения, так как система сбора и передачи энергии в таких установках оказалась очень дорогой, причем 80 % стоимости станции составляет стоимость гелиостатов. В США, Мексике работают установки такого типа мощностью 10 МВт.

В ограниченных масштабах солнечная энергия уже применяется в жилых домах и других зданиях в различных районах мира. Наиболее обычным примером могут служить устанавливаемые на крышах солнечные нагреватели, обеспечивающие дешевую горячую воду для бытовых нужд. Миллионы таких устройств установлены в России, Японии, Австралии. Значительный экономический эффект и многие тонны сэкономленного топлива дает применение в сельском хозяйстве гелиотеплиц. В южных городах страны сооружают дома с системой солнечного отопления.

Вертикальный градиент температур между поверхностными и глубинными слоями позволяет создавать солнечно-океанические электростанции, основным элементом которых является теплообменник. В качестве рабочей среды можно применять любую жидкость с высоким

давлением паров при температуре окружающего воздуха и с достаточной теплопроводностью, например аммиак. Теплая вода с поверхности океана прокачивается через теплообменник, в котором рабочая жидкость испаряется при постоянном давлении. Пары аммиака направляют на турбину, а затем в конденсатор, охлаждаемый холодной водой из глубин океана. Сжиженный аммиак вновь поступает в испаритель.

Передача электроэнергии с таких станций, расположенных в тропических широтах, весьма сложная задача. Представляется более целесообразным проводить электролиз морской воды непосредственно на станции с последующей транспортировкой водорода и кислорода на берег по трубопроводам. Реализация этого метода позволит создать так называемую водородную энергетику.

Более отдаленное будущее солнечной энергетики многие связывают с космосом. На орбите вокруг Земли из блоков, доставляемых с планеты, будут создаваться огромные солнечные электростанции. Их ток, преобразованный в микроволны, будет поступать на Землю, где микроволновая энергия вновь преобразуется в ток, поступающий в электросеть. Предлагаются и другие варианты космических энергетических систем.

По сравнению с наземными установками они обладают рядом достоинств:

- получается в 4-11 раз больше солнечной энергии;
- практически непрерывно преобразуется энергия;
- не испытывается влияния атмосферных явлений Земли;
- невесомость позволит создавать многокилометровые конструкции;
- позволяет уменьшить парниковый эффект (преобразование одного вида энергии в другой неизбежно сопровождается выделением тепла), поскольку тепло будет сбрасываться непосредственно в космическое пространство;
- позволяют создавать приемные устройства непосредственно вблизи потребителей.

Кроме того, их значительным достоинством является высокий КПД, достигающий 70 %, и затраты на их создание могут окупиться за 3-5 лет. Однако многие специалисты по энергетике считают, что создание солнечных спутниковых электростанций очень дорого и связано с большим риском.

Специфическое влияние космических станций на состояние окружающей среды заключается:

- в тепловых потерях в зоне расположения приемных антенн;
- в изъятии больших земельных площадей;
- в расходе дорогостоящих материалов;
- в микроволновом облучении, радиопомехах.

Строительство таких космических станций, как нам кажется, возможно не ранее 2050-2100 гг.

Энергия ветра используется человеком издавна. Ветряные мельницы начали сооружать еще древние персы свыше 1,5 тыс. лет назад. Первые ветроэнергогенератор был сооружен в Дании в 1890 г., а через 20 лет в стране работало (в основном для нужд сельского хозяйства) больше сотни. Однако уже в первой половине XX в. ветряные мельницы сдали свои позиции. Но в середине 60-х гг. XX в. в связи с ростом цен на топливо и загрязнение окружающей среды человечество вернулось к ветряным двигателям. По оценке Всемирной метеорологической организации запасы ветровой энергии в мире составляют не менее 170 трлн кВт·ч в год. Заключенная в ветре механическая энергия может быть использована ВЭС с КПД около 40 % для выработки электроэнергии и приведения в действие различных механизмов (водяных насосов, мукомольных мельниц). Технически надёжными и рентабельными в районах с постоянными ветрами являются электростанции мощностью 50-100 кВт с высотой башни 15-25 м.

В 2008 г. мировой рынок оборудования для ветроэнергетики вырос до 36,5 млрд евро, или около 46,8 млрд американских долл.^{69,70} В конце 2010 г. общая установленная мощность всех ветрогенераторов мира составила 196,6 ГВт⁷¹, а произведённой ими электроэнергия достигла 430 ТВт·ч (2,5 % всей произведённой человечеством электрической энергии)^{72,73}. 80 стран мира особенно интенсивно развивают ветроэнергетику. В 2010 г. в Европе установлено 44 % работающих ветряных электростанций, Азии – 31 %, Северной Америке – 22 %.

Дания с помощью ветрогенераторов в 2009 г. произвела 20 % электроэнергии страны, Португалия – 16, Ирландия – 14⁷⁴, Испания – 13, Германия – 8⁷⁵, Китае – около 1,3 %. Предполагается, что в КНР к 2020 г. мощности ветроэнергетики достигнут 80-100 ГВт.⁷⁶

Крупные ветряные электростанции включаются в общую сеть, более мелкие используются для снабжения электричеством удалённых районов. В отличие от ископаемого топлива, энергия ветра практически неисчерпаема, повсеместно доступна и более экологична. Однако, сооружение ветряных электростанций сопряжено с некоторыми трудностями технического и экономического характера, замедляющими их распространение. В частности, непостоянство ветровых потоков не создаёт проблем при небольшой доли ветроэнергетики в общем производстве

⁶⁹http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=177&tx_ttnews%5BbackPid%5D=4&cHash=04fdc8c00a

⁷⁰http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=177&tx_ttnews%5BbackPid%5D=4&cHash=04fdc8c00a

⁷¹ <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/02/global-wind-installations-boom-up-31-in-2009>

⁷² http://www.windea.org/home/images/stories/pdfs/worldwindenergyreport2010_s.pdf

⁷³ <http://www.worldwatch.org/node/6102?emc=el&m=239273&l=5&v=ca5d0bd2df>

⁷⁴ <http://www.eirgrid.com/renewables/>

⁷⁵ http://www.windpoweringamerica.gov/filter_detail.asp?itemid=746

⁷⁶ БИКИ, 25.07.09г., «На рынке ветроэнергетического оборудования КНР»

электроэнергии, однако при росте этой пропорции, возрастают также и проблемы устойчивого производства электроэнергии^{77,78,79}.

Мощность ветрогенератора зависит от площади, ометаемой лопастями генератора, и высоты над поверхностью. Например, турбины мощностью 3 МВт (V90) производства датской фирмы Vestas имеют общую высоту 115 м, высоту башни 70 м и диаметр лопастей 90 м.

Воздушные потоки у поверхности Земли/моря являются ламинарными – нижележащие слои тормозят расположенные выше. Этот эффект заметен до высоты 1 км, но резко снижается уже на высотах больше 100 м. Высота расположения генератора выше этого пограничного слоя одновременно позволяет увеличить диаметр лопастей и освобождает площади на земле для другой деятельности^{80,81}. Ветрогенератор начинает производить ток при ветре 3 м/с и отключается при ветре более 25 м/с. Максимальная мощность достигается при ветре 15 м/с. Отдаваемая мощность пропорциональна третьей степени скорости ветра: при увеличении ветра вдвое, от 5 м/с до 10 м/с, мощность увеличивается в восемь раз⁸².

В августе 2002 г. компания Enercon построила прототип ветрогенератора E-112 мощностью 4,5 МВт. До декабря 2004 г. турбина оставалась крупнейшей в мире. В декабре 2004 г. германская компания REpower Systems построила ветрогенератор мощностью 5,0 МВт. Компания Clipper Windpower разрабатывает ветрогенератор мощностью 10,0 МВт⁸³. В 2009 г. турбины 1,5-2,5 МВт занимали 82 % в мировой ветроэнергетике.

Наибольшее распространение в мире получила конструкция ветрогенератора с тремя лопастями и горизонтальной осью вращения, хотя кое-где ещё встречаются и двухлопастные. Наиболее эффективной конструкцией для территорий с малой скоростью ветровых потоков признаны ветрогенераторы с вертикальной осью вращения. Сейчас все больше производителей переходят на производство таких установок, так как далеко не все потребители живут на побережьях, а скорость континентальных ветров обычно находится в диапазоне от 3 до 12 м/с. В таком ветро режиме эффективность вертикальной установки намного выше. Стоит отметить, что у вертикальных ветрогенераторов есть еще несколько существенных преимуществ: они практически бесшумны, и не требуют совершенно никакого обслуживания, при сроке службы более 20 лет. Системы торможения, разработанные в последние годы, гарантируют

⁷⁷[http://www.eirgrid.com/media/2004%20wind%20impact%20report%20\(for%20updated%202007%20report,%20see%20above\).pdf](http://www.eirgrid.com/media/2004%20wind%20impact%20report%20(for%20updated%202007%20report,%20see%20above).pdf)

⁷⁸http://www.ieawind.org/AnnexXXV/Meetings/Oklahoma/IEA%20SysOp%20GWPC2006%20paper_final.pdf

⁷⁹http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/tuulisuus_4.html

⁸⁰http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/tuulisuus_4.html

⁸¹<http://www.tuuliatlas.fi/tuulivoima/index.html>

⁸²<http://www.hyotytuuli.fi/index.php?page=617d54bf53ca71f7983067d430c49b7>

⁸³http://www.clipperwind.com/pr_02182010.php

стабильную работу даже при периодических шквальных порывах до 60 м/с.

Наиболее перспективными местами для производства энергии из ветра считаются прибрежные зоны. Но стоимость инвестиций по сравнению с сушей выше в 1,5-2 раза. В море, на расстоянии 10-12 км от берега (а иногда и дальше), башни ветрогенераторов устанавливаются на фундаментах из свай, забитых на глубину до 30 м. Используют и другие типы подводных фундаментов, а также плавающие основания. Первый прототип плавающей ветряной турбины построен компанией H Technologies BV в декабре 2007 г. Ветрогенератор мощностью 80 кВт установлен на плавающей платформе в 10,6 морских милях от берега Южной Италии на участке моря глубиной 108 м. В 2009 г. компании Siemens AG и норвежская Statoil объявили об установке первой в мире плавающей ветроэнергетической турбины мощностью 2,3 МВт, производства Siemens Renewable Energy⁸⁴.

Суммарная установленная мощность ветровых электростанций в России в 2009 г. составляет 17-18 МВт. Технический потенциал ветровой энергии страны оценивается свыше 50000 млрд кВт·ч/год. Экономический потенциал составляет примерно 260 млрд кВт·ч/год, то есть около 30 % современного производства электроэнергии всеми электростанциями РФ⁸⁵.

Энергетические ветровые зоны в России расположены, в основном, на побережье и островах Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, в районах Нижней и Средней Волги и Дона, побережье Каспийского, Охотского, Баренцева, Балтийского, Черного и Азовского морей. Отдельные ветровые зоны расположены в Карелии, на Алтае, в Туве, на Байкале. Максимальная средняя скорость ветра в этих районах приходится на осенне-зимний период – период наибольшей потребности в электроэнергии и тепле. Около 30 % экономического потенциала ветроэнергетики сосредоточено на Дальнем Востоке, 14 % – в Северном экономическом районе, около 16 % – в Западной и Восточной Сибири.

Самая крупная ветроэлектростанция России (5,1 МВт) расположена в районе посёлка Куликово Зеленоградского района Калининградской области. Куликовская ВЭС (21 ВЭУ датской компании SEAS Energi Service A.S.) вырабатывает ежегодно около 6 млн кВт·ч.

На Чукотке действует Анадырская ВЭС мощностью 2,5 МВт (10 ветроагрегатов по 250 кВт) среднегодовой выработкой более 3 млн кВт·ч⁸⁶. В Республике Башкортостан ВЭС Тюпкильды (2,2 МВт) состоит из четырёх ветроагрегатов немецкой фирмы Hanseatische AG типа ET 550/41⁸⁷. На острове Беринга Командорских островов работает ВЭС мощностью 1,2 МВт. В Калмыкии в 20 км от Элисты размещена площадка

⁸⁴ <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/8085551.stm>

⁸⁵ <http://www.smenergo.ru/wind/>

⁸⁶ <http://www.region87.ru/index.php?nm=7&pg=5>

⁸⁷ <http://www.smenergo.ru/wind/>

Калмыцкой ВЭС планировавшейся мощностью в 22 МВт, на 2006 г. установлена одна установка «Радуга» мощностью 1 МВт с выработкой от 3 до 5 млн кВт·ч.

В Республике Коми вблизи Воркуты недостроена Заполярная ВДЭС мощностью 3 МВт. В 2006 г. действуют 6 установок по 250 кВт общей мощностью 1,5 МВт.

Успешным примером реализации возможностей ветряных установок в сложных климатических условиях является ветродизельная электростанция на мысе Сеть-Наволок Кольского полуострова мощностью до 0,1 МВт. В 17 км от неё в 2009 г. начато обследование параметров будущей ВЭС для работы в комплексе с Кислогубской ПЭС.

Существуют проекты на разных стадиях проработки Ленинградской ВЭС (75 МВт, Ленинградская область), Ейской ВЭС (72 МВт, Краснодарский край), Калининградской морской ВЭС (50 МВт), Морской ВЭС (30 МВт, Карелия), Приморской ВЭС (30 МВт, Приморский край), Магаданской ВЭС (30 МВт, Магаданская область), Чуйской ВЭС (24 МВт, Республика Алтай), Усть-Камчатской ВДЭС (16 МВт, Камчатская область), Новиковской ВДЭС (10 МВт, Республика Коми), Дагестанской ВЭС (6 МВт, Дагестан), Анапской ВЭС (5 МВт, Краснодарский край), Новороссийской ВЭС (5 МВт, Краснодарский край) и Валаамской ВЭС (4 МВт, Карелия).

Как пример реализации ветрового потенциала территорий Азовского моря можно указать Новоазовскую ВЭС (21,8 МВт), установленную на украинском побережье Таганрогского залива.

Однако даже такой «экологически чистый» источник энергии порождает проблемы (создаёт ультразвуковые и инфразвуковые излучения, помехи в телевизионном приёме для населения, занимает значительные площади и др.) и особенно сказывается на орнитофауне. Так, в Голландии на берегу моря построена система ветроэнергетических установок (ВЭУ) на протяжении 3 км, где сооружено 25 конических железобетонных башен высотой 30 м и диаметром трёхлопастного ротора 25 м. Эти установки и линии электропередач отрицательно воздействуют на птиц (утки, чайки, гуси). Подсчитано, что на 1 км линии электропередач в полевых биотопах в среднем гибнет 8 птиц, а всего с учетом их протяженности (5 тыс. км) в Голландии ежегодно погибает около 40 тыс. крупных птиц. Особенно возрастает гибель птиц во время весенних и осенних миграций, если линии электропередач пересекают направление полетного пути (до 70 тыс. птиц в год на 1 км ЛЭП). В Бельгии установили, что модуляция ветрового потока лопастями мешает ориентации насекомых. Это приводит к нарушению устойчивости экосистемы. В частности, на полях, расположенных в зоне ветровых установок, наблюдается падение урожайности.

Физиологическое воздействие инфразвука (большая часть звуковой энергии ВЭС приходится на инфразвуковой диапазон) пока полностью не изучено. Однако ученые уже выяснили, что инфразвук приводит к

изменению артериального давления и частоты сердечной деятельности, нарушению зрения и вестибулярных функций мозга, нарушению работы желудочно-кишечного тракта (тошнота, рвота), появлению чувства страха, ужаса.

Непостоянство работы ВЭС может быть устранено путем создания емких аккумуляторов, а также соединения ветровых двигателей с дизельными, которые будут работать в безветрие. Можно создавать ветроводородные станции. Избыточная энергия ветра на этих электростанциях используется для получения из воды водорода, который сжигается при штилевой погоде.

Энергия приливов и морских волн, океанических течений. Энергия приливов связана с изменением уровня воды на морских побережьях в течение суток (меняется четыре раза), что связано с силами притяжения Луны и Солнца. Каждые 4 ч 13 мин прилив сменяется отливом, максимальная амплитуда в разных местах планеты неодинакова и составляет от 4 до 20 м. Общая мощность, рассеиваемая приливами в Мировом океане, составляет по подсчетам примерно 1-2 млрд кВт.

Первая приливная электростанция, использующая напор волн, была введена в строй в 1966 г. во Франции в устье реки Ранс, впадающей в пролив Ла-Манш (средняя амплитуда приливов – 8,4 м, max – 13,5 м). Подсчитано, что средняя мощность, переносимая приливной волной через Ла-Манш, составляет 180 млн кВт. Из-за донного трения и берегов мощность ее уменьшается на выходе из Ла-Манша до 23 млн кВт. В России первая опытно-промышленная ПЭС была построена в 1968 г. в Баренцевом море (Кислогубская). На 2009 г. её мощность составляет 1,7 МВт. На этапе проектирования находится Северная ПЭС мощностью 12 МВт. В советское время были разработаны проекты строительства ПЭС в Мезенской губе (мощность 11 000 МВт) на Белом море, Пенжинской губе и Тугурском заливе (мощностью 8000 МВт) на Охотском море, в настоящее время статус этих проектов неизвестен, за исключением Мезенской ПЭС, включённой в инвестпроект РАО «ЕЭС». Пенжинская ПЭС могла бы стать самой мощной электростанцией в мире – проектная мощность 87 ГВт.

Существуют ПЭС и за рубежом – во Франции, Великобритании, Канаде, Китае, Индии, США и других странах. ПЭС «Ля Ранс», построенная в эстуарии р. Ранс (Северная Бретань) имеет самую большую в мире плотину, ее длина составляет 800 м. Плотина также служит мостом, по которому проходит высокоскоростная трасса, соединяющая города Св. Мало и Динард. Мощность станции составляет 240 МВт⁸⁸.

Другие известные станции: южнокорейская – Shihwa (мощность 254 МВт⁸⁹), канадская – ПЭС Аннаполис и норвежская – ПЭС Хаммерфест.

⁸⁸ "Survey of energy resources" (PDF). World Energy Council. Retrieved on 2007-07-13.

⁸⁹ <http://aenergy.ru/3520>

Преимуществами ПЭС является экологичность и низкая себестоимость производства энергии. Недостатками – высокая стоимость строительства и изменяющаяся в течение суток мощность, из-за чего ПЭС может работать только в составе энергосистемы, располагающей достаточной мощностью электростанций других типов. Однако и работа приливных электростанций имеет отрицательное влияние на окружающую среду: увеличение амплитуды прилива, изменение распределения грунтовых вод в береговой зоне, увеличение зоны затопления, нарушение циркуляции водных масс, изменение ледникового режима части бассейна за плотиной (для северных территорий) и т.п. Кроме того, как известно, приливы оказывают сильное воздействие на погоду и климат, следовательно, нарушение сложившихся условий приливов может привести к изменению погодных и климатических условий.

Огромна энергия морских волн, которая весьма скромно используется человеком. Широкие исследования ее практических возможностей проводятся в Англии, Японии, Норвегии. Полная волновая мощность океана оценивается учеными примерно в $50 \cdot 10^{12}$ кВт. Согласно некоторым предварительным оценкам, среднегодовая мощность волн, приходящаяся на каждый метр западного побережья Великобритании, достигает 80 кВт, а полная волновая мощность равна 120 ГВт, что примерно в 5 раз превышает современные потребности электроэнергетики. В Японии свыше 300 буев и маяков питаются электроэнергией, вырабатываемой электрогенераторами, приводящимися в движение морскими волнами. В настоящее время производство 1 кВт электроэнергии на волновых электростанциях в 5-10 раз выше, чем на АЭС или ТЭС.

Основными недостатками, ограничивающими широкое распространение волновой энергетики, являются высокая стоимость установок, сравнительно низкая плотность и сильная изменчивость во времени. Кроме того, если водная акватория будет зарегулирована волновыми преобразователями, то произойдут изменения в газообмене атмосферы и океана, в очистке поверхности моря и придонного слоя воздушного потока от загрязнения.

Со временем турбины будут устанавливаться на якорях в местах со сравнительно сильными течениями. Поток воды, проходя через лопасти турбин, будет приводить во вращение вал и соединенный с ним электрогенератор. Вырабатываемый ток по подводным кабелям будет передаваться на берег. Расчеты показывают, что такие электростанции в 1,2 раза дешевле, а эксплуатационные расходы в 1,8 раза меньше, чем на тепловых станциях.

Следует также остановиться на "тепловых" насосах. В Швеции даже некоторые небоскребы обогреваются такими устройствами. В США это вообще считается обычным явлением. Еще в 1980-х гг. их ежегодно создавалось по 1 млн. "Тепловой" насос, потребляя 1 кВт энергии, отдает около 3 кВт, отбирая ее у окружающих источников – воздуха, воды, почвы и т.д. Пора отвыкнуть от представления, что теплые сбросовые воды –

неизбежное зло. Тепловым насосом, механизм действия которого близок работе повышающего трансформатора, можно отбирать тепло даже зимой из Енисея. В Красноярске "тепловые" насосы апробированы для обогрева помещения в 50 м², но посредством данного аппарата можно обогревать помещения до 1000 м² и высотой до 3 этажей. Его множительный коэффициент (2,75) соответствует мировым стандартам. Такие тепловые аппараты удобны для использования на севере, в поселках, фермерских хозяйствах, коттеджах.

Биоэнергетика. Говоря об источниках энергии, нельзя не вспомнить об использовании промышленных и коммунальных отходов. Объем их непрерывно возрастает, а удаление сопровождается загрязнением окружающей среды и требует значительных затрат. Переработка отходов биологическими методами позволяет получить относительно большое количество горючего газа, состоящего преимущественно из метана. Этот газ можно применять для отопления в качестве горючего для автотранспорта и получения электроэнергии. Вырабатываемый на основе растительных и животных отходов газ, например, в Германии покрывает до 15-20 % потребляемой энергии.

Биогаз относится к возобновляемым источникам энергии. Он образуется в биогазовых или очистных установках в процессе разложения растительных и животных отходов без доступа кислорода. Основным его компонентом является метан с примесью углекислого газа. Биогаз используют для приготовления пищи, отопления, в газовых двигателях. В Германии это блок-ТЭЦ мощностью от 10 до 100 МВт с высоким КПД (до 85 %). Небольшие БТЭЦ (мощностью 10-20 кВт), называемые энергетическими секциями, широко применяются в Европе для отопления помещений жилых зданий.

Геотермальная энергетика. Использование тепла земных недр весьма перспективно с позиций охраны окружающей среды. Первая в мире геотермальная электростанция была построена в Италии в 1904 г., в Исландии – 1944 г. В настоящее время во многих странах мира для выработки электроэнергии и отопления зданий, подогрева теплиц и парников применяется тепло горячих источников, и интерес к этому виду энергии постоянно возрастает. С экономической точки зрения более привлекательно тепло подземных резервуаров сухого насыщенного и перегретого пара. Но их общая мощность, как правило, достаточна лишь для решения локальных задач электро- и теплоснабжения.

Геотермальная энергия существенна в областях современного вулканизма и в тектонически подвижных регионах Земли, где горячие подземные воды поднимаются к поверхности и выходят в виде термальных источников.

Потенциальная суммарная рабочая мощность геотермальных электростанций в мире уступает большинству станций на иных возобновимых источниках энергии. Однако направление получило развитие в силу высокой энергетической плотности в отдельных

заселённых географических районах, в которых отсутствуют или относительно дороги горючие полезные ископаемые, а также благодаря правительственным программам.

Установленная мощность геотермальных электростанций в мире на начало 1990-х составляла около 5 тыс. МВт, на начало 2000-х – около 6 тыс. МВт, в конце 2008 г. – около 10,5 тыс. МВт⁹⁰.

Крупнейший производитель геотермальной электроэнергии США (77 геотермальных электростанций общей мощностью 3086 МВт⁹¹) в 2005 г. произвели около 16 млрд кВт·ч. По оценкам Геологического управления США, разведанные источники геотермальной энергии могли бы дать 5-6 % современного потребления в стране. Основные промышленные зоны: «гейзеры» – в 100 км к северу от Сан-Франциско (1360 МВт установленной мощности), и северная часть Солёного моря в центральной Калифорнии (570 МВт установленной мощности), в Неваде установленная мощность станций достигает 235 МВт. Геотермальная электроэнергетика, как один из перспективных альтернативных источников энергии в стране, имеет правительственную поддержку.

На Филиппинских островах парогидротермы (1930 МВт) обеспечивают производство около 27 % (2003 г.) всей электроэнергии в стране. На важнейшей геотермальной зоне Серро Прието расположились станции общей мощностью в 750 МВт.

В Италии эффективно работают энергоустановки общей мощностью в 790 МВт.

В Исландии действуют пять теплофикационных геотермальных электростанций общей электрической мощностью 570 МВт (2008 г.), которые вырабатывают 25 % всей электроэнергии. Одна из таких станций снабжает столицу Рейкьявик. Станция использует подземную воду, а излишки воды сливают в гигантский бассейн.

В Кении в 2005 г. действуют три геотермальные электростанции общей электрической мощностью в 160 МВт.

Все российские геотермальные электростанции расположены на Камчатке и Курильских островах (о. Кунашир, о. Итуруп) и имеют общую мощность 80 МВт (2009 г.) с годовой выработкой около 450 млн. кВт·ч (2009 г.). Суммарный электропотенциал пароводных терм одной Камчатки оценивается в 1 ГВт рабочей электрической мощности.

В настоящее время (2011 г.) в РФ работают:

- Верхне-Мутновская ГеоЭС (Камчатка) – 12 МВт (2011 г.) с выработкой 69,5 млн кВт·ч/год,
- Мутновская ГеоЭС (Камчатка) – 50 МВт (2011) с выработкой 360,5 млн кВт·ч/год,

⁹⁰ <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/05/geothermal-development-expands-globally?cmpid=rss>

⁹¹ <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/05/geothermal-projects-being-developed-in-94-countries?cmpid=rss>

- Паужетская ГеоТЭС (Камчатка) – 14,5 МВт (2011) с выработкой 43,1 млн кВт·ч (Проводится реконструкция с увеличением мощности до 18 МВт),
- Океанская ГеоТЭС (о. Итуруп) – 2,5 МВт,
- Менделеевская ГеоТЭС (о. Кунашир) – 3,6 МВт.

В Ставропольском крае на Каясулинском месторождении в 2006 г. приостановлено строительство дорогостоящей опытной Ставропольской ГеоТЭС мощностью 3 МВт. Перспективна добыча геотермальной энергии в Дагестане. При бурении на нефть и газ в ряде скважин были обнаружены пароводяные смеси с температурой до 200 °С. По мнению специалистов, на базе Тарумского месторождения возможно сооружение электростанций мощностью 250-500 МВт.

Практически неисчерпаемы запасы тепла, накопленные на большой глубине в сухих скальных породах. На глубине 10 км температура равна 140-150 °С. Если через эти породы прокачивать воду, то количество извлекаемого таким образом тепла будет зависеть только от числа скважин и мощности насосов. При передаче тепла подземных источников какому-либо другому телу (типа фреона) работа геотермальной электростанции может проходить по замкнутому циклу и не принесет вреда окружающей среде.

Электрическая энергия, получаемая из глубинного тепла Земли, обладает самой низкой стоимостью по сравнению с электроэнергией, вырабатываемой тепловыми, гидравлическими и атомными станциями (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Сравнительная стоимость электроэнергии, долл/кВт·ч

Типы электростанций	Капиталовложения	Стоимость электроэнергии
Геотермальная	250-600	0,020-0,038
ТЭС на угле	1200	0,06
АЭС	1300	0,055-0,060

Геотермальные станции не нуждаются в топливе и громоздком строительстве, оборудовании, используемом для сжигания, отпадает необходимость в строительстве котельного цеха, подъездных путей, складов. Опыт их работы свидетельствует о наличии у них многих достоинств. Однако геотермальный пар и вода имеют сравнительно низкую температуру и давление, в связи с чем КПД таких станций значительно ниже (не превышает 20 %), чем АЭС (достигает 30 %) и ТЭС (max – 42 %),

Не следует, однако, думать, что геотермальные источники относятся к разряду "чистых" энергоресурсов, не загрязняющих окружающую среду. Такое представление складывается на основании кажущейся замкнутости цикла. На практике же геотермальная активность в большей или меньшей мере всегда сопровождается загрязнением атмосферы газообразными

соединениями ртути, сероводородом, аммиаком, метаном в достаточно больших концентрациях, представляющих опасность для человека, животных и растений. Кроме того, геотермальный пар может содержать радиоактивные элементы (радий, радон, продукты распада). Бурение скважин, прокладка трубопроводов, строительство геотермальных станций и воздействие горячего пара и воды могут стать причиной порчи ландшафта и привести к эрозии почв. Изменение водного баланса в глубинах литосферы может также привести к изменению сейсмической активности в районе. Кроме того, проходка сверхглубоких скважин обходится очень дорого. Тем не менее, в некоторых районах мира геотермальная энергия в недалеком будущем может стать существенным дополнением большой энергетике.

Немецкие экологи подсчитали мировой технический потенциал возобновимых источников энергии в год (млрд т условного топлива) (для сравнения – потребление первичной энергии в мире составляет около 9 млрд т условного топлива):

Биомасса		5,6
Гидроэнергия		2,8
Ветровая энергия		2,8
Геотермальная энергия		1,9
Термическая энергия моря		0,9
Энергия приливов – отливов		0,04
Солнечные элементы и коллекторы (децентрализованные)		2,0
Гелиоэлектростанции		4,3
Всего:	около	20,3 млрд т условного топлива.

Всё это показывает, что использование в дальнейшем возобновляемых источников энергии позволит не только обеспечить человечество необходимой электроэнергией, но, главное, значительно снизит выбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду.

4.4. Цена энергоресурсов

Энергетика России до недавнего времени являлась наиболее монополизированной и централизованной отраслью промышленности. С момента основания она развивалась и функционировала на строго плановых принципах:

- балансирование производства и потребления топлива и энергии осуществлялось в центре;
- финансирование строительства энергетических объектов проводилось из центральных источников;
- взаимоотношения между поставщиками оборудования, топлива и материалов, а также отношения с потребителями строго регламентировались;

- цены на топливо и тарифы на энергию устанавливались жесткими, не соответствующими потребительской ценности;
- нормативы отчислений от прибыли устанавливались индивидуальными, причем наибольшими они были у наиболее рентабельных производителей топлива и энергии, что не способствовало повышению эффективности работы.

Переход к рыночным отношениям в целом означает возможность свободно, без фондов и лимитов, продавать продукцию, приобретать сырьё, материалы, оборудование. Плановораспределительная система и фиксированные цены заменяются гибкими ценами рыночного равновесия.

Реализация условий сбалансированного производства требует решения ряда сложных вопросов: о собственности в энергетике и топливодобывающей промышленности, об источниках финансирования ее развития и перестройке финансово-кредитной системы, налогообложения, ценах на топливо, энергию и принципах их формирования, организационных, правовых и экономических методах регламентации отношений между поставщиками и потребителями топлива и энергии.

Принципы формирования цен на топливо и энергию в значительной мере зависят от формы организации рынка энергоресурсов:

- степени жесткости связи между поставщиком и потребителем ресурсов;
- степени воздействия со стороны государственных органов.

Комбинация этих факторов дает четыре формы организации рыночных отношений в энергетике, которым соответствуют четыре принципа ценообразования энергоресурсов:

- 1) Регулируемый конкурентный рынок. Централизованные цены на стратегически важные виды энергоресурсов – нефть и нефтепродукты. Условия реализации заключаются во взаимозаменяемости ресурсов и мобильности связей между поставщиками и потребителями.
- 2) Патерналистский рынок. Государственная поддержка отдельных энергообъектов и отраслей для снижения цен на продукты для обеспечения энергетической независимости страны, социальной поддержки некоторых групп населения. Занижение цен осуществляется за счет льготного обложения и государственных дотаций.
- 3) Регулируемый монопольный рынок. Используются нормативные расчетные цены, установленные на основе фактических издержек производства, налоговых и других отчислений, платежей за кредит. Условия реализации рынка базируются на прямых энергоэкономических связях между поставщиками энергоресурсов и их потребителями.
- 4) Свободный рынок. Наиболее регулируемый со стороны государства и местных органов. Используется для вновь осваиваемых и

низкорентабельных месторождений на основе свободных товарных сделок.

В соответствии с технологическими особенностями производства, распределения и использования энергоресурсов и возможных форм энергетического рынка для каждого типа топлива и энергоносителя могут быть реализованы различные подходы к их ценообразованию (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Ценообразование в энергетике в условиях рыночной экономики

Вид ресурса	Тип рынка	Виды цен и принципы их формирования	Роль государства
1	2	3	4
Электро-энергия	Регулируемый монопольный	Территориальный дифференцированный тариф, устанавливается на основе нормативных расчетных цен. Тариф на межсистемные перетоки дополнительно включает издержки на межсистемные поставки электроэнергии	Устанавливается специальной региональной комиссией. Утверждается централизованной межрегиональной комиссией
Тепло-энергия	Регулируемый монопольный	Тариф дифференцируется по отдельным производственным объединениям и системам и устанавливается на основе расчетных цен с возможностью их ограничения	Утверждается централизованно
Нефть	Регламентируемый конкурентный	Цены формируются с учетом прогнозных оценок спроса, ограниченности природных запасов, структуры нефтяного баланса и динамики ожидаемых затрат на добычу	Государственное регулирование нефтяного рынка для обеспечения выбранной стратегии развития отрасли
Газ	Регламентируемый конкурентный	Цены устанавливаются на основе замыкающих затрат с учетом высокой конкурентоспособности газа и общей стратегии развития ТЭБ	Централизованное регулирование в случаях, когда газ выступает в качестве монопольного незаменимого продукта
Уголь энергетический, заменяемый природным газом и мазутом	Регламентируемый конкурентный	Цены устанавливаются по маркам угля с учетом цен на заменяемое сырьё	Централизованное установление цен на основе прямых договоров

1	2	3	4
Уголь энергетический, не заменяемый другими ресурсами	Регламентируемый монопольный	В основе цены лежат нормативные расчетные цены, обеспечивающие угольному объединению нормативную остаточную прибыль	Устанавливается прямыми связями между поставщиком и потребителем
Промежуточные продукты переработки углей	Патерналистский или свободный	Цены договорные или поощрительные льготные	Государственное регулирование с выплатой дотаций (субсидий, снижение налоговых отчислений и т.п.)

Сочетание форм централизованного и децентрализованного рынка и соответствующих видов цен в энергетике выполняет функцию государственного регулирования и обеспечивает рациональную конкуренцию энергоресурсов, отвечающую принятой стратегии формирования топливно-энергетического баланса.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите достоинства и недостатки тепловой энергетики.
2. Каковы эколого-экономические характеристики атомной энергетики?
3. Каковы эколого-экономические характеристики гидроэнергетики?
4. Какие существуют требования к энергоресурсам, организации производства и продукции в малоотходной технологии
5. Проведите сравнительную характеристику использования альтернативных источников энергии и заполните таблицу

Наименование источника энергии	Способ получения энергии	Географическое местоположение (страна, область)	Мощность, МВт	Экологическая характеристика		Экономическая характеристика	
				достоинства	недостатки	достоинства	недостатки

6. Охарактеризуйте ценообразование на рынке энергетических ресурсов

ГЛАВА 5. МАЛО- И БЕЗОТХОДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА

Дальнейшее устойчивое развитие производства и связанное с ним решение проблемы охраны окружающей среды должны базироваться на новом подходе – переходе от технократических аспектов на экологические. Его принципиальная новизна обусловлена невозможностью эффективно решать проблемы охраны среды и рационального использования природных ресурсов только путем развития методов переработки, обезвреживания и захоронения отходов в условиях экспоненциального роста их объемов.

Анализ развития промышленности, масштабов и степени использования сырья, а также динамики образования и накопления отходов и их влияния на окружающую среду убедительно показал необходимость нового ресурсосберегающего, экологически и экономически обоснованного подхода и организации промышленного производства – безотходного производства.

Под **безотходной технологией** понимается практическое применение знаний, методов и средств для обеспечения в рамках потребностей человека наиболее рационального использования природных ресурсов и энергии и защиты окружающей среды. Это экологическая стратегия промышленного и сельскохозяйственного производства, позволяющая получить продукты при малом количестве или в перспективе без отходов. Такая технология должна обеспечить:

- 1) комплексную переработку сырья с использованием всех его компонентов;
- 2) создание и выпуск новых видов продукции с учетом требований повторного её использования;
- 3) переработку отходов производства и потребления продукции без нарушения экологического равновесия;
- 4) использование замкнутых систем промышленного водоснабжения;
- 5) создание в перспективе безотходных производственных комплексов.

В западно-европейских промышленных кругах такую технологию называют чистой, под ней понимают совокупность мер, направленных на снижение до минимума расхода сырья и энергии, а также количество образующихся при этом веществ, загрязняющих окружающую среду.

Разработка и внедрение новейших технологий дает возможность значительно уменьшить антропогенные воздействия на природную среду. Например, порошковая металлургия способствует созданию материалов с особыми свойствами, уменьшает потери сырья и увеличивает коэффициент использования металла в 2-3 раза. Новый способ окраски автомобилей в электростатическом поле позволил сократить потери краски и существенно уменьшить загрязнение воздушного бассейна. Важную роль играет и переработка отходов, что весьма выгодно экономически.

5.1. Концепция и принципы безотходного производства

Развитие представлений об окружающей среде и рациональном природопользовании, а также практические задачи создания и внедрения безотходных производств сделали необходимым уточнение их понятия. В настоящее время «**безотходная технология**» – это способ производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс), при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле: сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы, таким образом, чтобы любые воздействия на окружающую среду не нарушали её нормального функционирования.

Здесь важно обратить внимание на три основных положения. Во-первых, подчеркивается необходимость использования сырьевых ресурсов в цикле, включающем и среду потребления. Это означает, что замкнутым такой цикл может быть только на уровне территориально-производственного комплекса (ТПК), то есть в формулировке уже заложен принцип кооперации производств и региональный подход. Отсюда безотходное производство должно быть практически замкнутой системой, организованной по аналогии с экосистемами. В них продукт жизнедеятельности одних организмов потребляется другими и в целом осуществляется саморегулирующийся биогеохимический круговорот веществ. Основу производства составляет сознательно организованный и регулируемый человеком техногенный круговорот сырья, продукции и отходов.

Во-вторых, обязательным положением безотходного производства является включение в него всех компонентов сырья. При этом должно быть обеспечено максимально возможное использование энергетического потенциала. Здесь также наблюдается прямая аналогия с природными экосистемами. Будучи практически замкнутыми, они, пропуская через весь цикл солнечную энергию, поглощают её, трансформируют и излучают в космическое пространство. Таким же образом и безотходное производство практически замкнуто, но не изолировано. Вместе с тем, исходя из второго закона термодинамики, сложно организовать практическую реализацию безотходного производства, поскольку энергию нельзя полностью перевести в работу и сырьё целиком превратить в продукты производства и потребления. В пользу возможности воплощения такой идеи свидетельствует тот факт, что согласно закону сохранения вещества материя не исчезает и всегда может быть преобразована в ту или иную продукцию.

Количество отходов зависит преимущественно от ценности и опасности перерабатываемого сырья и культуры производства. Например, при переработке драгоценных массы количество отходов практически сведено к нулю. В то же время древесное сырье используется лишь наполовину.

Третьей составляющей частью концепции безотходного производства является сохранение или ненарушение нормального функционирования окружающей среды (сложившегося экологического равновесия), при котором оно не оказывает неблагоприятного воздействия на здоровье человека. Критерием качества окружающей среды считают в настоящее время предельно допустимые концентрации (ПДК) или рассчитанные на их основе предельно допустимые выбросы (ПДВ и ПДС), а в будущем предельно допустимые экологические концентрации (ПДЭК) или нагрузки (ПДЭН).

В широком смысле понятие «безотходная технология» касается не только технологических процессов, но и совокупности организационных и управленческих мероприятий, проектных и научно-исследовательских работ. Она охватывает и сферу потребления продукции, которая после утраты потребительских свойств в результате физического или морального износа должна возвращаться в сферу производства или переводиться в экологически безопасную форму.

Создание безотходных производств – длительный процесс, требующий решения сложных взаимосвязанных технологических, экономических, организационных, психологических и других задач. По этой причине их промежуточным звеном в практическом воплощении служат малоотходные технологии.

Под малоотходным понимается такой способ производства продукции, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами; при этом по техническим, организационным, экономическим или другим причинам часть сырья или материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение. Этот термин из-за своей неопределенности вызывает обоснованные возражения.

Отсюда **безотходным** называется такое **производство**, в котором исходное сырье целиком превращается в продукцию. Однако реально существующие предприятия производят и долго будут производить значительное количество отходов. Поэтому переработка и ликвидация отходов как самостоятельное технологическое направление тесно смыкается с организацией мало- и безотходных производств. Важно уточнить, что главное в безотходном производстве не переработка отходов, а такая организация процесса, в котором при переработке сырья использовались бы все его компоненты. Необходимо устранить не следствие, а причину образования отходов. При этом недоиспользованные компоненты должны быть сведены к минимуму (малоотходное) или вообще исключены (безотходное производство). Переработка отходов потребления является обязательной частью последнего производства.

Актуален вопрос, что такое безотходное производство – красивая идея или реальность. Опыт промышленно развитых стран показывает тенденцию достижения таких производств. Все отрасли развиваются в направлении ресурсосберегающего способа переработки сырья и

получения продукции. Вместе с тем безотходная технология – это идеальная модель производства, которая пока не реализована в полной мере. В связи с тем, что в разных странах уже используются различные формы стимулирования, разработки и внедрения безотходных технологических процессов, особую важность представляет количественная оценка приближения производства к безотходному, то есть критерий отнесения его к категории безотходных, малоотходных или рядовых (традиционных).

В основу критериев, ограничивающих вредное воздействие производства на среду, положены существующие санитарно-гигиенические нормативы – предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ, предельно допустимые выбросы (ПДВ) в атмосферу и предельно допустимые сбросы (ПДС) в водоемы. Последние измеряются во времени для каждого источника организованного выброса или сброса. При этом поступление вредных веществ от данного источника и от всех источников района с учетом дальнейшего развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмо- и гидросфере не должно создавать концентрации, превышающей предельно допустимую. В первую очередь предприятия должны выполнять санитарно-гигиенические требования, поскольку экологические нормативы пока не разработаны. Первые из них касаются здоровья человека, вторые, более жесткие, – экосистемы в целом.

Второй по значимости количественной оценкой безотходности производства считается степень использования в технологических процессах сырья и материалов. Универсального критерия нет, но в ряде отраслей страны уже введены соответствующие показатели. Так, в цветной металлургии используется коэффициент комплексности – доля компонентов, извлекаемых из сырья по отношению ко всему количеству. В ряде производств его величина достигает 80 %. В угольной промышленности действует коэффициент безотходности производства (%):

$$K_o = 0,33(K_T + K_{ж} + K_G),$$

где K_T , $K_{ж}$, K_G – соответственно коэффициенты использования образующихся при проведении работы породы, попутно забираемой воды и пылегазовой смеси, %. Для этой отрасли установлено, что производство является безотходным, если коэффициент превышает 75 %. В случае использования наряду с образующейся породой отвалов прошлых лет коэффициент безотходности может быть более 100 %.

В химической промышленности также введен коэффициент безотходности, разработана и реализована специальная методика его определения и отнесения соответствующих технологических процессов к категории безотходных, малоотходных или рядовых. Он характеризует

полноту использования материальных и энергетических ресурсов, а также интенсивность воздействия производства на окружающую среду.

$$K_B = fK_M K_{\text{Э}} K_a,$$

где K_B – коэффициент безотходности; $0 \leq K \leq 1$; f – коэффициент пропорциональности (определяется эмпирически); K_M и $K_{\text{Э}}$ – коэффициенты полноты использования материальных и энергетических ресурсов; K_a – коэффициент соответствия экологическим требованиям.

Разработанная методика предназначена для оценки коэффициента использования материальных ресурсов. По его величине с учетом мощности предприятия осуществляется отнесение его к соответствующей категории (рис. 5.1).

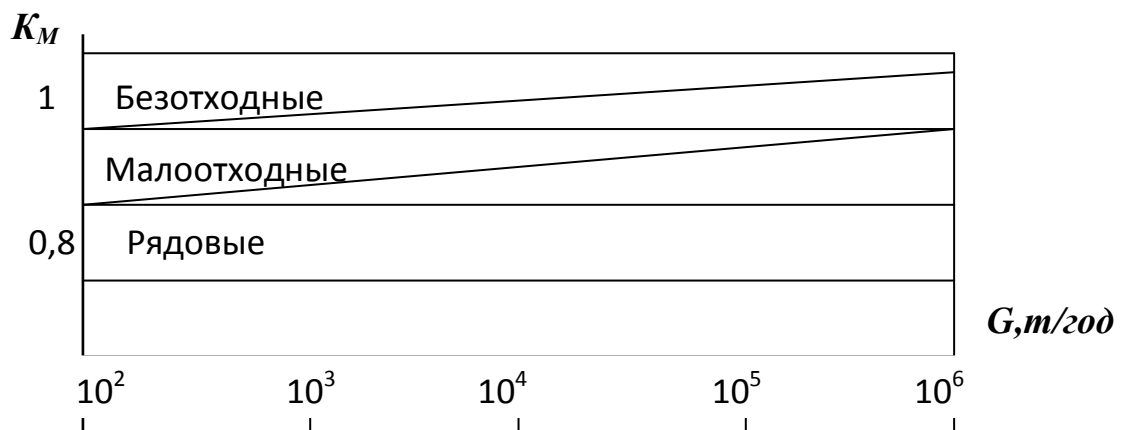


Рис.5.1 Распределение производств по категориям в зависимости от коэффициента полноты использования материальных ресурсов (K_M) и его мощности (G)

В соответствии с методикой к малоотходным относятся производства с K_M , равным не менее 0,8-0,9, к безотходным – 0,90-0,98. При этом поступление в окружающую среду газовых выбросов, сточных вод и твердых отходов не должно превышать санитарно-гигиенические нормы. Для практических целей значение безотходности, равное 75-90 %, принимается в качестве критерия малоотходного, а 90-98 % — безотходного производства и в других материалоемких отраслях. При этом важно учитывать токсичность отходов путем введения соответствующих коэффициентов, и в любом случае их поступление должно соответствовать ПДК.

Для разработки и внедрения безотходных производств выделяется ряд взаимосвязанных принципов. Основной из них *принцип системности*. Это означает, что каждый отдельный процесс или производство рассматривается как элемент динамической системы – всего промышленного

производства в регионе (ТПК) и на более высоком уровне как элемент эколого-экономической системы в целом. Кроме материального производства и другой хозяйственной деятельности, она включает природную среду (популяцию, атмосферу, биосферу, ландшафты и т.д.), а также человека и среду его обитания. Принцип системности должен учитывать существующую и усиливающуюся взаимосвязь и взаимозависимость производственных, социальных и природных процессов.

Другим важным принципом создания безотходного производства является *комплексность* использования ресурсов. Он требует максимального использования всех компонентов сырья и энергоресурсного потенциала. Практически все сырье комплексное, и в среднем не менее трети массы составляют сопутствующие элементы, которые могут быть утилизированы лишь при комплексной переработке. Так, уже сейчас почти всё серебро, висмут, платина и платиноиды, а также 20 % золота получают попутно при переработке различных руд. Принцип комплексного использования сырья в России возведен в ранг государственной задачи. Конкретные формы его реализации в первую очередь зависят от уровня организации безотходного производства на стадии отдельного процесса производства и эколого-экономической системы.

Серьезным принципом создания безотходного производства служит *цикличность материальных потоков*. К простым примерам таких потоков относятся замкнутые водо- и газооборотные циклы. В конечном итоге его последовательное применение должно привести к формированию сначала в отдельных регионах, а затем и во всей техносфере сознательно организованного и регулируемого техногенного круговорота вещества и связанных с ним превращений энергии. Эффективными путями формирования циклических материальных потоков и рационального использования энергии могут служить комбинирование и кооперация производств, создание ТПК, а также разработка и выпуск новых видов продукции с учетом требования её повторного использования.

Значительную роль при создании безотходных производств играет *требование ограничения воздействия производства на окружающую природную и социальную среду* с учетом планомерного и целенаправленного роста его объемов и экологического благополучия. Этот принцип, прежде всего, связан с сохранением таких ресурсов, как атмосферный воздух, вода, поверхность земли, рекреационные ресурсы, здоровье населения. Его реализация осуществима лишь в сочетании с эффективным мониторингом, развитым экологическим нормированием и многозвенным управлением природопользованием.

К общим принципам создания безотходного производства относится также *рациональность* его организации. Здесь определяющими являются требования разумного использования всех компонентов сырья, максимального уменьшения энерго-, материало- и трудоемкости

производства и поиск новых экологически обоснованных технологий. С ними во многом связано снижение негативного воздействия на среду и нанесение ей ущерба, включая смежные отрасли хозяйства. Конечная цель – оптимизация производства одновременно по энерготехнологическим, экономическим и экологическим параметрам. Главным путем достижения цели служит разработка новых и усовершенствование существующих технологических процессов и производств. Примером такого подхода стала утилизация пиритных огарков – отходов производства серной кислоты, которые перерабатываются на цементных предприятиях. Вместе с тем при этом пропадают ценные компоненты огарков – медь, железо, серебро, золото и т.д. В настоящее время разработана экологически выгодная технология с получением меди, благородных металлов и последующим использованием железа.

Анализ таких работ указывает на необходимость выделения основных направлений создания мало- и безотходных производств. К ним относится комплексное использование сырьевых и энергетических ресурсов, усовершенствование существующих и разработка принципиально новых технологий и оборудования, внедрение водо- и газооборотных циклов (на базе эффективных газо- и водоочистных методов), кооперация производства с использованием одних производств в качестве сырья для других и создания безотходных ТПК.

При совершенствовании существующих и разработки новых технологических процессов необходимо соблюдение общих требований:

- осуществление производственных процессов при минимально возможном числе технологических стадий и аппаратов, поскольку на каждом из них образуются отходы и теряется сырьё;
- применение непрерывных процессов, позволяющих наиболее эффективно использовать сырьё и энергию;
- увеличение единичной мощности агрегатов;
- интенсификация производственных процессов, их оптимизация и автоматизация;
- создание энерготехнологических процессов. Сочетание энергетики с технологией позволяет полнее использовать энергию химических превращений, экономить энергоресурсы, сырьё и материалы и увеличивать производительность агрегатов. Примером таких производств служит многотоннажное производство аммиака по энерготехнологической схеме.

При организации безотходных производств большое значение имеет кооперирование предприятий различных отраслей промышленности, промышленных предприятий с замыканием цикла и получением большого ассортимента товарной продукции.

5.2. Оптимизация производства

Организация мало- и безотходных процессов, производств и ТПК носит сложный многостадийный и многоуровневый характер. При этом каждый из аспектов решения выдвигает свои условия.

В случае технологического процесса они следующие:

- разработка принципиально новых процессов, при внедрении которых существенно снижается или исключается образование отходов и их отрицательное воздействие на среду;
- комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное – энергетического потенциала;
- безводные методы обогащения и переработки сырья на месте добычи;
- окислительно-восстановительные технологии с применением кислорода, водорода, озона, электрического тока и т.д.;
- использование в технологии сверхвысоких давлений, температур, эффекта сверхпроводимости, плазменных процессов;
- замена процессов с использованием химических реагентов, таких как очистка поверхности, механическими;
- внедрение для разделения и выделения ценных и высокотоксичных веществ мембранных, ионообменных, экстракционных методов;
- максимальная замена первичных сырьевых ресурсов вторичными;
- внедрение непрерывных и энерготехнологических процессов.

При аппаратурном оформлении важны:

- разработка принципиально новых высокоэффективных аппаратов, совмещающих в себе несколько технологических операций;
- оптимизация размеров, герметичности и производительности;
- использование новых конструкционных материалов, повышающих долговечность аппаратов и снижающих их массу, размеры.

Для эффективного использования сырья, материалов и энергоресурсов необходимы:

- обоснованность их качества, в частности не более высокого, чем это требуется для конкретного процесса;
- предварительная подготовка сырья и топлива;
- замена высокотоксичных материалов, таких как ртуть, кадмий и т.д., на менее токсичные;
- возможность замены сырья и энергоресурсов на нетрадиционные, местные.

Готовая продукция должна обеспечивать:

- 1) безвредность и длительность использования;
- 2) реутилизацию отработанной продукции в производственный цикл после физического или морального износа;
- 3) биоразложение отходов после попадания в окружающую природную среду;

4) удобство использования, ремонта и т.п.

В организации производства ключевым, как уже отмечалось, является принцип системности, учитывающий взаимозависимость производственных, природных и других процессов. Примером может служить создание замкнутых водооборотных систем. Ранее при проектировании водоснабжения использование воды в производстве и очистка сточных вод рассматривались отдельно. Сейчас водоподготовка, использование и очистка воды рассматриваются одновременно с основными технологическими процессами. Образующиеся при очистке сточных вод осадки перерабатывают в продукцию или выделяют как вторичное сырьё. Серьёзно изменился и взгляд на качество воды, используемой для технологических целей. Раньше она потреблялась из обычных источников и после использования обычно сбрасывалась в водоёмы, позднее – в очистные сооружения. Вместе с тем нет необходимости для многих процессов применять питьевую воду, достаточно использовать бывшую в употреблении. В связи с этим при создании замкнутых систем стала важной разработкой научно обоснованных требований к качеству воды для конкретных технологических операций и рациональное, многократное её использование.

Совершенствование производства, заключающееся в изменении параметров режима работы, принципов осуществления процессов и т.п., направлено на снижение издержек при сохранении и улучшении показателей продукции. Оно может осуществляться по трем направлениям: изменение параметров эксплуатации оборудования (простое решение), оборудования (сложное) и принципов технологии (комплексное). Влияние технологических решений на окружающую среду проявляется по девяти направлениям: использование сырья и энергии, выбросы и сбросы, отчуждение земли, шумовое, тепловое и радиационное воздействие, превращение ресурсов в технологическом процессе. При внедрении простого решения необходимо учитывать изменения по конкретным направлениям, сложных и комплексных – по всем аспектам.

Оценка предпочтительности вариантов осуществляется по значениям ряда специфических показателей: коэффициентов полезного использования сырья и энергии, производительности природных ресурсов и удельному ущербу окружающей среде. Коэффициент полезного использования сырья (КИС) представляет собой отношение массы готового продукта к сырью в целом или его отдельным составляющим. Этот показатель дополняется коэффициентами безвозвратных, временных и условных потерь сырья. К первому из них относятся потери, обусловленные технологией процесса: угар, не подлежащие переработке отходы. Второй – учитывает долю отходов, складываемых в отвалах из-за экологической нецелесообразности их переработки в данный период. Коэффициент условных потерь оценивает вклад вещества в отходах, передаваемых для дальнейшего использования.

Коэффициент полезного использования энергии (КИЭ) определяется как отношение теплосодержания, теоретически необходимой для протекания процесса, и общего количества затраченного для этой цели топлива. При анализе его структуры исходят из баланса энергии, её прихода и расхода.

Под производительностью природных ресурсов понимают интенсивность их использования. Значение показателя вычисляют как выход продукции на единицу отчуждаемой территории, сырья, энергии, массы и энергетической мощности оборудования.

Удельный ущерб среде определяют отношением его величины к суммарному выпуску продукции за соответствующий период. При его нахождении учитывают как нормативные показатели, так и возникновение аварийных ситуаций. Показатели экологического предпочтения вариантов решения удобно объединять в экологический профиль, позволяющий наглядно сравнивать предлагаемые варианты технологий. Вместе с тем экологический анализ вариантов технологического решения служит лишь дополнительным показателем. Он не заменяет традиционный экономический расчет.

Нередко принятие технологического решения требует полной или частичной замены всего комплекса предшествующих и последующих операций или даже производств. Так, конверторное производство находится в единой технологической цепи с доменным и кислородным, а непрерывная разливка стали, вытесняя блюминги и слябинги, делает ненужными обеспечивающие их энергетические и ремонтные базы. Замена металла пластмассами вытесняет доменные и добывающие хозяйства. Отсюда при оценке технологического решения необходимо принимать во внимание смежные процессы, для выявления которых формируется зона влияния. За ее пределами не должно ощущаться давление внедряемого технологического решения.

В завершение следует ещё раз подчеркнуть, что главное в мало- и безотходном производстве не утилизация отходов, а организация процессов переработки сырья таким образом, чтобы отходы не образовывались в самом производстве. Их надо рассматривать как часть по тем или иным причинам не- или недоиспользованного сырья – полуфабрикаты, бракованная продукция, осадки, шламы, не утилизируемые в данный период времени и поступающие в окружающую среду. Однако во многих случаях они могут служить сырьем для других производств. Ряд специалистов предлагает термин «отходы» заменить термином «продукция незавершенного производства».

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое безотходное производство?
2. Охарактеризуйте возможности снижения отходов на предприятиях ЛХК.
3. Назовите принципы малоотходной технологии.
4. Перечислите требования к технологии и оборудованию в малоотходной технологии.

ГЛАВА 6. ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ БИОСФЕРЫ

Загрязнение – это привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, несвойственных для нее физических, химических и биологических веществ и агентов, оказывающих вредное влияние на человека и природные экосистемы. Объектами загрязнения служат все составляющие части биосферы: атмосфера, гидросфера, литосфера, растительность, разнообразные живые организмы. В качестве их источников выступают промышленные предприятия, теплоэнергетический комплекс, бытовые и сельскохозяйственные отходы, транспорт, пестициды и т.д. Поллютантами служат сотни тысяч химических соединений, среди которых многие токсиканты и канцерогены.

Загрязнители разделяются на естественные и антропогенные:

- Естественные источники загрязнения атмосферы – вулканизм, лесные пожары, пыльные бури, выветривание и прочее.
- Антропогенные загрязнители связаны с трудовой деятельностью людей. Часть из них разрушается в ходе биологических процессов, входит в естественные круговороты и уничтожается биологическими агентами. Другая их часть, более стойкая, не подвергается разрушению и нередко участвует в пищевых цепях.

Антропогенные загрязнения подразделяют на три основных типа: физические, химические и биологические (рис. 6.1).

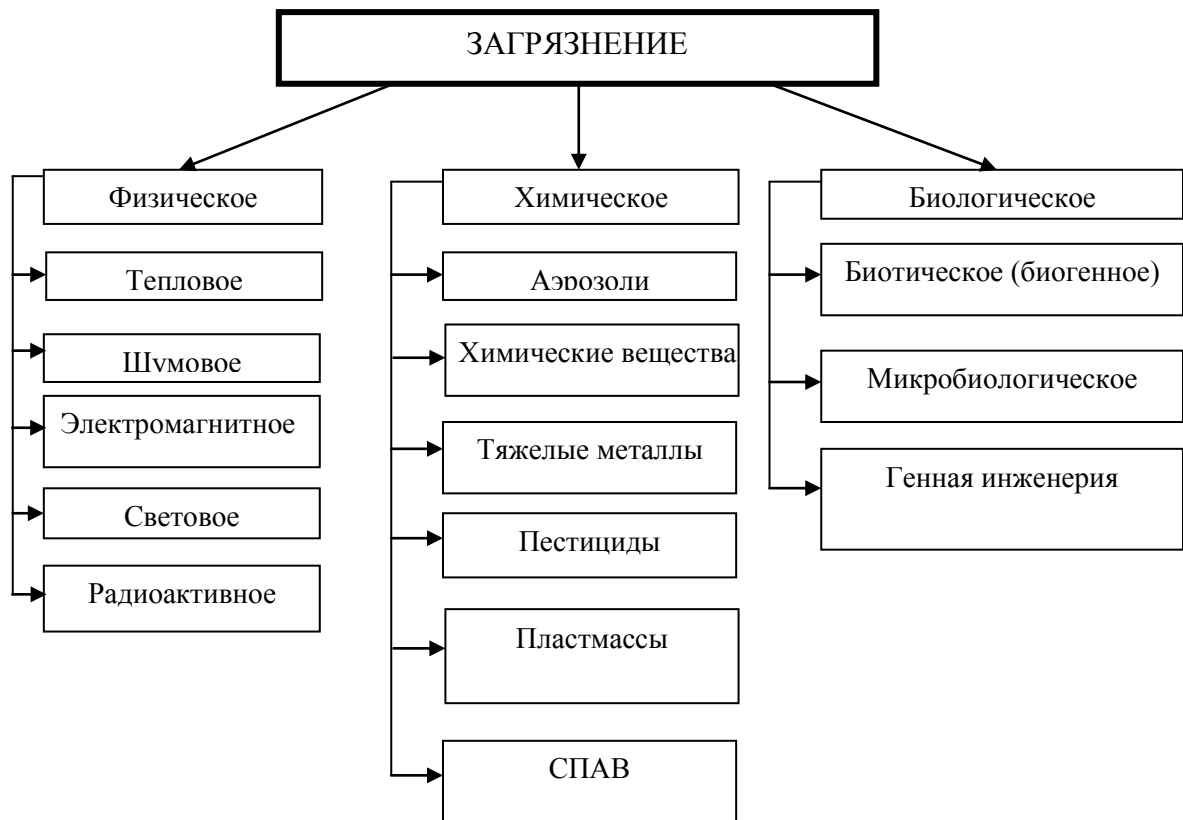


Рис. 6.1. Основные типы загрязнения окружающей среды

6.1. Классификация загрязнения

Первая классификация загрязнения связана с изменением физических, температурно-энергетических, волновых и радиационных параметров, с засорением среды без физико-химических последствий.

Физическое загрязнение подразделяют:

- на тепловое, обусловленное повышением температуры среды, в основном в связи с промышленными выбросами нагретого воздуха, газов и воды;
- на световое, вызываемое нарушением естественной освещённости местности в результате воздействия искусственных источников света, приводящего к аномалиям;
- на шумовое, связанное с повышением интенсивности и повторяемости шума сверх естественного уровня;
- на электромагнитное, проявляющееся при изменении электромагнитных свойств среды от работы промышленных установок и т.д. Оно может привести к аномалиям и изменениям в структурах;
- на радиоактивное, превышающее естественный уровень этих веществ.

Химическое загрязнение связано с увеличением насыщенности среды химическими соединениями или проникновением в нее веществ, несвойственных ей или в более значительных концентрациях. Оно считается наиболее опасным для человека и природных экосистем. В настоящее время их количество оценивается в 7,0-8,6 млн веществ с ежегодным его пополнением в 250 тыс. новых компонентов. Многие из них являются канцерогенами и мутагенами, среди которых особенно опасны 200 продуктов: бензол, асбест, бензопирен, пестициды, тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий), некоторые красители и пищевые добавки. По оценкам экспертов ВОЗ, в мире около 600 млн человек проживают в атмосфере с повышенной концентрацией сернистого газа и более 1 млрд – с вредной концентрацией взвешенных частиц.

Биологическое загрязнение рассматривается как случайное или связанное с антропогенной деятельностью проникновение в используемые экосистемы и технологические устройства чуждых им растений, животных или микроорганизмов. Наиболее существенно загрязняют среду предприятия промышленного биосинтеза, в выбросах которых присутствуют живые клетки микроорганизмов, способные развиваться в органах человека. К ним относятся производства, вырабатывающие антибиотики, ферменты, вакцины, кормовой белок, биоконцентраты и т.д. Биологическое загрязнение – это также интродукция или чрезмерная экспансия живых организмов. К нему относятся, например,

культивирование картофеля в Европе, мощное развитие водорослей в искусственных водоёмах, повышение численности синантропных животных.

Воздействие **радиоактивного излучения** крайне вредно для растений, животных и человека. Вероятным результатом его поражения может стать лучевая болезнь или нарушение генетического развития. Источниками появления искусственной радиации служат предприятия, использующие соответствующие материалы и аппаратуру; аварии на ядерных установках атомных станций, подводных и надводных судов; транспортировка, переработка и захоронение радиоактивных отходов.

В большинстве стран, имеющих атомную энергетику, в соответствии с общепризнанной концепцией обращения с радиоактивными отходами эксплуатируются или разрабатываются сооружения для окончательной изоляции (захоронения) кондиционированных радиоактивных отходов, образующихся на объектах использования атомной энергии⁹². Мировой опыт захоронения короткоживущих низко- и средне активных отходов представлен сооружениями приповерхностного типа: наземными и заглубленными. Для захоронения высокоактивных отходов разрабатываются сооружения в глубоких геологических формациях.

Наземные пункты захоронения радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности, содержащих короткоживущие радионуклиды эксплуатируются в Испании, Франции, проектируются в Бельгии и Литве. Заглубленные пункты захоронения эксплуатируются в Швеции, Финляндии, Германии, проектируются в Бельгии, Швейцарии и других европейских странах.

В Российской Федерации вопрос создания пунктов захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) для короткоживущих низко - и средне активных радиоактивных отходов, образующихся на объектах использования атомной энергии так или иначе, рассматривался с начала 1990-х годов.

Острота проблемы обращения с радиоактивными отходами заключается в том, что на сегодняшний день реализованы в промышленном масштабе только стадии переработки ЖРО, частично переработки ТРО и временного хранения как кондиционированных, так и не кондиционированных отходов. Технология хранения, осуществляемая по различным сценариям, иногда ведется по проектам 1960-х, 1970-х годов, часто без возможности извлечения отходов и не всегда отвечает современным требованиям безопасности. Заключительный этап обращения с РАО – их захоронение – пока не доведен до промышленной реализации. Сложившаяся в России практика строительства для отходов низкого и среднего уровней активности новых очередей хранилищ, по мере

⁹²<http://www.rosrao.ru/wps/wcm/connect/rosrao/rosraosite/presscentre/Materials/7c40cf0049cfd9e9ba4df3d902053fb>

заполнения имеющихся, не является альтернативой захоронению, и позволяет только отложить этот вопрос, увеличивая количество объектов, требующих пристального внимания в ходе эксплуатации.

Стоит отметить, что фактически потребность во временных хранилищах для указанных категорий отходов обусловлена скорее не технологической необходимостью, а отсутствием ПЗРО.

По-видимому, серьёзным показателем, характеризующим положение в РФ, может служить 714 ядерных взрывов, в том числе сверхмощной водородной бомбы, в 1961 г. К весьма печальным последствиям привела и авария на Чернобыльской АЭС. О её масштабах свидетельствует сравнение с взрывом атомной бомбы над Хиросимой. Если в первом случае выделилось от 8 до 15 т продуктов деления, то во втором – 1,1 кг. В настоящее время на предприятиях атомной энергетики скопилось радиоактивных отходов общей емкостью 1,7 млрд Ки. Они хранятся в 227 хранилищах, из которых 81 законсервировано и 146 эксплуатируются.

Загрязнение – сложный процесс, сопровождающийся, как правило, выбросом отходов. Многие из них химически активны и способны взаимодействовать с тканями живого организма. Отрицательное влияние изменения среды на живые организмы получило название «экологической ловушки». Примером такой ловушки служит влияние некоторых пестицидов. Последним свойствен побочный негативный эффект, поскольку их применение в хозяйственных целях может привести к сильному загрязнению и нежелательным последствиям. Так, создание высокоэффективного ядохимиката для борьбы с вредителями растений – дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) – спасло урожай многих сельскохозяйственных культур и лесные насаждения, создавая помехи в экосистемах экологически вредным консументам, таким как энцефалитные клещи. Вместе с тем его препараты, помимо токсичности для теплокровных животных, способны также накапливаться в звеньях пищевых цепей. Известно, что при попадании в воду ДДТ в дозировке 0,014 часть/мл его содержание в планктоне 5,0, а в мышцах рыб – 221 часть/мл, то есть возросло в 10 тыс. раз.

При этом последствия загрязнения не всегда ощущаются сразу. Скачкообразным проявлениям загрязнения нередко предшествует скрытая фаза. В связи с этим важно изыскать способы своевременной косвенной индикации загрязнения в начале процесса. При этом понимается, что загрязнение не только выброс вредных веществ, но и изменение температурного режима, отклонение от оптимума уровней шума и освещенности.

Таким образом, загрязнение с экологических позиций представляет собой комплекс помех в экосистемах, воздействующих на потоки энергии и информации в пищевых и энергетических цепях. Эти помехи часто превышают адаптационные возможности организмов, определяемые экологическим стандартом. В этой связи антропогенные помехи, в отличие от естественных, ведут не к отбору, а к массовой гибели. Так, примером

такого загрязнения можно считать разрушение биогеоценозов при добыче ископаемых, осушении или эрозии почв. Источником помех служат также шахтные отвалы, в которых идут сложные процессы с выделением вредных веществ во все составляющие биосферы.

Подводя итоги, последствия загрязнений можно характеризовать следующим образом:

- 1) Загрязнение среды является негативным процессом, сопровождающимся потерей вещества, энергии, средств, приложенным к объектам труда, которые превращаются в отходы, рассеиваемые в биосфере.
- 2) Следствием загрязнения служит необратимое разрушение как отдельных экосистем, так и биосферы в целом и глобальных параметров среды.
- 3) Загрязнение атмосферы обуславливает потерю плодородия почв и снижение продуктивности систем.
- 4) Прямое или косвенное воздействие загрязнения окружающей среды ведет к ухудшению состояния человека как производительной силы общества.
- 5) Охрана окружающей среды от загрязнений является приоритетной задачей проблемы оптимизации природопользования и сохранения её качества.

Вместе с ростом численности населения и производства увеличивается объем производственных и бытовых отходов и выбросов в окружающую среду. Оно дополнительно возрастает с появлением опасных технологий, внедрением искусственных и синтетических материалов. Техногенные выбросы насчитывают сотни тысяч индивидуальных компонентов. Однако наиболее «многотоннажные» загрязнители малочисленны: твердые частицы, оксиды углерода, диоксид серы, окислы азота, различные летучие углеводороды, соединения фтора, сероводород, аммиак, хлор, фтористый водород.

В 2010 г.⁹³ определены 207 городов России (83 % городов, где проводились наблюдения; проживает 67,0 млн чел.) в которых средние за год концентрации какого-либо вещества превысили 1 ПДК: взвешенных веществ в 67 городах, бенз(а)пирена – в 164, диоксида азота — в 102, формальдегида — в 133. В Республике Башкортостан, Ленинградской, Мурманской, Нижегородской, Оренбургской, Ростовской, Сахалинской и Свердловской областях, Красноярском, Приморском и Ставропольском краях, Ханты-Мансийском автономном округе имеется 5–7 таких городов, в Московской и Самарской областях – 9, в Иркутской области – 14.

В июне – августе 2010 г. во многих регионах России установилась аномально жаркая погода, которая сопровождалась значительными лесными и торфяными пожарами. Это привело к усилению

⁹³ Государственный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году”

фотохимических реакций в атмосфере и, как следствие, увеличению концентраций вторичных веществ, формальдегида и диоксида азота. В результате количество городов, в которых среднегодовые концентрации формальдегида и диоксида азота превышали 1 ПДК, по сравнению с 2009 г. увеличилось на 4. В наибольшей степени аномальные погодные условия года сказались на росте уровня загрязнения воздуха в городах европейской территории России (ЕТР).

За 5 лет (2006-2010 гг.) количество городов со средними концентрациями какого-либо загрязняющего вещества (ЗВ) в воздухе выше 1 ПДК возросло незначительно, с максимальными концентрациями выше 10 ПДК увеличилось на 16. Количество городов со среднегодовыми концентрациями диоксида азота выше 1 ПДК за 5 лет не изменилось – 102 города в 2006 и 2010 гг. Количество городов, где среднегодовые концентрации взвешенных веществ превышали 1 ПДК, за 5 лет увеличилось на 3 (с 64 в 2006 г. до 67 в 2010 г.), с максимальными разовыми концентрациями выше 10 ПДК – на 2 (с 4 до 6). В 2010 г. среднегодовые концентрации формальдегида выше 1 ПДК наблюдались в 133 городах (в 2006 г. – 125), максимальные концентрации выше 10 ПДК – в 5 городах (в 2006 г. – 4). Количество городов со среднегодовыми концентрациями бенз(а)пирена выше 1 ПДК увеличилось за 5 лет на 4 (с 160 в 2006 г. до 164 в 2010 г.), с максимальными из средних за месяц концентрациями бенз(а)пирена выше 10 ПДК – на 16 (с 7 до 23 городов).

Общий характер тенденции среднегодовых концентраций взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода, оксидов азота и выбросов этих загрязняющих веществ за последние 5 лет показан на рис. 6.2–6.5.

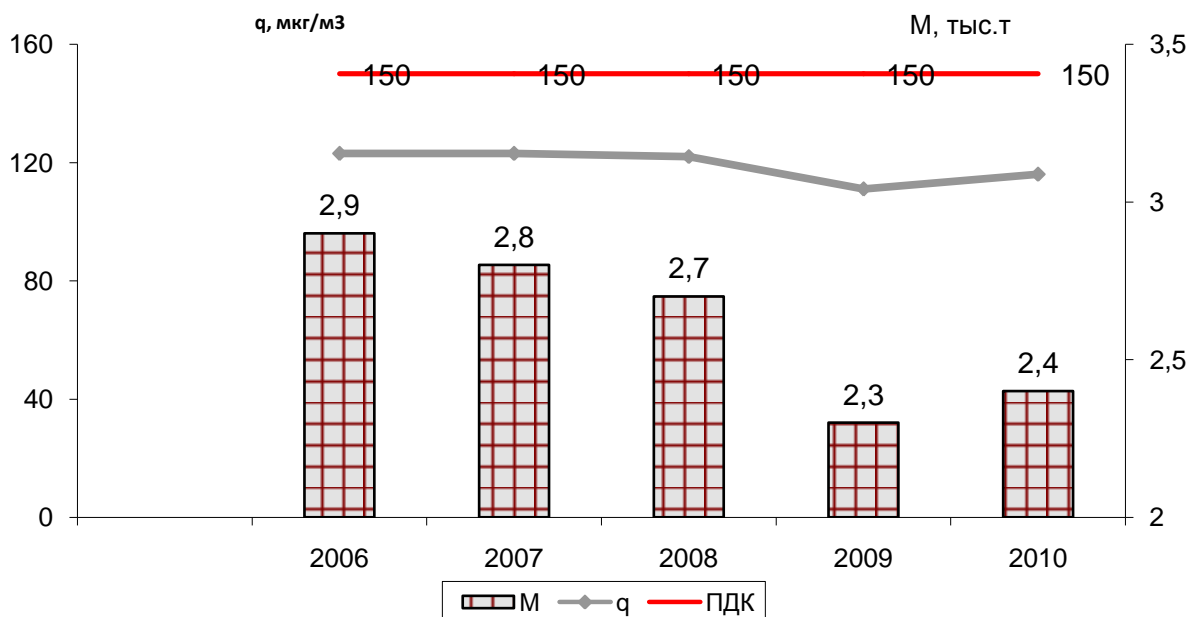


Рис. 6.2. Среднегодовые концентрации (q) взвешенных веществ и выбросы (M) твердых веществ от стационарных источников

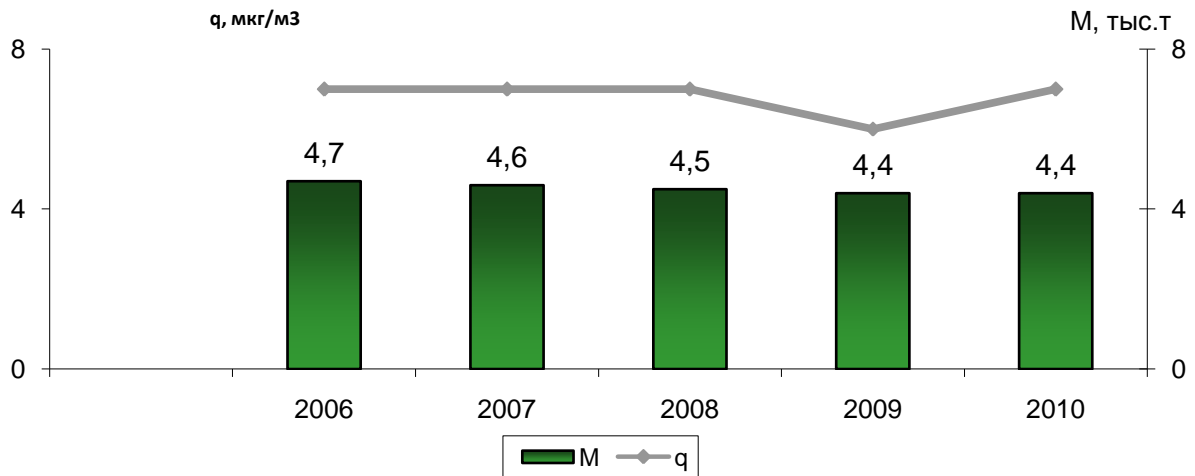


Рис. 6.3. Среднегодовые концентрации (q) и выбросы (M) диоксида серы от стационарных источников

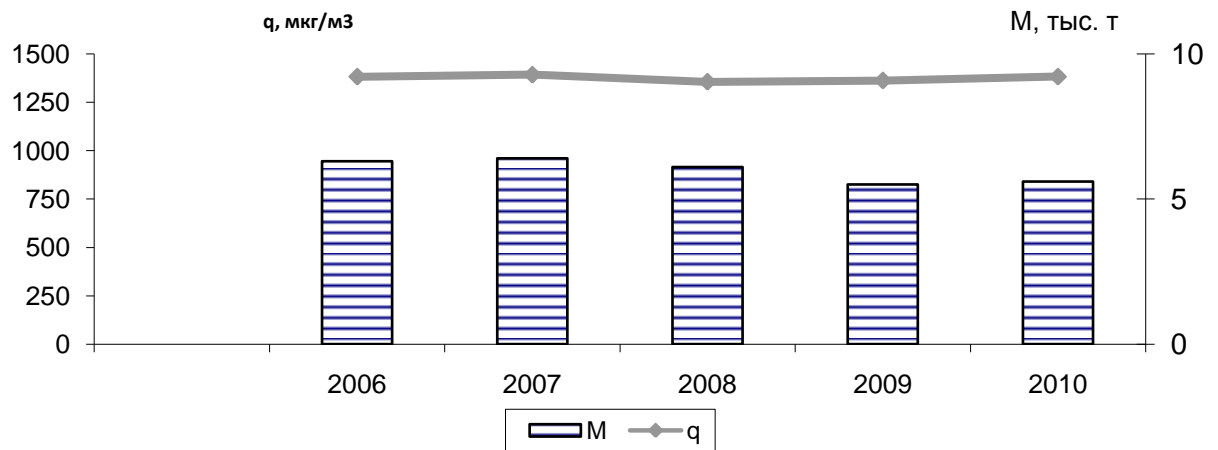


Рис. 6.4. Среднегодовые концентрации (q) и суммарные выбросы (M) оксида углерода

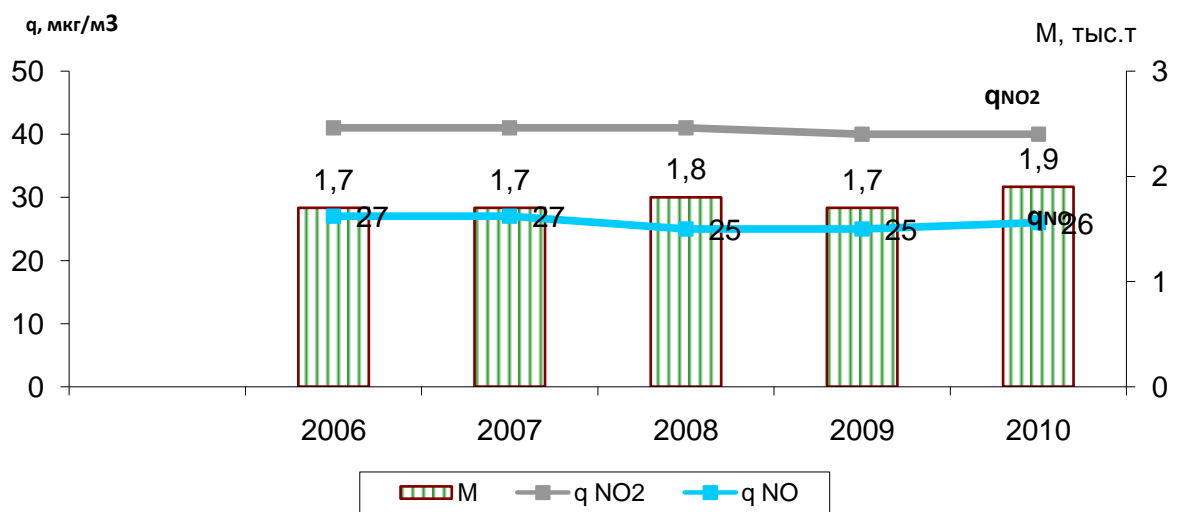


Рис. 6.5. Среднегодовые концентрации диоксида (q_{NO_2}) и оксида азота (q_{NO}) и суммарные выбросы (M) NO_x (в пересчете на NO_2)

Наибольшая загрязненность атмосферы в индустриальных регионах: в Северной Америке, Европе и Восточной Азии. Около 90 % поллютантов приходится на 10 % территории. Особенно значительны загрязнения воздушных бассейнов крупных промышленных городов. При неблагоприятных погодных условиях в связи с их высоким содержанием здесь образуются пылевые купола из токсичных смесей тумана, дыма, органических и неорганических соединений – смоги. С ними постоянно сталкивается население многих городов России и других стран. Лидером по валовым выбросам загрязнителей в нашей стране является Уральский экономический район.

Наличие в атмосфере оксидов серы и азота создает и другую серьезную негативную проблему – кислотные дожди. Они не только отрицательно влияют на природу, но и наносят ущерб экономике. Годовой ущерб от их воздействия на леса и сельское хозяйство ФРГ – 1,2, на озера Скандинавии и Шотландии – по 0,4, здания и памятники Италии – от 0,5 до 12,7 млрд долл. Ущерб причиняемый здоровью, сельскому и лесному хозяйству и зданиям в Польше оценивается в 10-20 % ВВП.

Существует также представление, что выбросы отрицательно влияют на верхние слои атмосферы, разрушая озоновый слой, что негативно сказывается на всем живом, в том числе и на человеке. Приводятся данные, что снижение содержания озона в стратосфере на 1 % вызывает повышение числа заболеваний раком кожи на 5 %. Считается, что по этой причине ежегодно заболевает до 10 тыс. человек. С целью сокращения этого в 1988 г. рядом стран подписан Монреальский договор, в соответствии с которым выпуск хлорфторорганических соединений к началу XXI в. должен был быть сокращен к минимуму.

К серьезным отрицательным последствиям в биосфере ведет парниковый эффект – постепенное потепление климата на планете в результате увеличения в атмосфере содержания антропогенных примесей. Пропуская солнечные лучи, они задерживают длинноволновое излучение с земной поверхности. Считается, что именно с этим явлением связано резкое отступление от традиционных многолетних показателей климата, учащение мощных засух, наводнений.

Ниже приведены оценки антропогенных выбросов и абсорбции (поглощения) парниковых газов (ПГ), не регулируемых Монреальским протоколом, за период 1990–2009 гг. Методической основой оценок служат соответствующие руководящие документы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) и руководящие документы по проведению национальных инвентаризаций парниковых газов, одобренные Рамочной Конвенцией ООН об изменении климата (РКИК ООН). В основу подхода МГЭИК положен расчетный метод оценки выбросов и поглощения, основанный на использовании данных о конкретных видах деятельности, приводящих к выбросам или к абсорбции ПГ. Основной объем исходной информации для расчетов по Российской Федерации получен из материалов статистической отчетности. Впервые выполнены

оценки антропогенных выбросов и абсорбции (поглощения) парниковых газов за 2009 г., а также уточнены оценки за 1990–2008 гг., которые были подвергнуты частичному пересмотру в результате учета рекомендаций Группы экспертов РКИК ООН по рассмотрению национальных кадастров парниковых газов, представленных согласно обязательствам по РКИК ООН и Киотскому протоколу. Согласно требованиям РКИК ООН и рекомендациям МГЭИК уточнение оценок и в дальнейшем будет проводиться ежегодно.

Сведения о выбросах и поглощении парниковых газов по секторам представлены в табл. 6.1 и на рис. 6.6. Группировка выбросов производилась по направлениям хозяйствования в соответствии с методологией МГЭИК (сектора МГЭИК не соответствуют отечественным отраслям экономики). В частности, к энергетическому сектору МГЭИК относит выбросы от сжигания всех видов ископаемого топлива, а также технологические выбросы и утечки топливных продуктов в атмосферу, независимо от того, в каких отраслях экономики они происходят.

Динамика выбросов в 1990–2009 гг. в основном определялась экономической ситуацией в стране, а также изменениями, происходившими в структуре потребления топлива. В период 1990–1998 гг. в Российской Федерации происходило общее уменьшение выбросов, затронувшее все секторы и обусловленное спадом производства.

Таблица 6.1

Выбросы парниковых газов по секторам (МГЭИК)

Сектор	Выбросы, тыс. т CO ₂ -экв.				
	1990	2000	2007	2008	2009
Энергетика	2 717 154	1 665 849	1 788 771	1 836 024	1 782 607
Промышленные процессы	257 523	166 706	191 009	180 696	158 359
Использование растворителей и другой промышленной продукции	562	523	541	544	545
Сельское хозяйство	317 287	149 062	137 659	142 832	142 375
Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство *	77 885	-421 492	-561 682	-592 804	-656 478
Отходы	58 651	56 367	70 805	71 781	75 385
Всего, без учета землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства	3 351 176	2 038 507	2 188 786	2 231 877	2 159 270
Всего, с учетом землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства	3 429 061	1 576 674	1 627 104	1 639 073	1 502 793

***Примечание:** Знак “минус” соответствует абсорбции (поглощению) парниковых газов из атмосферы.

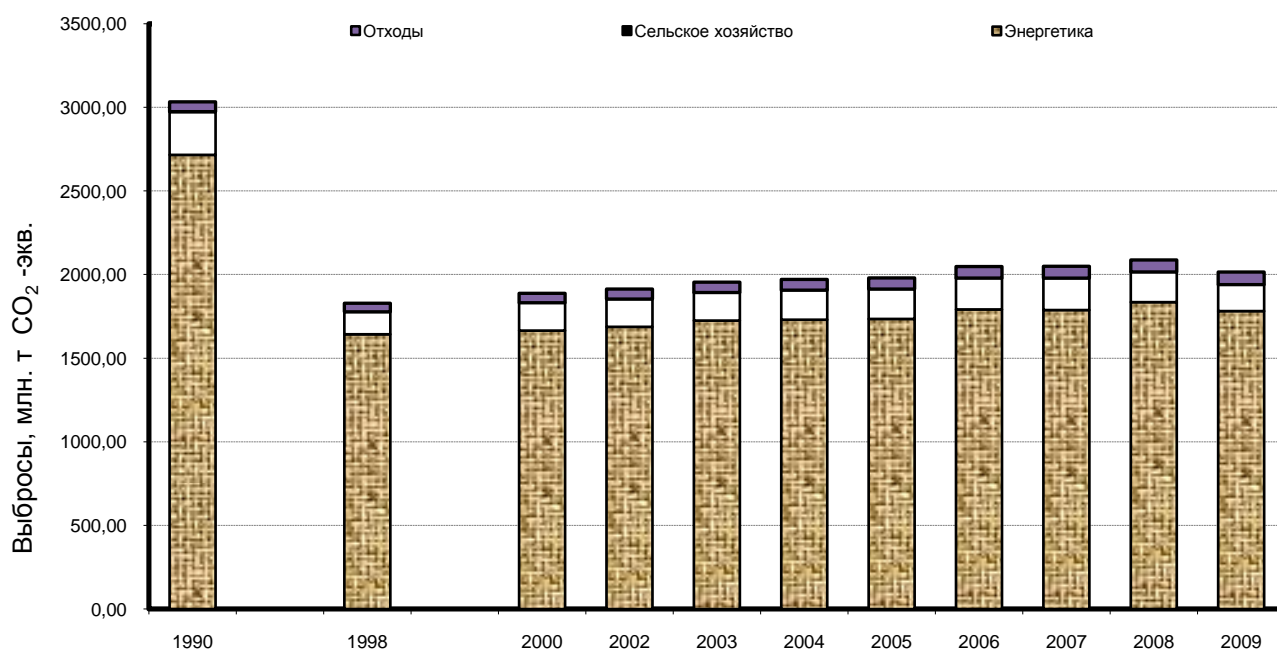


Рис. 6.6. Динамика выброса парниковых газов в атмосферу без учета землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства

После 1998 г., в период подъема экономики, происходившего как в сфере производства, так и в сфере потребления, выбросы в промышленности и энергетике увеличились, а выбросы, связанные с отходами производства и потребления, даже превзошли уровень 1990 г. – базового года РКИК ООН и Киотского протокола, превысив этот уровень в 2009 г. на 28,5 %. Однако, темпы увеличения выбросов в этот период существенно отставали от темпов роста ВВП, что связано как с некоторым общим повышением энергоэффективности, так и с происходившими в этот период структурными изменениями, в частности, с ростом доли непромышленного сектора в экономике страны. В 2009 г., под влиянием финансового кризиса, выбросы в ведущих секторах сократились по сравнению с уровнем предыдущего года (в энергетике на 2,9 %, в промышленности на 12,4 %, в сельском хозяйстве на 0,3 %). При этом выбросы, связанные с отходами, возросли на 5,0 %.

Для сектора “Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство” характерен тренд увеличения поглощения и снижения выбросов парниковых газов в период 1990–2009 гг., обусловленный ростом абсорбции CO₂ лесными экосистемами с 277,8 до 330,6 Мт С/год (что связано с более чем двукратным падением уровня лесопользования в начале 1990-х гг), сокращением площадей пахотных земель и переводом части неиспользуемых пашен в кормовые угодья. В табл. 6.1 приведены результирующие оценки потоков парниковых газов в данном секторе.

Совокупный выброс парниковых газов в России, без учета землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства,

составил в 2009 г. 2159,3 млн т CO_2 -экв., что соответствует 105,9 % выбросов 2000 г., или 64,4 % выбросов 1990 г.

Распределение выбросов ПГ по секторам за период 1990–2009 гг. не претерпело значительных изменений. По-прежнему доминирующую роль играют выбросы энергетического сектора, доля которых в совокупном выбросе (без учета землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства) в 2009 г. составила 82,6 %. Рис. 6.7 иллюстрирует изменение выбросов от сжигания различных видов ископаемого топлива в энергетическом секторе.

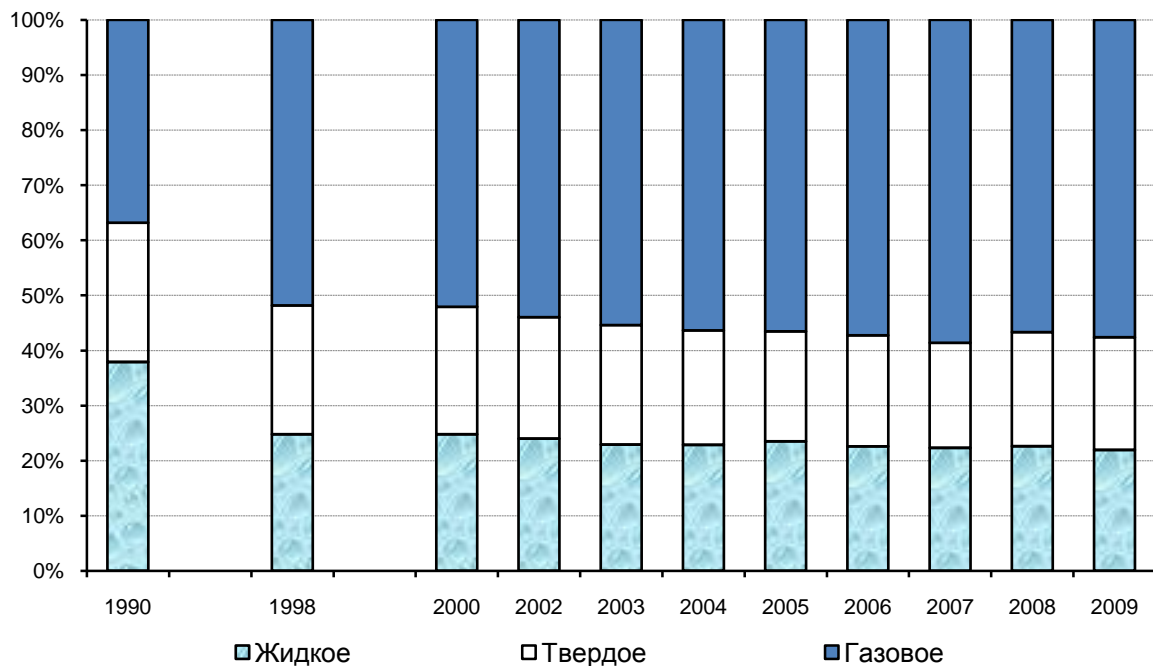


Рис. 6.7. Изменение вклада отдельных видов топлива в выброс CO_2 от сжигания ископаемого топлива

Вклад сектора промышленности в 2009 г. сократился по сравнению с предыдущим годом (8,1 %) в результате большей подверженности данного сектора воздействию экономического кризиса. Возрос вклад в совокупный выброс сектора обращения с отходами. Несколько уменьшилась доля сельскохозяйственного сектора (рис. 6.8.).

Вклад отдельных парниковых газов в их общий выброс (в эквиваленте CO_2) на территории России в 1990 г. и 2009 г. иллюстрирует рис. 6.9. Ведущая роль принадлежит CO_2 , основным источником которого служит энергетический сектор (в основном – сжигание ископаемого топлива). Отмечается увеличение доли CH_4 в общем выбросе. Некоторое уменьшение доли N_2O связано с сокращением использования азотных удобрений, обусловленным экономическим положением сельхозпроизводителей. Вклад фторсодержащих газов (F-газы) в совокупный выброс парниковых газов в целом невелик, несмотря на характерные для них высокие потенциалы глобального потепления.

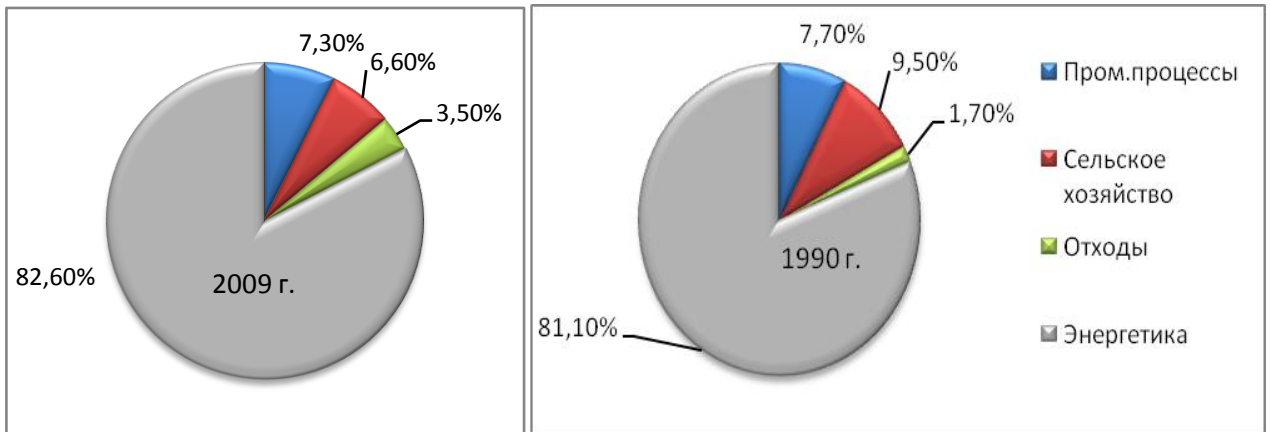


Рис. 6.8. Распределение общего выброса парниковых газов (CO₂-экв.) по секторам в 1990 и 2009 гг. (без учета сектора “Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство”)

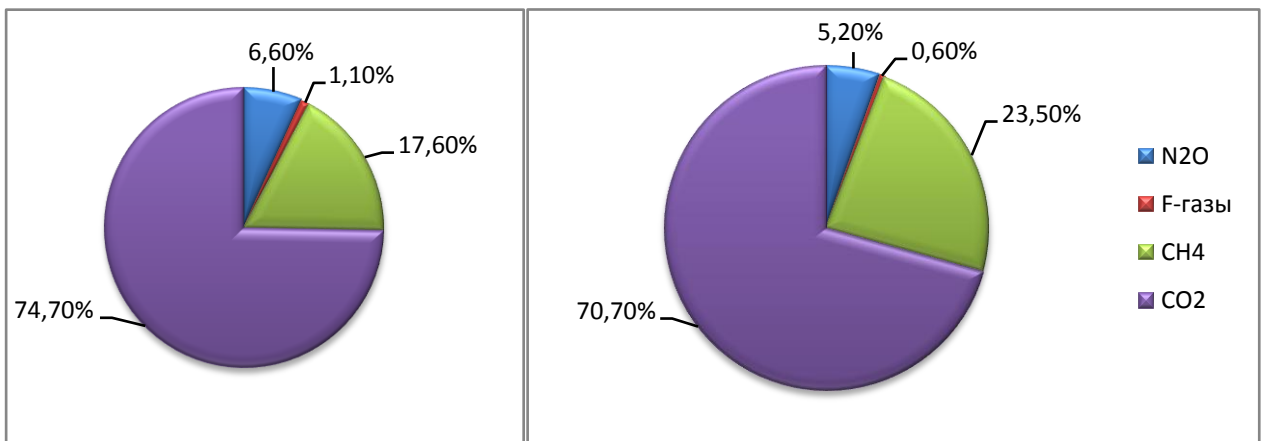


Рис. 6.9. Доля отдельных парниковых газов в их общем выбросе (CO₂-экв.) в 1990 и 2009 гг. (без учета сектора “Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство”)

Россия занимает невыгодное положение по отношению к трансграничным переносам загрязнителей. В связи с преобладанием западных ветров значительную долю поллютантов атмосферы европейской территории России дает их перенос из стран Западной и Центральной Европы и ближнего зарубежья. Около половины заграничных соединений серы и азота на ЕТР поставляют Украина, Польша и Великобритания.

Весьма загрязнена и гидросфера. Черное море превращается в сточную яму для половины Европы – место сброса огромного количества соединений фосфора, ртути, ДДТ, нефтяных и других вредных отходов. Его бескислородная зона занимает сейчас уже 10 % акватории. В

бедственном положении находятся крупнейшие реки: Дунай, Рейн, Дон. В ряде морских акваторий обнаружены радионуклиды. Главная причина загрязнения рек и морей – сброс неочищенных промышленных и коммунально-бытовых вод. Особенно тяжела картина в городах стран Средиземноморья. Серьезные загрязнения происходят за счет сброса нефтепродуктов, которые опасны своей масштабностью.

Россия является одной из наиболее водообеспеченных стран. На каждого её жителя приходится свыше 30 тыс. м³ воды. Однако состояние водоёмов неудовлетворительное. В них ежегодно сбрасывается около 28 км³ загрязненных сточных вод, из которых 8,4 км³ совсем без очистки. В водоисточниках обнаруживаются высокотоксичные органические соединения, соли тяжелых металлов, нефтепродукты и др. в концентрациях, заметно превышающих ПДК.

Наша страна располагает огромным земельным фондом, который однако, быстро разрушается. Более половины угодий в настоящее время поражены водной и ветровой эрозией, засолением, перенасыщены азотными удобрениями, тяжелыми металлами, болезнетворной микрофлорой. Огромные территории как на планете, так и в России изуродованы карьерами, отвалами, свалками.

Наряду с общей экологической ситуацией, связанной с антропогенным воздействием на биосферу в целом, более детально рассмотрено положение, обусловленное загрязнением окружающей среды транспортом: его объемы, динамика, следствия.

Важную роль в решении данного вопроса играет успешное использование геоинформационных систем. Их материалы могут оказаться полезными для принятия оперативных управленческих решений.

6.2. Транспортное загрязнение природной среды

Транспортные средства воздействуют на природную среду посредством шума и загрязняя её вредными соединениями: окисями азота, углерода, серы, углеводородами и пр. Современный автомобиль для сгорания 1 кг бензина расходует примерно 200 л кислорода. В отработанных газах автомобилей содержится до 280 компонентов, часть из которых обладает канцерогенными свойствами. Крупнейшие компании-производители (на 2010 год)⁹⁴: Toyota (Япония) – 8,56 млн шт.; General Motors (США) – 8,48 млн шт.; Volkswagen (Германия) – 7,34 млн шт.; Hyundai Motor (Южная Корея) – 5,76 млн шт.; Ford (США) – 4,99 млн шт.; Nissan (Япония) – 3,98 млн шт.; Honda (Япония) – 3,64 млн шт.

Многие десятилетия мировым лидером автомобильного производства были США. С 1980-х гг. новым лидером стала Япония, с 2009 г. – Китай, который с 2010 г. производит также больше автомобилей, чем все страны Евросоюза вместе взятые, а также с 2009 г. является крупнейшим рынком в мире. СССР занимал 5-е место в мире по

⁹⁴ <http://oica.net/wp-content/uploads/ranking-2010.pdf>

автомобилестроению в целом (в том числе 3-е по грузовикам и 1-е по автобусам), Россия входит в число 15-ти крупнейших автопроизводителей.

В США подсчитано, что средний автомобиль на 1 км пробега выбрасывает в атмосферу 30 г окиси углерода, 4 г окислов азота и 2 г углеводородов. Общее количество выбросов автотранспорта в России оценивается в 22 млн т в год. Помимо загрязнителей, возникающих от сгорания топлива, выбрасываются также продукты износа шин и тормозных накладок, сыпучие и пылящие грузы, хлориды, используемые как ингредиенты антиобледенений дорожных покрытий, и т.п.

Динамика загрязнения воздушной среды Красноярского края автотранспортом и эмиссия поллютантов от основных предприятий с 2002 г. по 2010 г.⁹⁵ представлена в табл.6.4, 6.5.

Таблица 6.4

**Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
Красноярского края с учетом выбросов Норильского промрайона**

Источники	Объем выбросов по годам, тыс. т								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Всего:	2622,9	2639,1	2696,6	2696,9	2761,4	2854,8	2886,3	2815,3	2886,8
Стационарные	2458,1	2462,3	2528,8	2521,4	2466,1	2509,6	2478,6	2433,3	2480,2
Автотранспорт	164,8	176,8	167,8	175,5	295,3	345,2	407,7	382,0	406,6

В трех городах Красноярского края выбросы от автотранспорта значительно превышают загрязнения от промышленных предприятий: в Дивногорске – в 15,8 раз, Шарыпово – в 10,5 раз, в Сосновоборске – в 3 раза⁹³.

Таблица 6.5

**Промышленные предприятия Красноярского края, имеющие
наибольшие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу**

Наименование предприятий	Выбросы загрязняющих веществ, тыс. т/год					
	2003	2004	2005	2006	2007	2010
1	2	3	4	5	6	7
ОАО ГМК «Норильский никель»	2020,3	2068,0	2008,1	1977,9	1990,0	1915,0
ОАО «Красноярский алюминиевый завод» («Русал» Красноярск)	57,9	91,3	89,5	80,2	75,2	66,9
ОАО «Ачинский глиноземный комбинат» («Русал» Ачинск)	45,5	45,1	42,4	39,8	40,2	39,2
Назаровская ГРЭС	44,3	41,6	63,5	44,6	59,5	68,4
ООАТ «Красноярская ГРЭС-2»	30,7	27,6	46,5	49,5	49,7	60,0
Красноярская ТЭЦ-1	23,5	26,7	31,2	28,7	26,5	25,4

⁹⁵ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 год». - Красноярск, 2011. – 280 с.

Окончание табл. 6.5

1	2	3	4	5	6	7
Березовская ГРЭС-1	14,3	14,8	15,7	15,1	22,6	23,7
ОАО «Ачинский НПЗ»	20,0	20,1	19,8	21,4	22,7	19,1
Красноярская ТЭЦ-2	20,04	19,3	21,3	20,3	19,4	19,8
Красноярская ТЭЦ-3	5,8	5,9	5,8	6,3	7,1	7,0
Минусинская ТЭЦ	2,8	2,5	2,7	3,2	3,1	3,2
Всего по перечисленным объектам	2285,5	2255,3	2346,5	2287,0	2316,0	2248,2
Доля (в%) от валовых выбросов стационарными источниками по Красноярскому краю	92,8	89,2	93,1	92,7	81,1	77,9

В Красноярском крае выбросы загрязняющих веществ, относящихся к 1-2-му классам опасности (бенз(а)пирен, фенол, формальдегид, сероводород, хлор и др.), на протяжении 2005-2010 гг. регистрировались в интервале 68,5-110,1 тыс. т. Больше количество 94-97,1 % от объемов выбросов составляют вещества 3-4 класса опасности (пыль, диоксид серы, аммиак, оксид углерода).

Серьёзные проблемы возникают также из-за высокого уровня шума воздушных судов. Характеристика шума самолетов, длительное время находящихся в эксплуатации, существенно уступает аналогичным показателям зарубежных лайнеров. Это приводит к заметному росту доли населения, страдающего от авиационного шума. К настоящему времени шумовому воздействию авиации подвержено 2-3 % всех жителей России.

Значительные объемы загрязнителей выбрасываются и авиацией. Особенно неблагоприятна обстановка в зоне аэропортов.

Основным загрязнителем атмосферы на железнодорожном транспорте являются тепловозы, выбросы которых составляют до 90 % от его суммарной массы. Общее же количество выбрасываемых в атмосферу продуктов стационарными источниками на железной дороге оценивается в 147,6 тыс. т, в том числе твердых частиц – 40,4, сернистого газа – 38,9, оксида углерода – 51,3, оксида азота – 10 тыс. т.

Хранение и переработка отходов транспорта, в частности автотранспорта, также представляют большую проблему. Помимо отработанных масел и нефтепродуктов к ним относятся металлический лом, отходы резины и красильного производства.

Серьёзную проблему представляет собою шум, создаваемый транспортом, прежде всего автомобилями. Во многих крупных городах он существенно повышает нормативные значения.

Следует остановиться ещё на одном важном аспекте, связанном с автотранспортом. Не вызывает сомнения, что при подавляющем вкладе в негативные последствия для городского населения транспорт, в первую очередь легковой, нельзя рассматривать в качестве первичного средства потребления. При наличии сотовых телефонов и Интернета он больше

нужен для престижа, чем для коммуникации. Анкетирование в развитых промышленных странах свидетельствует, что степень и мотивация использования, а также возможности общественного транспорта весьма ограничивают функциональную роль легкового автомобиля. Вместе с тем в автомобилестроении задействована четвертая часть промышленных мощностей. При этом при создании автомобиля производительностью в 1 т образуются 15-18 т твердых и 7-8 т жидких отходов. Для его эксплуатации необходимы также площади под автодороги, гаражи, мастерские, магазины и т.д. Кроме того, каждая из машин опасна для здоровья и жизни населения. Эти и другие факты негативного воздействия указывают на слишком высокую цену, которую платит человечество за сверхавтомобилизацию, относящуюся к его вторичным потребностям.

Приведенные аргументы, тем не менее, не могут существенным образом снизить спрос на автомобили. При решении столь значимого прежде всего с экологической точки зрения вопроса действенны лишь экономические механизмы, соответствующая система ценообразования. Необходимость её изменения основывается на платности природопользования и налогообложении. Считается, что платежи за загрязнение при создании автомобиля и сопутствующих ему производств закладываются в его стоимость. Однако при этом не учитывается ущерб, наносимый при эксплуатации автомобиля. Учет же всех негативных факторов, возникающих как при производстве, так и при эксплуатации, приведет к многократному повышению стоимости и существенному снижению числа «химических фабрик на колесах». При такой постановке вряд ли их спросу поможет самая развитая и наступательная реклама, которой нужно противопоставить высокую потребительскую культуру населения.

6.3. Пути и возможности снижения загрязнения автотранспортом

Снижение загрязнения воздушной среды от транспорта является важнейшей проблемой человечества. Эффективными средствами для уменьшения загрязнения служит улучшение качества топлива, замена двигателей внутреннего сгорания на более экологически чистые (газотурбинные, электромобили), оборудование нейтрализаторов, получение альтернативных видов жидкого топлива.

Свинец оказывает необратимое воздействие на нервную систему, репродукцию, вызывает конвульсии и смерть. Уровень свинца в крови в количестве 30-40 мкг/дл ведет к разрушению красных кровяных клеток, к развитию анемии и снижению функции работы почек. Допустимый уровень содержания свинца в крови для населения был снижен с 1970 по 1991 гг. в 4 раза.

В структуре производства топлива в 2000-2010-е гг. основную долю занимает бензин марки АИ-92 – около 18 млн т (51 %), АИ-80 – около 10 млн т (29 %), на АИ-95 приходится до 4 млн т (11 %), прямогонный

бензин около 3 млн т (8 %), на АИ-98 приходится меньше процента. В том числе производство МТБЭ составляет около 700 тыс. т.

В 2007 г. внутреннее использование бензина в РФ составляло около 29 млн т в год, в 2010 – 36 млн т. Рост потребления, несмотря на существенный рост автомобильного парка (8 %), составляет около 1,5 % в год, причём прирост отмечается, прежде всего, за счёт высокооктановых (АИ-95) бензинов, происходит постепенное замещение ими низкооктановых. Основным потребителем АИ-80 является грузовой, малотоннажный и внутригородской пассажирский транспорт. На экспорт в 2005 г. произведено 5,9 млн т бензина на сумму \$2,5 млрд⁹⁶, в 2006 – 6,3 млн т – на \$3,4 млрд⁹⁷, в 2007 – 5,9 млн т – на \$3,4 млрд⁹⁸.

Во всем мире отмечается снижение использования неэтилированного бензина. ООН призвала все страны рассмотреть переход на неэтилированный бензин как конкретный шаг к устойчивому развитию. В декларации конференции министров охраны окружающей среды Европы, США, Канады и Японии (1995 г., София) выведение свинца из бензина рассматривалось как первоочередная задача по улучшению качества воздуха. Неуправляемый рост автомобильного парка в России заставляет обратить внимание на проблемы с неэтилированным бензином. Усилия, предпринимаемые в стране для её решения, должны привести к существенному улучшению здоровья населения и экономии ресурсов.

В последние годы в качестве октаноповышающих добавок вместо неоправдавшего себя тетраэтилсвинца используют метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), этанол, метилциклопентадиенил-трикарбонил марганца (МЦТМ) и этил-трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ).

При переходе к новым присадкам топлива необходимо реально представлять и оценивать потенциальную опасность их применения для здоровья населения и окружающей среды. Нужно предупредить распространение новых «экологических эпидемий». Потребление неэтилированного бензина обеспечивает улучшение работы двигателя. Присадки на основе неэтилированного бензина существенно удлиняют продолжительность эксплуатации выхлопной системы, замены масла и износа двигателей. Они позволяют устанавливать на автомобилях каталитические дожигатели, которые разрушаются в этилированном бензине. В связи с этим переход на неэтилированный бензин повышает качество городского воздуха как за счет снижения содержания свинца, так и за счет уменьшения концентрации других автотранспортных выбросов путем их каталитической деструкции.

Хорошие результаты получаются при добавлении к бензину паров воды, которые способствуют полному сгоранию топлива и тем самым уменьшают количество углеводородов в отработанных газах. Присадки водяных паров можно использовать во всех двигателях с низкооктановым

⁹⁶ <http://www.customs.ru/ru/stats/arhiv-stats-new/trfgoods/popup.php?id286=120>

⁹⁷ <http://www.customs.ru/ru/stats/arhiv-stats-new/trfgoods/popup.php?id286=253>

⁹⁸ <http://www.customs.ru/ru/stats/arhiv-stats-new/trfgoods/popup.php?id286=376>

бензином без потери мощности. Следует также отметить, что обычная регулировка двигателя может снизить выход токсичных газов в несколько раз. Поэтому важна организация контрольно-измерительных пунктов для диагностики двигателей. Эта мера способна снизить загрязнение воздуха в крупных городах в 3-4 раза.

Важным резервом снижения вредных веществ является улучшение конструкции двигателя серийного производства. Ещё в 1960-х гг. в США запатентован карбюратор с отдельным смесеобразованием, обеспечивающий полное сгорание смеси при низкой температуре, то есть при снижении вклада окислов азота. Он позволяет использовать низкооктанового бензина без потери мощности. Данная проблема решается и более радикально, путем замены конструкции двигателя. Перспективными считают роторно-поршневые двигатели, объем которых на 30 % меньше поршневых.

Кроме того, эффективно и реально снижение токсичности отработанных газов при переводе автотранспорта на газобаллонное топливо. Содержание в их выхлопах окиси углерода меньше на 25-40 %, окиси азота – на 25-30, сажи – на 40-50. Даже при холостой работе газобаллонный автобус выбрасывает в атмосферу в 15-20 раз меньше ядовитых веществ, чем автомобиль на бензине. При этом газ заметно дешевле бензина, что выгодно экономически.

Согласно исследованиям IDTechEx, индустрия электротранспорта достигла в 2005 г. уровня продаж в 31,1 млрд долларов по всему миру (включая гибридный транспорт). По прогнозам Price Waterhouse Coopers к 2015 г. мировое производство электромобилей вырастет до 500 тыс. штук в год, а рынок электротранспорта вырастет примерно в 7 раз и достигнет \$227 млрд.

Японская компания Mitsubishi Motors в 2009 г. начала промышленное производство электромобилей на базе Colt с литий-ионным аккумулятором (дальность пробега 150 км). Ведутся работы над созданием аккумуляторных батарей с малым временем зарядки (около 15 мин), в том числе и с применением наноматериалов. В начале 2005 г. компания Altairnano объявила о создании инновационного материала для электродов аккумуляторов. В 2006 г. Altairnano и Boshart Engineering заключили соглашение о совместном создании электромобиля. В мае 2006 г. успешно завершили испытания автомобильных аккумуляторов с $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ электродами. Аккумуляторы имеют время зарядки 10-15 мин.

Рассматривается также возможность использования в качестве источников тока не аккумуляторов, а ионисторов (суперконденсаторов), имеющих очень малое время зарядки, высокую энергоэффективность (более 95 %) и намного больший ресурс циклов зарядка-разрядка (до нескольких сотен тысяч). Опытные образцы ионисторов на графене имеют

удельную энергоёмкость 32 Вт·ч/кг, сравнимую с таковой для свинцово-кислотных аккумуляторов (30–40 Вт·ч/кг)⁹⁹.

Разрабатываются электрические автобусы на воздушно-цинковых (Zinc-air) аккумуляторах¹⁰⁰.

Toyota работает над созданием нового поколения гибридных автомобилей Prius (полный гибрид, plug-in гибрид, PHEV). В новой версии водитель по желанию может включать режим электромобиля, и проехать на аккумуляторах примерно 15 км. Подобные модели разрабатывает Ford – модель Mercury Mariner (пробег в режиме электромобиля 40 км), и Citroën – модель C-Metisse (пробег в режиме электромобиля 30 км).

Сконструирован двигатель, работающий на жидком азоте. Бак с жидким азотом соединен испарителем с рубашкой, в которой движется вода. Попадая в испаритель, азот превращается в пар, который, выходя под давлением, приводит в действие электрогенератор, ток которого направляется на питание электродвигателя. В выхлопах такого двигателя находится инертный азот.

Большое внимание в настоящее время уделяется поиску альтернативных жидких видов топлива для автомобилей (биоэтанола, биодизеля и др.).

Мировое производство биоэтанола составляет не менее 36,3 млрд л (2005 г.), из которых 45 % приходится на Бразилию и 44,7 % – на США. Предполагается, что к 2015 г. рынок электротранспорта вырастет примерно в 7 раз и достигнет \$227 млрд. В 2007 г. в США подписан закон об Энергетической независимости и безопасности (EISA of 2007), который предусматривает ежегодное производство до 36 млрд галлонов этанола к 2022 г. При этом не менее 16 млрд галлонов этанола должно производиться из целлюлозы – не пищевого сырья. В настоящее время этанол в Бразилии производится преимущественно из сахарного тростника, а в США – из кукурузы.

Этанол является менее «энергоплотным» источником энергии чем бензин; пробег машин, работающих на E85 (смесь 85 % этанола и 15 % бензина; буква «Е» от английского Ethanol), на единицу объёма топлива составляет примерно 75 % от пробега стандартных машин. Обычные машины не могут работать на E85, хотя двигатели внутреннего сгорания прекрасно работают на E10 (некоторые источники утверждают, что можно использовать даже E15). На «настоящем» этаноле могут работать только так называемые «Flex-Fuel» машины («гибкотопливные» машины). Эти автомобили также могут работать на обычном бензине (небольшая добавка этанола всё же требуется) или на произвольной смеси того и другого.

Промышленное культивирование и биотехнологическая конверсия морского фитопланктона рассматривается как одно из наиболее

⁹⁹ S.R.C.Vivekchand; Chandra Sekhar Rout, K.S.Subrahmanyam, A.Govindaraj and C.N.R.Rao (2008). «Graphene-based electrochemical supercapacitors

¹⁰⁰ <http://www.electric-fuel.com/ev/index.shtml>

перспективных направлений в области получения биотоплива¹⁰¹. Первичное производство биомассы осуществляется путём выращивания фитопланктона в искусственных водоемах, создаваемых на морском побережье. Вторичные процессы представляют собой метановое брожение биомассы и последующее гидроксигирование метана с получением метанола.

Основными доводами в пользу использования микроскопических водорослей являются следующие:

- высокая продуктивность фитопланктона (до 100 т/га в год);
- в производстве не используются ни плодородные почвы, ни пресная вода;
- процесс не конкурирует с сельскохозяйственным производством.

Биодизель – топливо на основе жиров животного, растительного и микробного происхождения, а также продуктов их этерификации.

Биотопливо второго поколения – различное топливо, полученное различными методами пиролиза биомассы, или прочие виды топлива, помимо метанола, этанола, биодизеля произведенное из источников сырья «второго поколения» (например, лигно-целлюлозные соединения, отходы в пищевой промышленности). Использование биомассы для производства биотоплива второго поколения направлено на сокращение количества использованной земли, пригодной для ведения сельского хозяйства¹⁰².

К растениям – источникам сырья второго поколения относятся¹⁰³:

- водоросли – являющиеся простыми организмами, приспособленными к росту в загрязненной или соленой воде (содержат до двухсот раз больше масла, чем источники первого поколения, таких как соевые бобы);
- рыжик (растение) – растущий в ротации с пшеницей и другими зерновыми культурами;
- *Jatropha curcas* или Ятрофа – растущее в засушливых почвах, с содержанием масла от 27 до 40 % в зависимости от вида.

Быстрый пиролиз позволяет превратить биомассу в жидкость, которую легче и дешевле транспортировать, хранить и использовать. Из жидкости можно произвести автомобильное топливо, или топливо для электростанций. Из биотоплив второго поколения, продающихся на рынке, наиболее известны BioOil производства канадской компании Dynamotive и SunDiesel германской компании CHOREN Industries GmbH.

По оценкам Германского Энергетического Агентства (Deutsche Energie-Agentur GmbH) (при ныне существующих технологиях) производство топлив пиролизом биомассы может покрыть 20 % потребностей Германии в автомобильном топливе, а к 2030 г. – 35 %. Себестоимость производства составит менее € 0,80 за один литр топлива.

¹⁰¹ Waganer K. Mariculture on land. — Biomass, 1981

¹⁰² <http://www.iata.org/SiteCollectionDocuments/Documents/IATAConversionTechnologiesFinalv2.pdf>

¹⁰³ http://www.iata.org/pressroom/facts_figures/fact_sheets/Pages/alt-fuels.aspx

Создана «Пиролизная сеть» (Pyrolysis Network (PyNe) – исследовательская организация, объединяющая исследователей из 15 стран Европы, США и Канады.

Весьма перспективно также использование жидких продуктов пиролиза древесины хвойных пород. Например, смесь 70 % живичного скипидара, 25 % метанола и 5 % ацетона, то есть фракций сухой перегонки смолистой древесины сосны, с успехом может применяться в качестве замены бензина марки А-80. Причем для перегонки применяются отходы дереводобычи: сучья, пень, кора. Выход топливных фракций – до 100 кг с одной тонны отходов.

Биотопливо третьего поколения – топлива, полученные из водорослей.

Департамент Энергетики США с 1978 г. по 1996 г. исследовал водоросли с высоким содержанием масла по программе «Aquatic Species Program». Исследователи пришли к выводу, что Калифорния, Гавайи и Нью-Мексико пригодны для промышленного производства водорослей в открытых прудах. В течение 6 лет водоросли выращивались в прудах площадью 1000 м² (Нью-Мексико). Урожайность составила более 50 гр. водорослей с 1 м² в день. 200 тыс. гектаров прудов могут производить топливо, достаточное для годового потребления 5 % автомобилей США. Однако у данной технологии ещё остаётся множество проблем. Например, водоросли любят высокую температуру, для их производства хорошо подходит пустынный климат, но требуется регуляция при ночных перепадах температур. В конце 1990-х гг. технология не попала в промышленное производство из-за низкой стоимости нефти.

Также существуют технологии выращивания водорослей в малых биореакторах, расположенных вблизи электростанций. Сбросное тепло ТЭЦ способно покрыть до 77 % потребностей в тепле, необходимом для продуцирования водорослей. Эта технология не требует жаркого пустынного климата.

Для получения биодизельного топлива используются растительные или животные жиры. Сырьём могут быть рапсовое, соевое, пальмовое, кокосовое и т.п. масла, а также отходы пищевой промышленности.

Весьма перспективны автомобили на водородном топливе. Замена бензина водородом позволила бы снять проблему загрязнения атмосферы отработанными автомобильными газами. Однако их внедрению препятствуют многие причины. Прежде всего, это касается аппаратного оформления – наличие в автомобиле контейнеров в виде сосудов Дьюара для обеспечения сверхнизких температур и предохранения водорода от быстрого испарения. Кроме того, высока пока стоимость водорода. А также значительный расход энергии при генерации водорода делает его применение экономически невыгодным, поскольку прямое использование электроэнергии в электродвигателях эффективнее.

Для снижения отрицательного воздействия транспорта, в первую очередь автотранспорта, проводят мероприятия, направленные на

уменьшение шума. Так, в настоящее время во всех развитых странах широко применяются шумозащитные экраны – стенки на магистралях, шумозащитные окна и т.д. Большое значение для защиты атмосферного воздуха от загрязнения (и шума) имеют градостроительные аспекты. Они включают специальные приемы застройки и озеленения магистралей, размещения жилых зданий по принципу зонирования (в первом эшелоне – здания пониженной этажности, далее повышенной и в глубине – детские и лечебные учреждения). Тротуары, жилые, торговые и общественные учреждения изолируются от проезжей части улиц с напряженным движением многорядными древесно-кустарниковыми посадками. Важное значение имеет сооружение транспортных развязок на разных уровнях, магистралей-дублёров, кольцевых дорог, использование подземного пространства для размещения автостоянок и гаражей.

Значительные успехи в снижении загрязнения атмосферы могут быть достигнуты и при модернизации оборудования асфальтобетонных заводов. Эксплуатируемые в настоящий период асфальтосмесительные установки выбрасывают в атмосферу от 70 до 300 т вредных веществ в год. Их обследование показывает, что очистное оборудование всех установок не работает эффективно из-за конструктивного несовершенства, неудовлетворительного технического состояния и неполного проведения регламентного обслуживания. Нахождение компромисса в промышленно развитых странах весьма часто достигается посредством экологического аудирования, проводимого независимыми высококвалифицированными специалистами.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите виды загрязнения окружающей среды.
2. Охарактеризуйте глобальные последствия загрязнения окружающей среды.
3. Охарактеризуйте загрязнение окружающей среды различными видами транспорта.
4. Перечислите направления снижения загрязнения транспортом.
5. Существуют ли альтернативные виды топлива для автотранспорта?
6. Назовите достоинства и недостатки биотоплива.
7. Заполните таблицу

Глобальные экологические проблемы	Общая характеристика механизма загрязнения	Пример (с указанием географического месторасположения; страна, область)
в атмосфере:		
в гидросфере:		
на почве:		

ГЛАВА 7. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗДУХА

Благодаря специфическому составу, способности поглощать и отражать солнечную радиацию, озоновому слою, благоприятному температурному режиму и присутствию водяного пара, атмосфера по праву называется одним из главных источников жизни. В последнее столетие к естественным факторам все больше добавляется антропогенное воздействие, связанное с прогрессирующим загрязнением биосферы. Включение поллютантов делает воздух частично или полностью непригодным для дыхания, некоторых промышленных операций и в других целях.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха в экологии занимает особое место. Это объясняется тем, что воздух имеет исключительно важное значение для существования всего живого на Земле. При этом атмосфера обладает высокой чувствительностью к антропогенным загрязнениям и большой подвижностью воздушных масс, переносящих поллютанты на огромные расстояния.

В естественных условиях качественный состав воздушной среды регулируется (загрязняется или очищается) в ходе природных процессов. Это заключается в поддержании равновесия между поступлением загрязняющих продуктов и их выведением из системы. До тех пор, пока хозяйственно-экономическая деятельность человека не выводит окружающую среду из динамического равновесия, последствия этого возмущения практически ощущаются лишь локально. Ещё в недавнем прошлом человек наносил заметный ущерб биосфере, например, при неопытном обращении с огнем. Однако это были локальные загрязнения, происходящие в ограниченном пространстве. Развитие цивилизации привело к распространению их вредного воздействия на всю планету. Вместе с тем технические достижения позволяют достаточно успешно осуществлять очистку атмосферы от вредных примесей.

Начиная с 1980-х гг. антропогенные факторы загрязнения атмосферы по масштабам стали превышать естественные. Причем они оказывают на атмосферу непосредственное многоаспектное влияние: нагревают и изменяют влажность атмосферы, варьируют физико-химические свойства и состав тропосферы, воздействуют на свойства подстилающей поверхности, что приводит к отклонению альбедо и других показателей. Основными источниками загрязнения воздушной среды являются промышленность, сельское хозяйство и другие (рис. 7.1).

Особенно токсичные выбросы свойственны для автотранспорта и предприятий топливной промышленности, черной и цветной металлургии. Значительный вклад принадлежит также химической, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленностям.



Рис. 7.1. Источники загрязнения атмосферы

7.1. Характер и классификация загрязнителей атмосферы

Пока нет единой официальной классификации летучих промышленных выбросов. Вместе с тем, исходя из роли и значимости в процессе очищения они разделяются на парогазовые и аэрозольные. Первые из них представляют смесь паров или газов и не содержат твердых и жидких взвешенных частиц. Эта группа подразделяется на подгруппы:

- выбросы, не подлежащие очистке по причине их безвредности, из-за отсутствия возможности или по соображениям экономической целесообразности рассеяния через трубы;
- выбросы, подлежащие обязательной очистке.

К аэрозольным относятся смеси газов (паров), содержащие в себе жидкие или твердые взвешенные частицы. Они классифицируются на аэрозоли, в которых:

- дисперсная фаза подлежит улавливанию, а парогазовая (дисперсионная) при принятых условиях является нейтральной в процессе очистки;
- дисперсная фаза подлежит улавливанию, а дисперсионная — оказывает влияние на ход очистки. Например, низкое содержание

сернистого газа не требует его улавливания, но его конденсирование внутри тракта газоочистки может вызвать коррозию;

- дисперсная фаза подлежит улавливанию, а дисперсионная – очистке. В этом случае необходима либо комбинированная очистка в одном аппарате, либо их последовательная комбинация для селективного улавливания составляющих;
- дисперсная фаза подлежит очистке, а дисперсионная фаза нет, и не влияет на процесс очистки;
- дисперсная среда подлежит очистке, дисперсионная фаза улавливанию не подлежит, но влияет на процесс очистки, например, постепенно загрязняя сорбент;
- дисперсная среда не подлежит очистке, а дисперсионная фаза такая же, как в двух предыдущих случаях. Такой аэрозоль не нуждается в очистке.

Кроме того, по агрегатному составу загрязнители разделяются на твердые, жидкие и газообразные. Последним принадлежит около 98 % суммарной массы аэрогенных выбросов. В основном они представлены сернистым ангидридом (до 30 %), оксидами углерода (24 %) и азота (17 %), а также углеводородами (14 %).

Для интегральной оценки состояния воздушного бассейна применяют индекс суммарного загрязнения атмосферы:

$$J_m = \sum_{i=1}^m (q_i A_i)^{c_i},$$

где q_i – средняя годовая концентрация в воздухе i -го вещества;

A_i – коэффициент опасности (агрессивности) i -го вещества, обратный его ПДК, то есть $A_i = 1/\text{ПДК}$;

c_i – коэффициент, определяемый классом опасности вещества ($c_i = 1,5, 1,3, 1,0$ и $0,85$ соответственно для соединений 1, 2, 3 и 4-го классов опасности).

Индекс загрязнения является упрощенным показателем и рассчитывается обычно для пяти наиболее значимых загрязнителей воздуха. В этот список чаще других попадают бензопирен, формальдегид, фенол, аммиак, диоксид азота, пыль. Индекс J_i изменяется от долей единицы до 15-20 – чрезвычайно опасных уровней загрязнения.

Относительная агрессивность основных примесей в воздушной среде России характеризуется следующими коэффициентами:

Оксид углерода	1,0	Никель, его оксиды	5475,0
Сернистый газ	16,5	Оксид цинка	245,0
Серная кислота	49,0	Соединения ртути, свинца	22400,0
Оксид алюминия	16,9	Зола углей кузнецких, карагандинских	80,0
Сажа без примесей	41,5	Коксовая и агломерационная пыль	100,0

Оксиды азота	41,1	Оксиды железа, натрия. Магния	13,9
Пятиокись ванадия	1225,0	Пыль известковая	25,0

В табл. 7.1 представлен Приоритетный список 36-и городов РФ с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА>14) в 2010 г., в которых проживают 23,4 млн человек. Города Приоритетного списка не ранжируются по степени загрязнения атмосферы.

Таблица 7.1

Приоритетный список городов РФ с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха в 2010 г. и вещества, его определяющие

№ п/п	Город	Субъект Российской Федерации	Вещества, определяющие высокий уровень загрязнения атмосферы
1	2	3	4
1	Азов	Ростовская область	NO ₂ , БП, Ф
2	Ачинск	Красноярский край	ВВ, NO ₂ , БП, Ф
3	Барнаул	Алтайский Край	ВВ, NO ₂ , БП, Ф
4	Белоярский	Ханты-Мансийский АО – Югра	Ф
5	Благовещенск	Амурская область	БП, Ф
6	Братск	Иркутская область	ВВ, NO ₂ , БП, Ф, HF
7	Волгоград	Волгоградская область	БП, фенол, Ф, HF
8	Волжский	Волгоградская область	NO ₂ , NH ₃ , БП, Ф
9	Дзержинск	Нижегородская область	ВВ, NH ₃ , БП, фенол, Ф
10	Екатеринбург	Свердловская область	NO ₂ , NH ₃ , БП, Ф
11	Зима	Иркутская область	NO ₂ , БП, Ф
12	Иркутск	Иркутская область	ВВ, NO ₂ , БП, сажа, Ф
13	Красноярск	Красноярский край	ВВ, NO ₂ , БП, Ф
14	Курган	Курганская область	БП, сажа, Ф
15	Кызыл	Республика Тыва	ВВ, БП, сажа, Ф
16	Лесосибирск	Красноярский край	ВВ, БП, фенол, Ф
17	Магнитогорск	Челябинская область	ВВ, NO ₂ , БП, Ф
18	Минусинск	Красноярский край	БП, Ф
19	Москва		NO ₂ , БП, фенол, Ф
20	Набережные Челны	Республика Татарстан	БП, фенол, Ф
21	Нерюнгри	Республика Саха (Якутия)	ВВ, NO ₂ , БП, Ф
22	Нижнекамск	Республика Татарстан	ВВ, БП, Ф
23	Нижний Тагил	Свердловская область	NH ₃ , БП, Ф,
24	Новокузнецк	Кемеровская область	ВВ, NO ₂ , БП, Ф, HF
25	Новочеркасск	Ростовская область	ВВ, БП, фенол, Ф, СО
26	Норильск	Красноярский край	Выбросы SO ₂ и NO ₂
27	Ростов-на-Дону	Ростовская область	ВВ, NO ₂ , БП, фенол, Ф
28	Селенгинск (пгт)	Республика Бурятия	ВВ, NO ₂ , БП, фенол, Ф
29	Соликамск	Пермский край	NH ₃ , БП, Ф
30	Ставрополь	Ставропольский край	БП, Ф
31	Стерлитамак	Республика Башкортостан	NO ₂ , БП, Ф
32	Тверь	Тверская область	ВВ, БП, Ф
33	Уссурийск	Приморский край	ВВ, NO ₂ , БП
34	Черногорск	Республика Хакасия	БП, Ф

Окончание табл.7.1

1	2	3	4
35	Чита	Забайкальский край	ВВ, NO ₂ , БП, Ф
36	Южно-Сахалинск	Сахалинская область	ВВ, NO ₂ , БП, сажа, Ф

Примечание: Ф – формальдегид, ВВ – взвешенные вещества, БП – бенз(а)пирен, HF – фторид водорода, CO – оксид углерода, NO₂ – диоксид азота, NH₃ – аммиак, SO₂ – диоксид серы.

В Приоритетный список 2010 г. вошли города (Москва, Дзержинск, Соликамск, Тверь, Азов), в которых очень высокий уровень загрязнения воздуха был обусловлен сложившимися в июле – августе аномально жаркими погодными условиями, а также воздействием очагов горения лесных и торфяных пожаров. Высокая интенсивность солнечной радиации, слабые ветры, застои атмосферного воздуха способствовали протеканию фотохимических реакций с образованием загрязняющих веществ и их последующим накоплением в приземном слое атмосферы. В Приоритетный список вошли 6 городов с предприятиями нефтехимической промышленности, 8 городов – с предприятиями металлургии, 11 городов – с предприятиями химической промышленности; во многих городах определяющий вклад в загрязнение вносят предприятия ТЭК и автотранспорт. Почти во всех этих городах очень высокий уровень загрязнения связан со значительными концентрациями бенз(а)пирена и формальдегида, в 19 – с концентрациями диоксида азота и взвешенных веществ, в 8 – фенола.

Наиболее высокий уровень загрязнения воздуха из городов Приоритетного списка в течение длительного периода отмечается в Братске. Средние концентрации бенз(а)пирена и формальдегида в этом городе составили 5–9 ПДК, диоксида азота – 1,6 ПДК.

На рис. 7.2 представлены данные мониторинга за 2006-2010 гг.: количество городов, входящих в Приоритетный список наиболее загрязненных в течение пяти лет и количество городов, в которых уровень загрязнения атмосферы оценивается (по показателю ИЗА) как высокий и очень высокий.

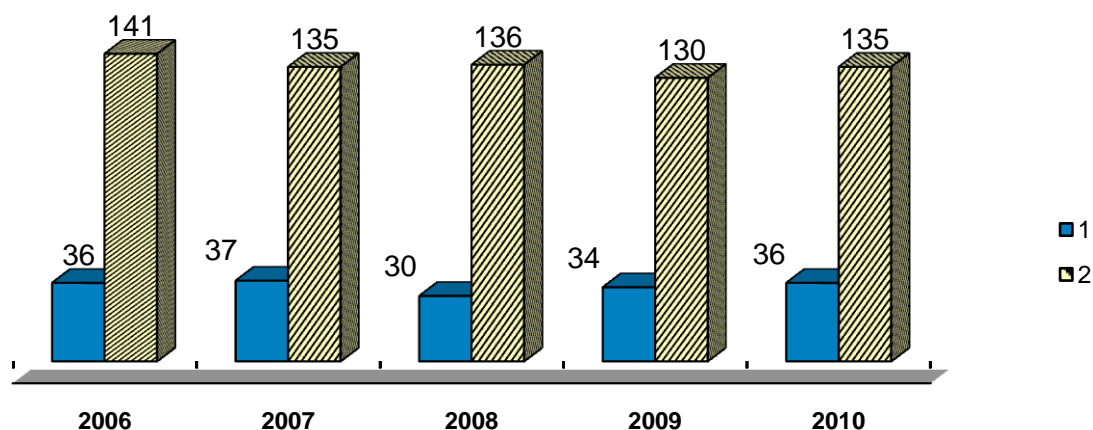


Рис. 7.2. Количество городов в Приоритетном списке (ИЗА > 14) (1) и городов, в которых уровень загрязнения высокий (ИЗА > 7) (2)

Максимальные концентрации превышали 10 ПДК в 40 городах, 2 посёлка городского типа, 1 сельском населённом пункте на (табл. 7.2). Концентрации бенз(а)пирена превышали 10 ПДК в 23 городах с населением 11,4 млн. чел., 5 ПДК – в 61 городе с населением 25,9 млн. чел. Максимальные концентрации этилбензола превышали 10 ПДК в 7 городах, взвешенных веществ – также в 7 городах.

В общей сложности в городах 30 субъектов Российской Федерации максимальная концентрация какого-либо вещества превышала 10 ПДК. В Красноярском крае – 4 города.

Таблица 7.2

Перечень городов, в которых зарегистрированы случаи высокого загрязнения атмосферного воздуха (максимальные разовые концентрации ЗВ – 10 ПДК м.р. и более) в 2010 г.

Город	Примесь	Кол-во случаев	макс. концентрация, ПДК ¹	Город	Примесь	Кол-во случаев	макс. концентрация, ПДК ¹
1	2	3	4	5	6	7	8
Абакан	бенз(а)пирен	1	11,8	Партизанск	бенз(а)пирен	1	12,0
Ачинск	бенз(а)пирен	1	10,8	Петровск-Забайкальский	бенз(а)пирен	1	13,6
Архангельск	бенз(а)пирен	7	21,1	Пермь	ксилол	2	17,5
Белоярский	формальдегид	3	13,6		этилбензол	3	17,2
Братск	бенз(а)пирен	2	11,4		толуол	2	12,7
Владикавказ	медь	3	13,0	Рязань	сероводород	2	13,1
Екатеринбург	этилбензол	8	18,5		взвешенные вещества	3	12,8
Казань	формальдегид	3	13,1		фенол	1	10,3
Корсаков	взвешенные вещества	12	34,0	Санкт-Петербург	бенз(а)пирен	1	10,1
Красноярск	бенз(а)пирен	11	20,4	Северодвинск	бенз(а)пирен	2	11,3
Кстово	этилбензол	5	13,0	Селенгинск (пгт)	бенз(а)пирен	1	11,0
Курган	бенз(а)пирен	2	12,6	Смоленск	взвешенные вещества	1	18,4
Курск	диоксид азота	5	13,2	Соликамск	формальдегид	1	16,5
Кызыл	бенз(а)пирен	2	19,0		этилбензол	1	13,6
Лесосибирск	бенз(а)пирен	3	10,3	Уссурийск	бенз(а)пирен	2	19,0
Магнитогорск	бенз(а)пирен	5	23,1	Уфа	этилбензол	11	24,0
	этилбензол	1	11,1		сероводород	2	12,0
Махачкала	взвешенные вещества	1	12,2		хлорид водорода	3	38,0
Минусинск	бенз(а)пирен	3	15,0		ксилол	7	17,0
Москва	взвешенные вещества	1	16,6	Череповец	сероводород	2	12,8
Нижний Новгород	этилбензол	4	11,5	Черногорск	бенз(а)пирен	4	16,0

Окончание табл. 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Нижний Тагил	бенз(а)пирен	1	12,7	Чита	бенз(а)пирен	7	18,0
Никель (пгт)	диоксид серы	1	10,3	Южно-Сахалинск	оксид углерода	1	11,6
Новоалександровск	оксид углерода	1	12,0		взвешенные вещества	1	11,3
Новодвинск	бенз(а)пирен	1	15,0		бенз(а)пирен	1	11,0
Новокузнецк	бенз(а)пирен	3	16,0	Ясная Поляна (снп, Тульская обл.)	формальдегид	26	19,2
Новосибирск	бенз(а)пирен	2	12,2		диоксид азота	2	29,0
	взвешенные вещества	1	11,4		оксид азота	1	13,5
Омск	формальдегид	4	15,8				

Более 10 раз максимальные концентрации в 10 ПДК превышались в следующих городах и населенных пунктах: Ясная Поляна (26 раз – формальдегид); Корсаков (12 раз – взвешенные вещества); Красноярск (11 раз - бенз(а)пирен); Уфа (11 раз – этилбензол).

Максимальные концентрации, превышающие 20 ПДК, фиксировались в Уфе (хлорид водорода 38 ПДК, этилбензол 24 ПДК), Корсакове (взвешенные вещества 34 ПДК), Ясной Поляне (диоксид азота 29 ПДК), Магнитогорске (бенз(а)пирен 23,1 ПДК), Архангельске (бенз(а)пирен 21,1 ПДК), Красноярске (бенз(а)пирен 20,4 ПДК).

По величине ИЗА в 135 городах России (66 % городского населения) уровень загрязнения воздуха характеризуется как высокий и очень высокий (ИЗА>7). На территориях Иркутской и Самарской областей, Красноярского края и Ханты-Мансийского автономного округа имеются 5–9 городов с таким уровнем загрязнения, в Республике Башкортостан, Нижегородской, Оренбургской, Ростовской и Свердловской областях – 4 города.

В табл.7.3 приведены характеристики загрязнения атмосферного воздуха в субъектах Российской Федерации и процентного количества населения, испытывающего воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения воздуха.

Таблица 7.3

Характеристики уровня загрязнения воздуха в городах субъектов Российской Федерации в 2010 г.

Субъект Российской Федерации	Число городов, в которых		% населения в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха
	ИЗА > 7	Q > ПДК	
1	2	3	4
Республика Башкортостан	4	5	58
Республика Бурятия	2	3	71
Республика Дагестан	1	1	40
Карачаево-Черкесская Республика	0	0	0

Продолжение табл. 7.3

1	2	3	4
Республика Карелия	1	2	2
Республика Коми	2	3	50
Республика Мордовия	1	1	64
Республика Саха (Якутия)	3	3	65
Республика Северная Осетия – Алания	0	1	0
Республика Татарстан	3	3	66
Республика Тыва	1	1	67
Удмуртская Республика	1	1	62
Республика Хакасия	2	3	63
Чувашская Республика	2	2	79
Алтайский край	3	3	69
Забайкальский край	2	3	46
Камчатский край	2	2	86
Краснодарский край	3	3	54
Красноярский край	5	6	57
Пермский край	3	4	63
Приморский край	2	7	52
Ставропольский край	2	5	32
Хабаровский край	3	4	77
Амурская область	2	3	42
Архангельская область	1	4	39
Астраханская область	1	1	76
Белгородская область	2	3	57
Брянская область	1	1	48
Владимирская область	1	1	31
Волгоградская область	2	2	67
Вологодская область	1	2	37
Воронежская область	1	1	64
Ивановская область	1	1	47
Иркутская область	9	14	73
Калининградская область	1	1	59
Калужская область	1	1	45
Кемеровская область	3	3	54
Кировская область	2	2	57
Костромская область	0	2	0
Курганская область	1	1	65
Курская область	1	1	55
Ленинградская область	0	5	0
Липецкая область	1	1	67
Магаданская область	1	1	69
Московская область	3	9	8
Мурманская область	0	6	0
Нижегородская область	4	5	65
Новгородская область	0	1	0
Новосибирская область	3	3	78
Омская область	1	1	81
Оренбургская область	4	5	75

Окончание табл. 7.3

1	2	3	4
Орловская область	1	1	60
Пензенская область	1	1	56
Псковская область	0	2	0
Ростовская область	4	6	52
Рязанская область	1	1	63
Самарская область	5	9	85
Саратовская область	2	2	54
Сахалинская область	1	6	45
Свердловская область	4	5	53
Смоленская область	0	1	0
Тамбовская область	0	1	0
Тверская область	1	1	40
Томская область	1	1	69
Тульская область	3	3	50
Тюменская область	1	2	70
Ульяновская область	1	1	66
Челябинская область	3	3	59
Ярославская область	0	2	0
Еврейская автономная область	1	1	62
Таймырский АО *	1	1	99
Ханты-Мансийский автономный округ	5	7	35
Ямало-Ненецкий автономный округ	1	1	9
Город Москва	1	1	100
Город Санкт-Петербург	1	1	100
Всего	135	207	

Примечание: * По данным о выбросах за 2009 г. в Норильске.

Выделены регионы, в которых более 75 % городского населения испытывает воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения атмосферы.

В среднем по стране 58 % городского населения испытывают воздействие высокого и очень высокого уровня загрязнения воздуха.

Существуют два основных вида атмосферного загрязнения: естественный и антропогенный. Важным компонентом техногенных выбросов является пыль, частицы которой находятся во взвешенном состоянии от долей секунды до нескольких месяцев. Её количество, природа и основные источники приведены в табл. 7.4.

Таблица 7.4

Основные источники поступления пыли в атмосферу

Природная пыль		Антропогенная пыль	
Источник	Масса, т	Источник	Масса, млн т
Космическая	150-365 тыс.	Промышленность	50-55
Вулканы	0,1-5 млрд	Автотранспорт	2,7-4
Бури, ураганы	0,1-1 млн	Электростанции	12-15
		Котельные	20-25
		Сжигание мусора	9-12

Космическая пыль, масса которой составляет от 2 до 5 млрд т/год, образуется из остатков сгоревших метеоритов. Природная пыль имеет органическое и неорганическое происхождение и генерируется при разрушении и выветривании горных пород и почвы, вулканических извержений, лесных и других пожаров. Воздух над морями и океанами содержит аэропланктон, представляющий собой разнообразные микроорганизмы и их метаболиты, кристаллы солей. Естественное загрязнение практически не вызывает негативных последствий на адаптированные к ним биогеоценозы и организмы, хотя временное отрицательное воздействие возможно.

Атмосферная пыль играет важную роль в химии планеты. Она способствует конденсации паров и образованию осадков, а также поглощает прямую солнечную радиацию и защищает организмы от прямого солнечного излучения. Биологическое разложение ведет к эмиссии в атмосферу оксидов углерода, азота, аммиака, углеводов. Промышленность, сельское хозяйство и транспорт поставляют в воздушную среду сотни тысяч загрязнителей. В первую очередь к ним относят золу, пыль, силикаты и окислы серы. Основными экотоксикантами считают окислы углерода, сернистый газ, окислы азота, фосфаты, ртуть, свинец, нефть, пестициды и радиоактивные соединения (табл. 7.5).

Таблица 7.5

Главные загрязнители биосферы

Загрязнитель	Негативные воздействия на живые организмы
1	2
Углекислый газ	Образуется при сгорании всех видов топлива. Увеличение его содержания в атмосфере приводит к повышению ее температуры, что чревато пагубными геохимическими и экологическими последствиями
Оксид углерода	Образуется при неполном сгорании топлива. Может нарушить тепловой баланс верхней атмосферы
Сернистый газ	Содержится в дымах промышленных предприятий. Вызывает обострение респираторных заболеваний, наносит вред растениям. Разъедает известняк и некоторые ткани
Оксиды азота	Создают смог и вызывают респираторные заболевания и бронхит у новорожденных. Способствуют чрезмерному разрастанию водной растительности
Фосфаты	Содержатся в удобрениях. Главный загрязнитель вод в реках и озерах
Ртуть	Один из опасных загрязнителей пищевых продуктов, особенно морского происхождения. Накапливается в организме и вредно действует на нервную систему
Свинец	Добавляется в бензин. Действует на ферментные системы и обмен веществ в живых клетках
Нефть	Приводит к пагубным экологическим последствиям, вызывает гибель планктонных организмов, рыбы, морских птиц и млекопитающих

1	2
ДДТ и другие пестициды	Очень токсичны для ракообразных. Убивают рыбу и организмы, служащие кормом для рыб. Многие являются канцерогенами
Радиация	В превышено допустимых дозах приводит к злокачественным новообразованиям и генетическим мутациям

Перенос и рассеяние загрязнения в биосфере объясняется не только абиотическими факторами, но и трофическими связями. Благодаря последним, концентрация вредных веществ перед поступлением в организм человека может возрасти в тысячи и десятки тысяч раз, приводя к самым серьезным заболеваниям.

Источники эмиссии выбросов, основываясь на некоторых признаках антропогенных загрязнителей, разделяют на восемь больших групп:

- **по назначению:** технологические и вентиляционные. К первым относятся хвостовые газы после улавливания на установках по рекуперации, адсорбции и т.д.; после продувки аппаратов, воздушников. Вторые представляют местные отбросы от оборудования и общеобменную вытяжку;

- **по расположению:** высокие, низкие и наземные. Под эффективной высотой выброса (H_e) понимают сумму геометрической высоты трубы ($H_{гр}$) и высоты подъема струи загрязненного воздуха над устьем источника под действием направленного вверх начального импульса струи и сил плавучести, возникающих из-за более низкой плотности загрязненного воздуха по сравнению с окружающей средой.

К высоким (незатененным) относятся точечные источники – трубы высотой более $3,5 H_{зд}$. При такой высоте можно пренебречь влиянием на распространение примесей деформации потока ветра, вызванной строениями.

К низким (затененным) источникам относятся такие, эффективная высота выброса из которых меньше высоты циркуляционной зоны, возникающей и над зданием. В этом случае выброс загрязняет и циркуляционную зону.

Источники, расположенные в этой зоне, из которых воздух выходит имея направленный вверх импульс, в зависимости от скорости ветра могут оказаться и низкими, и высокими. При большой скорости подъем струи над устьем мал и струя загрязненного воздуха сдувается ветром в циркуляционную зону и рассматривается как низкий. По мере уменьшения скорости подъем струи возрастает и может распределяться выше зоны. При таких условиях низкий источник становится высоким, что имеет большое значение для охраны приземного слоя от загрязнителей.

Низкие выбросы с температурой, близкой температуре окружающей среды, размещенные в циркуляционной зоне, при малых скоростях ветра не переходят в высокие. Такие источники наиболее опасны в отношении приземного слоя атмосферы.

Источники, находящиеся вблизи поверхности (колодцы, оборудование, сбросы отходов), называются наземными. Они максимально опасны для загрязнения окружающей среды;

- **по способу вывода в атмосферу:** канализированные (организованные) и неканализированные (неорганизованные). К первым относятся выбросы через трубы и шахты, ко вторым – через фонари, выделения с открытой поверхности жидкости;

- **по температуре выбрасываемой газовой смеси.** Они классифицируются как сильно нагретые ($\Delta t = t - t_{окр} > 100 \text{ } ^\circ\text{C}$), нагретые ($20 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t < 100 \text{ } ^\circ\text{C}$), слабо нагретые ($5 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta t < 20 \text{ } ^\circ\text{C}$), изотермические ($\Delta t = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$), охлажденные ($\Delta t < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$). К первой группе относятся дымовые газы, выбросы из сушилок и т.п., подъемная сила которых выбрасывает загрязнители, что и способствует рассеянию. Для предприятий химической промышленности характерны выбросы 2-4-й групп. Охлажденные выбросы опускаются вниз и рассеиваются слабо;

- **по геометрической форме:** точечные (трубы, шахты) и линейные (аэрационные фонари, окна);

- **по режиму работы:** непрерывного и периодического действия, залповые и мгновенные. Залповые выбросы происходят при авариях и сопровождаются выбросом большой массы загрязнителей за короткое время. Мгновенные выбросы свойственны для взрывных работ, когда загрязнения выбрасываются за доли секунды;

- **по дальности распространения:** внутри- и внеплощадочные. В первом случае высокие концентрации поллютантов отмечаются лишь на территории рабочей (и санитарно-защитной) зоны; во втором – они фиксируются и в жилых районах;

- **по степени централизации:** централизованные и децентрализованные. Высокие централизованные выбросы обеспечивают чистоту воздуха на промплощадке и хорошее рассеяние. Во втором случае осуществляется самостоятельный выброс от каждого агрегата, что ощутимо увеличивает число труб. Такие выбросы загрязняют приземный слой. К последним относят выбросы через фонари, воздушники от химических аппаратов и емкостей, утечки вредных газов и паров через неплотности оборудования.

7.2. Структура и объемы химических загрязнений

Предприятия химической промышленности загрязняют атмосферу пылью, содержащей неорганические и органические примеси. Наиболее характерные газовые выбросы ряда этих производств приведены в табл. 7.6.

Наиболее характерные выбросы в атмосферу основных производств химической промышленности

Производство	Компоненты выбросов в атмосферу
Азотной кислоты	NO, NO ₂ , NH ₃
Серной кислоты (нитрозной и контактной)	NO, NO ₂ , SO ₂ , SO ₃ , H ₂ SO ₄
Соляной кислоты	HCl, Cl ₂
Щавелевой кислоты	NO, NO ₂ , C ₂ H ₂ O ₄ (пыль)
Сульфаминовой кислоты	NH ₃ , NH(SO ₃ NH ₄) ₂ , H ₂ SO ₄
Фосфора и фосфорной кислоты	P ₂ O ₅ , H ₃ PO ₄ , HF, Ca ₅ F(PO ₄) (пыль)
Уксусной кислоты	CH ₃ CHO, CH ₃ CO ₂ H
Сложных удобрений	NO, NO ₂ , NH ₃ , HF, H ₂ SO ₄ , P ₂ O ₅ , HNO ₃
Карбамида	NH ₃ , CO, (NH ₂) ₂ CO (пыль)
Аммиачной селитры	CO, NH ₃ , HNO ₃ , NH ₄ NO ₃ (пыль)
Суперфосфата	H ₂ SO ₄ , HF, пыль суперфосфата
Аммиачной воды и жидких углеаммиаков	NH ₃
Жидкого хлора	HCl, Cl ₂ , Hg
Хлорной извести	Cl ₂ , CaCl ₂ (пыль)
Полихлорвинилового смолы	Hg, HgCl ₂ , NH ₃
Тетрахлорэтилена	HCl, Cl ₂
Ацетона	CH ₃ CHO, (CH ₃) ₂ CO
Аммиака	NH ₃ , CO
Метанола	CH ₃ CHO, CO
Капролактама	NO, NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S, CO
Двуокиси титана	Ильменит, TiO ₂ , FeO, Fe ₂ O ₃
Ацетилен	C ₂ H ₂ , сажа
Карбофоса	SO ₂ , P ₂ O ₅ , H ₂ S, пыль карбофоса
Минеральных пигментов	Fe ₂ O ₃ , FeSO ₄
Целлюлозы	H ₂ S, Cl ₂ , SO ₂ , CH ₃ SH, (CH ₃) ₂ S

За год в атмосферу выбрасывается 200 млн т оксида углерода, более 20 млрд т диоксида углерода, 150 млн т серы, 53 млн т оксидов азота, свыше 120 млн т золы, более 50 млн т углеводородов. Одним из серьезнейших, глобальных последствий техногенного прогресса является нарастающее накопление в биосфере тяжелых металлов. Так, рассеивание в окружающей среде ртути и свинца составляет 80-90 % их годового производства. В связи с таким загрязнением возникают проблемы видимости, запыленности, деодорирования. Это создает угрозу здоровью человека и нормальному функционированию природы.

Ежегодный безвозвратный расход кислорода составляет до 10 млрд т. За последние 50 лет его использовано столько, сколько за последний миллион лет – около 0,02 % всех атмосферных запасов. Весьма остро стоит проблема загрязнения воздушной среды серосодержащими веществами, особенно в Северном полушарии, где сосредоточено до 90 % серы антропогенного происхождения. Производные серы вредно воздействуют на растительный мир и живые организмы, в том числе и на

людей. Они раздражают слизистую оболочку глаз и дыхательные пути. Продолжительное действие сернистого газа ведет к хроническому гастриту, гепатиту, ларингиту и другим болезням. Отмечается также зависимость между его концентрацией в воздухе и раком легких. В атмосфере сернистый газ каталитически превращается в кислые сульфаты, которые обладают более выраженным биологическим эффектом.

Сернистый газ в зависимости от влажности и других условий в воздухе находится от 5-6 ч до нескольких дней. При этом благодаря строительству высоких труб он переносится на большие расстояния. Трансграничные переносы обусловлены неравномерностью нагрева в разных широтах и способствуют переводу локальных загрязнений в промышленно развитых странах в глобальные.

Серьёзнейшая проблема связана с выбросом в атмосферу и образованием в ней сульфатов, особенно аммония, что приводит к туманам и снижению прозрачности за счет взвешенных частиц пыли. Выбросы сернистых соединений наносят и значительный экономический ущерб, так как теряется ценный продукт, ресурсы которого в настоящее время близки к истощению.

Помимо диоксида серы и других сернистых соединений, реальную угрозу для здоровья населения представляет выброс промышленной и транспортной пыли, содержащей в себе много токсичных веществ. Её длительное воздействие приводит к закупорке пор и снижению потоотделения. У людей, проживающих в запыленной местности, велика опасность фиброзных изменений в легких. Пыль с ядовитыми примесями приводит к отравлениям. Так, свинцовая пыль меняет состав крови и костного мозга, вызывает паралич лучевого нерва, поражает мозг, печень, почки. Проникновение пыли в мозг разрушает нервную систему, вызывает импотенцию и т.д.

В 2010 г. по сравнению с 2009 г. возросло на 2 % и достигло 75,7 % улавливание и обезвреживание загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников. Для твердых веществ этот показатель в 2010 г. составил 95,7 % (2009 г. – 95,3 %), оксида углерода – 32,4 % (31,2 %), диоксида серы – 28,5 % (25,2 %), ЛОС – 20,3 % (19,6 %), оксидов азота (в пересчёте на NO_2) – 7,6 % (6,7 %), углеводородов (без ЛОС) – 4,6 % (3,5 %).

Нарастающее загрязнение воздушной среды и связанные с этим грозные последствия требуют принятия действенных мер.

7.3. Пути снижения загрязнения атмосферы

Радикальной мерой борьбы с загрязнением атмосферы служит создание замкнутых технологических циклов, исключаящих выброс вредных веществ. Перспективна и комплексная переработка природного сырья по малоотходным технологиям. Вместе с тем такой принцип организации затруднен во многих хозяйствах. По этой причине актуальны меры, обеспечивающие сохранение допустимых санитарных норм. Одной

из них являются мероприятия, подавляющие или снижающие выбросы токсических веществ.

Такие мероприятия специфичны для каждого вида производства, хотя есть общие условия для многих отраслей. К важнейшим из них относится совершенствование технологии сжигания топлива. Конструкции устройств должны обеспечивать полное сжигание всех горючих компонентов, что устранит присутствие в выбросах сажи и оксида углерода. С этой целью их необходимо снабдить форсунками для перемешивания топлива с воздухом. Переход на сжигание дробленого топлива снижает выброс золы в 2-2,5 раза, субмикронных частиц с адсорбированными на них тяжелыми металлами – на порядок. В топках для снижения образования оксидов азота следует избегать превышения сверхрегламентированных температуры и объемов дутьевого воздуха. Для этого используют двухступенчатое сжигание топлива, рециркуляцию дымовых газов, сжигания в псевдосжиженном слое. Для снижения в выбросах диоксида серы целесообразна предварительная обработка топлива (обессеривание), его обогащение. Для этого возможно также связывание серы в процессе сжигания путем внесения щелочных присадок. Практически полностью исключается выброс этого загрязнителя при переводе котлов с твердого и жидкого топлива на газообразное или при замене пламенного нагрева электрическим.

Замена периодических процессов непрерывными позволяет, как правило, ликвидировать залповые выбросы, характерные для периодических технологий.

Для снижения пылеобразования следует герметизировать агрегаты, являющиеся источниками выбросов, а также максимально уплотнить воздухоотводящие тракты. В сушильных аппаратах нельзя допускать пересушивания материалов, в связи с чем возрастает пылеобразование при последующей переработке и транспортировке продукции. Для улучшения условий протекания процесса желательна увлажнение материала, если это не противоречит технологии.

В аппаратах пылегазоочистки важно обеспечить регламентированную стабильность технологических режимов, поскольку при этом сохраняются состав и количество выбросов, что обеспечивает оптимальную очистку. Если на данном этапе по объективным обстоятельствам невозможно организовать рациональную технологию, выделение из пылегазовых потоков вредных веществ, необходимо сооружение очистных сооружений. Однако в некоторых случаях их создание требует огромных материальных затрат. В связи с этим техногенные выбросы отводят через высокие трубы на большую высоту. При достижении приземного слоя токсиканты рассеиваются и их содержание не превышает нормативной величины.

Систематизация сведений позволяет конкретизировать меры по снижению загрязнения атмосферы аэрогенными выбросами:

- внедрение мало- и безотходных технологий, прежде всего в теплоэнергетике, металлургии, химической, целлюлозно-бумажной и других отраслях;
- оптимизация энергетического баланса страны, использование нетрадиционных источников, модернизация оборудования и т.п.;
- использование экологически оправданных процессов сжигания топлива, его предварительное обессеривание, газификация, пиролиз;
- внедрение высокоэффективных методов пылегазоочистки промышленных выбросов с максимальным использованием ее продуктов. Особое внимание необходимо уделять комплексной очистке газов от оксидов серы и азота, соединений галогенов и тяжелых металлов, выделению углеводородов и обеззараживанию канцерогенов;
- сокращение выбросов автотранспорта за счет совершенствования двигателей и аппаратуры, внедрения нейтрализаторов, снижения доли этилированного бензина и повышения вклада газа и дизельного топлива, лучшей организации дорожного движения;
- развитие системы контроля загрязнения атмосферы, в том числе внедрение автоматизированных и дистанционных систем;
- внедрение экономических методов стимулирования деятельности по охране атмосферы, включая плату за выбросы.

Только выявление характера промышленных эмиссий позволяет принять адекватные меры.

Помимо технологических мероприятий для снижения загрязнения атмосферного воздуха применяют архитектурно-планировочные решения и организация санитарно-защитных зон (СЗЗ). Первые из них на стадии выбора района строительства предприятия и компоновки зданий и сооружений не требуют особых затрат, но в дальнейшем существенно помогают сэкономить на газоочистке и создании СЗЗ. При этом важно избегать строительства таких производств в местах застоя воздуха, в низинах и котловинах, а также в районах с часто повторяющимися туманами и повышенными температурными инверсиями. Особое внимание нужно обращать на взаимное расположение предприятий и жилых районов. Для каждого из вариантов необходимо определить норматив ПДВ с учетом удаленности района, рельефа местности и климатических условий.

Размеры санитарно-защитной зоны предприятия рассчитывают исходя из его мощности, специфики технологических процессов, характера и количества вредных выбросов, вибрации и других негативных факторов. При этом установлено пять классов предприятий:

Класс	I	II	III	IV	V
Размер зоны, м	1000	500	300	100	50

При необходимости и соответствующем обосновании размер зоны может быть увеличен, но не более чем втрое. Эти размеры, установленные в санитарных нормах, должны подтверждаться расчетами рассеяния выбросов. При этом на границе СЗЗ концентрация вредных веществ в приземном слое не должна превышать ПДКм.р.

Расчетные данные должны уточняться в зависимости от розы ветров района расположения предприятия по формуле

$$L_{(M)} = L_{o(M)} P / P_o, \text{ при } P > P_o,$$

где $L(M)$ – расчетный размер СЗЗ с учетом розы ветров;

$L_o(M)$ – расчетное расстояние от источника до точки, в которой $C = \text{ПДК}/P$ (%) – среднегодовая повторяемость направления ветров рассматриваемого румба;

P_o (%) – повторяемость направления ветров одного румба при круговой розе ветров.

7.4. Очистка газовых потоков от аэрозолей и газообразных компонентов

Способы очистки газовых потоков характеризуются шестью группами факторов: составом используемого оборудования, необходимыми ресурсами, параметрами входного и выходного потоков, влиянием на выходной процесс и вариантами использования газового потока. В основном учитывают следующие уровни классификации:

- по составу улавливаемых веществ;
- по составу оборудования (способу очистки);
- по степени влияния на основное производство;
- по режиму эксплуатации.

Согласно первому из признаков очистка газовых потоков отличается по удалению:

- твердых частиц (механические осадители, мокрые инерционные пылеулавливатели, фильтры и электрофильтры);
- газообразных загрязнителей (абсорбция, адсорбция, конденсация, дожигание, химические методы).

По признакам второго уровня выделяют варианты конструкции оборудования очистки. Например, для абсорбции используют абсорберы с насадкой, скрубберы Вентури, мокрые электрофильтры и т.д. По видам привлекаемых ресурсов выделяют варианты с потреблением воды, щелочных растворов, малолетучих органических жидкостей, твердых материалов.

При рассмотрении признаков третьего уровня выделяют: количество выбрасываемых газов (производительность основных объектов), содержание загрязнителей в них, наличие твердых частиц в потоке, способы транспортировки, утилизации и удаления образующихся при

очистке материалов, возможность использования очищенных газов в основном производстве, издержки на очистку.

Последний из уровней основывается на вариантах режима эксплуатации оборудования очистки. Для адсорбции, например, они определяются параметрами: направлением и скоростью потоков газа и жидкости, размером и типом насадки, величиной гидравлического сопротивления.

В последнее время активно внедряются методы «сухой очистки» газов, новые конструкции аппаратов по их очистке от пыли и примесей.

Правовые меры по охране атмосферного воздуха

Для сохранения качества воздуха устанавливаются нормативы воздействия на него в виде:

- производственных нормативов: ПДВ загрязняющих веществ в атмосферу; нормативов шумового, теплового, вибрационного, радиационного, электромагнитного и других воздействий; временно согласованных выбросов (лимитов) загрязнителей;
- территориальных нормативов – значения критических совокупных нагрузок на воздушную среду от различных хозяйственных и иных объектов с учетом трансграничного и межрегиональных переносов поллютантов в пределах территориально-административных образований.

Кроме того, устанавливаются нормативы ПДК различных загрязнителей в атмосфере и нормативы предельно допустимых уровней вредных физических воздействий.

Оздоровлению воздушной среды способствует законодательно закрепленный институт платы за вредное воздействие на воздух. В частности, взимается плата за его загрязнение стационарными источниками: за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов и в повышенных размерах – за их выбросы сверх установленных норм. Внесение платы за загрязнение воздуха и его потребление не освобождает природопользователя от выполнения воздухоохраных мероприятий и возмещения ущерба, причиненного нарушением экологических требований.

Состояние воздуха зависит от соблюдения экологических требований при организации и ведении хозяйственной и иной деятельности.

Природопользователь обязан:

- организовать улавливание, утилизацию, обезвреживание вредных веществ или полное исключение их выбросов;
- оснастить предприятие оборудованием для очистки выбросов от вредных веществ, а также средствами контроля за количеством и составом выбросов;

- предусмотреть организацию санитарно-защитных зон вокруг хозяйственного объекта;
- обеспечить вывоз загрязняющих воздух отходов на предприятия, использующие их в качестве сырья, или на специализированные свалки;
- представлять органам, осуществляющим государственный контроль за использованием и охраной воздуха, своевременную, полную и достоверную информацию по вопросам охраны атмосферного воздуха;
- выполнять предписания органов, осуществляющих государственный контроль за использованием и охраной воздуха, по устранению нарушений воздухоохранного законодательства.

Законодательством запрещается:

- выброс загрязняющих веществ без разрешения соответствующих органов;
- превышение нормативов выбросов загрязняющих веществ и иных вредных воздействий;
- действия, направленные на искусственные изменения состояния воздуха, если они приводят к негативному воздействию на погоду и климат;
- производство и использование химических веществ и отходов предприятий, вредно влияющих на озоновый слой Земли;
- сжигание различных видов мусора и отходов производства и потребления, в том числе токсичных, открытым способом и без очистки отходящих газов;
- эксплуатация транспортных и иных передвижных средств с превышением установленных нормативов выбросов загрязнителей;
- размещение в населенных пунктах терриконов, отвалов, складирование промышленных отходов, бытового мусора и других отходов, являющихся источниками загрязнения воздуха.

Для поддержания атмосферного воздуха на безопасном для людей уровне органами контроля осуществляется учет (инвентаризация) неблагоприятных воздействий на него, а также наблюдение (мониторинг) за состоянием воздушной среды и источников его загрязнения. Предупреждению загрязнения служит право органов представительной и исполнительной власти, органов контроля принимать решения о приостановке эксплуатации или даже закрытии предприятия, цехов, участков, передвижных средств, загрязняющих атмосферу. Законодательством предусматривается также создание зеленых зон вокруг

предприятий-загрязнителей, проведение лесопосадок в целях нейтрализации вредных выбросов.

Дополнением к нормативным расчетам при регулировании загрязнения воздушной среды является рыночный механизм продажи прав на её изменение. Эти права могут продаваться государственными органами предприятиям или одним предприятием другому. Система «торговли правами» эффективно использована при выдаче разрешений на размещение новых предприятий на территории с напряженной экологической обстановкой. Документом, закрепляющим получение прав, является лицензия. В сфере экологической деятельности применяют лицензии на право выбросов в окружающую среду. Использование экологических лицензий вместо налогов позволяет перевести систему государственного регулирования в систему рыночного управления. Их рынок, определяя цену лицензий, управляет интересами предприятия по инвестициям и составу продукции.

Торговля квотами на загрязнение является наиболее гибким из всех известных методов экономического регулирования качества природной среды. Она позволяет сочетать экономические требования с экологическим расчетом, деловой активности с внедрением достижений прогресса. Предприятие-источник вредных выбросов имеет различные мотивы для заключения экологической сделки. Оно может проводить такую политику, которая уменьшит платежи за не обеспеченные разрешением выбросы.

Контрольные вопросы и задания

1. Расскажите об особенностях и характере воздействия на атмосферу загрязнителей.
2. Охарактеризуйте загрязнение атмосферного воздуха в городах России. Где на территории РФ расположены регионы с высокой степенью загрязнения атмосферы?
3. Что такое санитарно-защитной зоны?
4. Какие загрязняющие вещества выбрасывают в атмосферу предприятия ТЭК и ЛПК?
5. Какие существуют программы по снижению воздействия на атмосферу в России и за рубежом?
6. Охарактеризуйте возможности правового регулирования воздействия на атмосферу.
7. Влияет ли сельское хозяйство на состояние атмосферы?
8. Перечислите опасные последствия загрязнения атмосферы.
9. Как транспорт влияет на химический состав атмосферы?

ГЛАВА 8. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ

Вода – своеобразный минерал, обеспечивающий существование живых организмов на Земле. Она входит в состав клеток и тканей любого растения или животного. Сложнейшие реакции в этих организмах могут протекать только при наличии воды. Климат и погода на планете во многом зависят и определяются присутствием воды и содержанием водяного пара в атмосфере. Реки и моря имеют огромное значение для транспорта. Вода служит источником электроэнергии, необходима промышленности и сельскому хозяйству.

Вода является важнейшим компонентом окружающей среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом. Она используется и охраняется в России как основа жизни и деятельности народов, проживающих на данной территории, обеспечивает экономическое, социальное и экологическое благополучие населения, существование растительного и животного мира.

Вода содержится во всех компонентах биосферы – биоте, почве, воздухе, горной породе и т. п. Все земное вещество пронизано и охвачено водой. Благодаря своей исключительной способности к образованию сложных химических соединений вода стала источником жизни на Земле. Потеря 10-20 % воды организмами животных приводит к их гибели. И даже кажущиеся сухими минералы содержат до 3,5 % воды.

Вода на Земле находится в твердом, жидком и газообразном состоянии, что делает нашу планету уникальной. Водяной пар задерживает тепловое излучение с поверхности Земли, но пропускает солнечные лучи, что способствует смягчению климата. Лед не тонет в воде, что не дает возможности промерзнуть водоемам до дна и тем самым сохранить в них жизнь зимой. Уникальны и некоторые другие физические свойства воды. Она имеет самую высокую по сравнению с другими жидкостями теплоемкость, теплопроводность, удельную теплоту парообразования. Следствием этих свойств является медленное нагревание и охлаждение воды, что существенно определяет её воздействие на климат. По химическим свойствам это соединение представляет собой реакционноспособное вещество, вступающее в реакции с соединениями различных классов – щелочными металлами, галогенами, кислородом и т.д.

Вода занимает особое положение среди природных богатств Земли. Она незаменима. Иссякнут запасы металлов – быть может, удастся заменить их пластмассами; не хватит растительных и животных белков – научатся получать их синтетически; даже вместо воздуха пригодна в некоторых случаях искусственная смесь газов. Вода будет необходима во все времена и всюду, где существуют земные формы жизни.

В настоящее время обеспеченность водой человека в различных регионах значительно варьирует. Изучение водных ресурсов планеты в связи с непрерывным увеличением ее потребления показало, что в ряде

стран с развитой экономикой назрела угроза недостатка воды. Вода, покрывающая 71 % поверхности земного шара, становится в наши дни одним из самых дефицитных товаров.

8.1. Водопотребление и водопользование

В начале своего образования Земля не имела свободной воды. Затем, по мере выплавления и дегазации вещества мантии, её объем постепенно возрастал, и 4,5 млрд лет назад он составил 20 млн м³. Этот процесс продолжается и в настоящий период с интенсивностью 1 млн м³/год. Отсюда следует, что гидросфера своим происхождением обязана глубинным процессам в недрах Земли. Предполагается, что в мантии заключено около 20 млрд м³ воды, т.е. в 15 раз больше, чем в нынешней гидросфере. Общие запасы воды оцениваются в 1,5 млрд м³ (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Запасы воды и активность водообмена

Часть гидросферы	Объем, тыс. км ³	Элемент баланса, тыс. км ³ год	Активность водообмена, число лет
Океан	1370000	452	3000
Подземные воды	60000	12	5000
В т.ч. зоны активного водообмена	4000	12	300
Полярные ледники	24000	3	8000
Поверхностные воды суши	280	40	7
Реки	1,2	40	0,030
Почвенная влага	80	80	1
Пары атмосферы	14	525	0,027
Вся гидросфера	1454000	525	2800

Наибольший объем воды, примерно 94 %, сосредоточен в морях и океанах, занимающих около 71 % площади планеты. На втором месте находятся подземные воды – 4,12 %. Третье место (1,64 %) принадлежит полярным и горным ледникам. На долю озер и болот приходится 0,02 % гидросферы, рек – ещё меньше. Такое равновесие поддерживается благодаря кругообороту, происходящему под влиянием солнечной энергии, силы тяжести, деятельности живых существ и человека. В основном, существует по одному источнику прихода (осадки) и расхода (испарение) воды, которые оцениваются в 525 тыс. км³ или 1030 мм/год.

Круговорот воды и антропогенное воздействие

В отличие от других природных ресурсов вода находится в непрерывном движении, совершая круговорот в природе, который связывает все воды Земли воедино и делает их практически неисчерпаемыми. Началом круговорота служит испарение воды с поверхности всех водоемов, предметов и организмов, включая транспирацию. Атмосферная влага выпадает в виде снега и дождя, питая реки, подземные воды, озера, поглощаясь почвой. Затем она вновь

возвращается в моря и океаны, обеспечивая постоянный обмен водных масс.

Важным параметром, количественно характеризующим кругооборот, является активность, или скорость, водообмена, определяющаяся отношением обмена части гидросферы к приходному или расходному элементу её баланса в процессе круговорота. Другими словами, активность – число лет, необходимых для полной замены воды в конкретном элементе. Наиболее замедленным является процесс круговорота воды в полярных ледниках (8000), подземных водах (5000) и океане (3000 лет), что указывает на значительную важность самоочищения в этих водоемах. Наибольшей активностью после атмосферной влаги характеризуются речные воды, сменяющиеся в среднем за 11 дней. Это свидетельствует о быстрой их возобновляемости – в течение года здесь происходит 40-кратный обмен. По этой причине речная вода практически всегда пресная.

Суммарный объем пресных вод в России оценивается в 60000 км³, треть которых содержится в озерах, в том числе 23 км³ в Байкале. Возобновляемые ресурсы пресных вод составляют 40-45 тыс. м³, из которых 60 % стекают в бассейн Ледовитого и 21 % – Тихого океанов. Енисей (630 км³), Лена (532), Обь (404), Амур (344) и Волга (254 км³) переносят почти половину всего стока нашей страны. На европейскую часть с её 70 % населения и основным промышленным потенциалом приходится лишь 20 % речного стока. Особенно дефицитна вода на территории, граничащей с Украиной, где на каждого жителя ее приходится в 18 раз меньше, чем в среднем по стране. Весьма сложно положение с водой на Урале и Кавказе¹⁰⁴.

На ряде рек страны водозабор превышает нормы, составляя более половины среднего стока рек Дона, Урала, Кубани, Терека и др. На реке Дон он составил 64 %, причем подавляющее количество приходится на маловодный летний период. Отсюда следует, что деградация водных объектов на юге и Урале происходит преимущественно за счет большого забора воды.

Основная масса воды расходуется на хозяйственно-питьевые нужды населения, для сельского хозяйства и промышленности. Кроме того, ее потребителями являются гидроэнергетика, здравоохранение, транспорт, рекреация, лесное хозяйство, пожарная безопасность. Классификация воды по целевому назначению приведена на рис. 8.1. Хозяйственно-питьевая вода должна быть безвредна, иметь хорошие органолептические показатели и быть пригодной для употребления в быту. Качество такой воды регламентируется ГОСТом 2874-82 «Вода питьевая». Требования к воде сельскохозяйственного назначения обусловлены целями, для которых она используется: для животноводства, орошения и т.д. Технологическую воду подразделяют на средообразующую, промышленную и реакционную.

¹⁰⁴ Экологическое состояние России/ Под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 128 с.

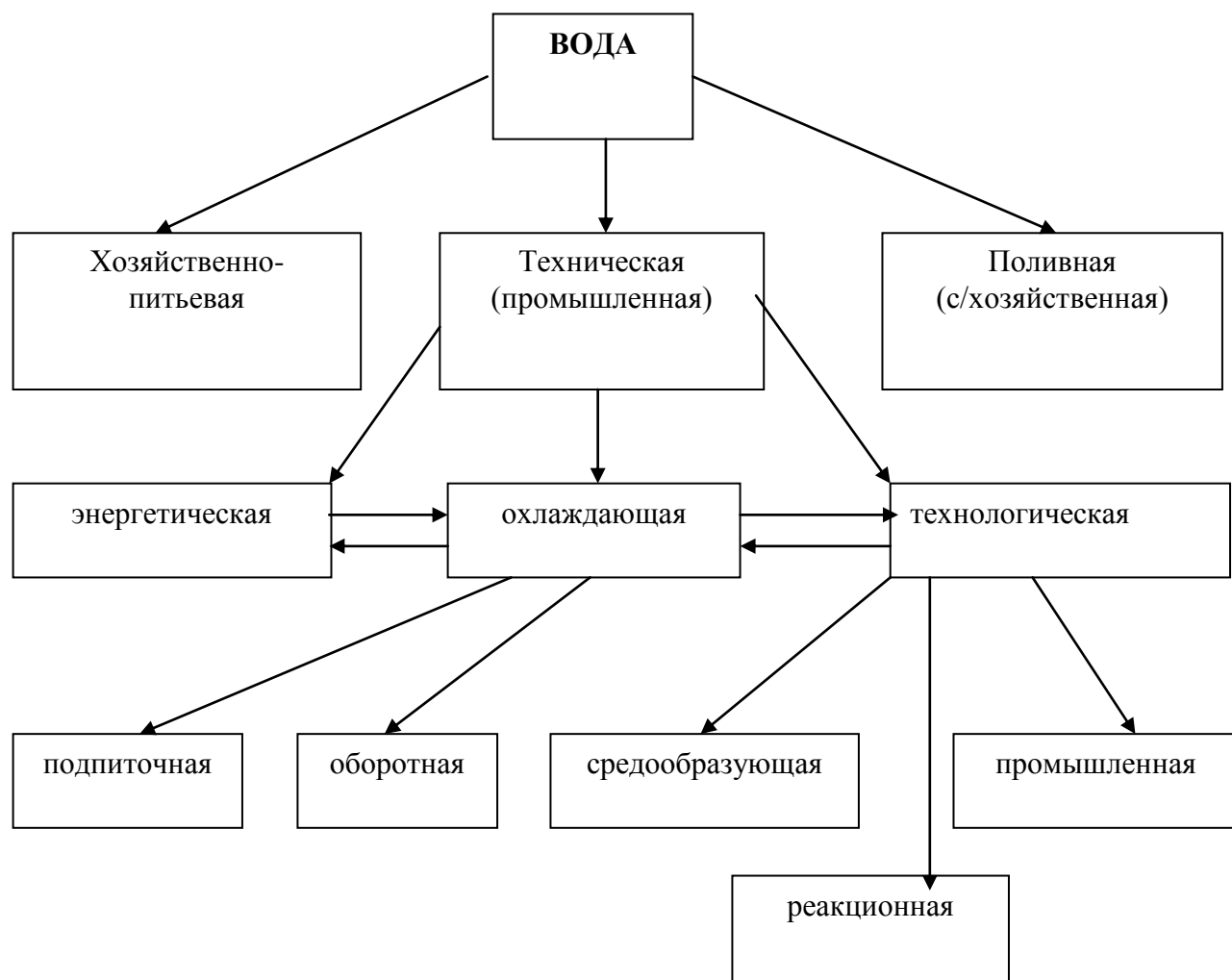


Рис. 8.1. Классификация воды по целевому назначению

Антропогенная деятельность, помимо изменения структуры водопотребления, ведет к существенному преобразованию гидросферы, нарушающему естественный режим водоемов. Этому способствует строительство водохранилищ, каналов, увеличение площадей орошаемого земледелия, урбанизация, загрязнение вод промышленными стоками и пр. В мире насчитывается около 30 тыс. водохранилищ, каждое из которых объемом более 1 млн м³. 95 % содержащейся в них воды приходится на водохранилища объемом выше 100 млн м³. Самое крупное долинное – Братское (169 км³) и второе по площади зеркала – Куйбышевское (5900 км²). Наряду со стабилизацией стока водохранилища изменяют режим грунтовых вод, занимают плодородные земли, приводят к засолению. В частности, сооружение Волжско-Камского и днепровских гидрохимических комплексов превратило великие самоочищающиеся реки в цепи гниющих водоёмов. В России крупные водохранилища (90 % из 237) занимают площадь 15 млн га. В стране созданы крупные системы переброса воды для орошения, транспортные цели и водоснабжения промышленных предприятий и населенных пунктов (табл. 8.2). Эти гидротехнические сооружения привели к частичной деградации речных систем, особенно рек европейской части, Урала и юга России.

Системы переброски воды в России

Канал или гидротехническая система	Год ввода	Длина, км	Объем переброски, м ³ /год	Основное назначение
Канал им. Москвы	1937	128	2,3	Водоснабжение
Вышеволоцкая система	1946	18	0,9	Транспорт
Невиномысский канал	1948	46	1,3	Орошение
Волго-Донской канал	1952	101	0,6	Транспорт, орошение
Большой Ставропольский канал	1957	159	5,7	Орошение
Донской магистральный канал	1958	112	1,0	Орошение
Терско-Кумский канал	1961	150	1,0	Орошение
Кубань-Калаусская система	1962	159	1,6	Орошение
Волго-Увадь, канал	1966	78	0,2	Водоснабжение
Волго-Балтийский водный путь	1966	361	1,2	Транспорт
Вазузская гидротехническая система	1978	190	0,8	Водоснабжение

В начале XXI в. водопотребление в мире по сравнению с началом XX века возросло в 10 раз. Отличие состоит в более мощном наращивании водопотребления на промышленные нужды – с 2,3 % в 1900 г. до 30 % в 2000 г. Но основным потребителем по-прежнему остается сельское хозяйство (57 %), что обусловлено наращиванием доли поливного земледелия (за 40 лет с 1960 г. по 2000 г. на 300 млн га). Ещё значительнее нарастание водопотребления за этот период по континентам: в Европе – в 18, Северной Америке – в 12, в Азии – в 8 раз. При этом основными потребителями воды остается Азия – 3140 км³/год – 60 % общемирового потребления, где расположены основные орошаемые массивы. Для сравнения – в Северной Америке расходуется 796 км³ (15 %) и Европе 673 км³ (13 %).

Суммарный забор воды из природных водных объектов в РФ в 2010 г. возрос по сравнению с 2009 г. на 1,5 % и составил 76 497 млн м³ (табл. 8.3). Всего в России в 2010 г. использовано 57 972 млн м³ свежей воды (2009 г. – 57677 млн м³). Структура водопотребления характеризуется следующими показателями: производственные нужды – 60,2 %, хозяйственно-питьевые нужды – 18,3 %, орошение – 13,6 %, сельскохозяйственное водоснабжение – 0,9 %, прочие нужды – 6,5 %.

Потери воды во внешних сетях при транспортировке от водоисточников до водопотребителей составили 7528 млн м³. Наибольшие потери воды – 24,2 % от объема водозабора отмечены в сельском хозяйстве. Так как при выращивании 1 т пшеницы расходуется до 1500 т воды, 1 т хлопка – 10000 т. В промышленности вода потребляется для растворов, охлаждения и нагревания жидкостей и газов, очистки материалов, транспортировки, теплоэнергетических целей и т.д. Для производства 1 т стали или чугуна необходимо 15-20 м³ воды, азотной кислоты – 50-180, синтетического волокна – 500, пластмасс – 500-1000,

синтетического каучука – 2000-3000. Для работы теплоэлектростанции средней мощности ежегодно требуется более 300 км³ воды, химического комбината – 1-2 млн м³ воды в сутки.

Объем сточных вод, сброшенных в поверхностные водные объекты в 2010 г., увеличился на 0,4 % по сравнению с 2009 г. и составил 47 921 млн м³. При этом сброс загрязненных сточных вод возрос на 2,4 % – до 16 239 млн м³ (33,9 % от общего объема сброса сточных вод). Основной объем загрязненных сточных вод сброшен водопользователями, относящимися к отраслям: производство и распределение электроэнергии, газа и воды (54,3 %) и обрабатывающие производства (16,5 %).

Объем нормативно очищенных сточных вод уменьшился с 2036 млн м³ в 2009 г. до 2002 млн. м³ в 2010 г. Данные о сбросе загрязняющих веществ со сточными водами приведены в табл. 8.3.¹⁰⁵

Таблица 8.3

**Показатели водопотребления и водоотведения
в Российской Федерации в 2010 г., млн м³**

Показатели	Всего по России	в том числе по разделам ОКВЭД		
		производство и распределение электроэнергии, газа и воды	сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	обрабатывающие производства
Забрано воды из водных объектов, всего	76497	41667	18547	5337
в том числе:				
• пресной воды из поверхностных источников	61648	30870	17795	4592
• воды из подземных источников	9768	5276	649	726
• морской воды	5081	5413	0	18
Использовано воды, всего	57972	38300	8946	5067
в том числе на нужды:				
• хозяйственно-питьевые	10616	8501	233	545
• производственные	34900	29001	144	4395
• орошения	7900	39	7700	33
• сельскохозяйственного водоснабжения	528	37	410	10
• прочие	3740	722	459	84
Потери при транспортировке	7528	2350	4487	91
Сброшено в поверхностные водные объекты, всего	47921	33931	3715	4220
в том числе:				
• загрязненных	16239,3	8817	857	2678
• нормативно чистых	29680	24645	2838	835
• нормативно очищенных	2002	1163	5,1	372

¹⁰⁵ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году»

О динамике основных показателей водопользования в Красноярском крае можно судить по данным табл. 8.4¹⁰⁶.

Таблица 8.4

**Динамика основных показателей водопользования
в Красноярском крае, млн м³**

Показатели	1996	2006	2007	2008	2009	2010
Забрано свежей воды	3227,0	2809,0	2908,4	3288,5	2722,0	2559,0
Использовано воды, всего	3127,0	2545,0	2629,0	3017,0	2455,0	2296,0
в том числе на нужды:						
• производственные	2719,0	2147,0	2258,0	2647,0	2082,0	1920,0
• хозяйственно-питьевые	337,0	212,1	204,7	205,6	210,4	208,3
• сельскохозяйственные (в т.ч. орошение)	55,0	8,85	8,4	7,1	8,1	7,3
• прочие	16,0	176,7	158,1	157,1	161,9	151,4
Сброшено в поверхностные водные объекты, всего	2722,0	2423,3	2531,3	2905,0	2341,8	2172,3
в том числе:						
• нормативно-чистые	2023,0	1910,0	2031,5	2369,0	1834,4	1683,4
• загрязненные недостаточно очищенные	530,0	412,6	393,2	427,1	406,8	399,4
• загрязненные (без очистки)	149,0	49,7	55,7	54,4	46,2	45,4
• нормативно-очищенные	20,0	51,0	50,9	54,5	50,9	44,2

В табл. 8.5 приведены данные о воздействии отраслей хозяйственной деятельности на водные объекты Красноярского края¹⁰⁶.

Таблица 8.5

**Динамика основных показателей, характеризующих воздействие видов
экономической деятельности на водные объекты Красноярского края,
млн м³**

Виды экономической деятельности	Использовано свежей воды, всего	Объем водооборотной и повторно- последовательно используемой воды	Водоотведение сточных вод в поверхностные водоемы				
			всего	загрязненной		нормативно- очищенной	нормативно чистой
				всего	без очист- ки		
1	2	3	4	5	6	7	8
Производство, передача и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды, том числе:	1765,94	1838,6	1676,27	249,37	3,74	11,17	1415,74
• сбор, очистка и распределение воды	173,49	2,11	34,68	24,5	0,58	10,07	0,11

¹⁰⁶ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2009 год». - Красноярск, 2010. – 237 с.

окончание табл. 8.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Обрабатывающие производства, всего, в том числе:	358,47	1126,01	263,5	84,75	31,8	23,22	155,54
• производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов	176,69	129,22	172,67	0,0	0,0	22,08	150,59
• металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	132,34	918,17	70,42	66,81	31,07	0,23	3,39
• другие виды обрабатывающих производств	49,44	78,62	20,41	17,94	0,73	0,91	1,56
Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	8,5	2,34	0,37	0,22	0,02	0,0	0,15
Добыча полезных ископаемых	19,25	283,4	32,48	24,09	0,03	5,2	3,19
Другие виды экономической деятельности	143,54	0,24	199,69	86,3	9,78	4,62	108,76
Всего по краю	2295,70	3250,58	2172,33	444,73	45,37	44,21	1683,38

Качество воды основных водных объектов Красноярского края оценено в 2010 г. следующим образом: Красноярское водохранилище – «загрязненная» – «очень загрязненная»; реки Енисей и Кан – «очень загрязненная» – «грязная»; реки Чулым, Ангара, Нижняя Тунгуска, Подкаменная Тунгуска – «грязная». К качеству используемой воды предъявляются достаточно высокие требования, что обуславливает сложную систему водоочистки и водоподготовки. Оно устанавливается исходя из ее назначения и требований процесса.

Качество воды и влияние на него стоков

Качество воды серьезно ухудшается в связи с нарастающим загрязнением. Оно происходит в основном за счет естественных хозяйственно-бытовых и промышленных стоков, дренажных вод с орошаемых земель, водного транспорта. В 2010 г. сбросы в поверхностные водные объекты только в России составили 479 км³, которые способны сделать непригодными более 9000 км³ чистой воды, что в 1,5 раза больше речного стока бывшего СССР. При этом 33,9 % от сброшенных – грязные воды, 61,9 % – нормативно чистые и 4,2 % – нормативно очищенные.

Качество воды во многом определяется ее сточными водами, которые разделяются на атмосферные, городские и промышленные. Атмосферные воды помимо воздушных промышленных загрязнителей

содержат смываемые с поверхности вещества. В городских смывах находятся нефтепродукты, фенолы, кислоты и т.д. Городские сточные воды загрязнены фекалиями, детергентами, микроорганизмами. Промышленные сточные воды в зависимости от отрасли производства имеют специфический состав. С развитием производства растет и количество жидких отходов.

Для Енисея и его бассейна основными загрязняющими веществами являются соединения железа, цинка, марганца, алюминия и нефтепродукты. В створах г. Красноярск, кроме указанных загрязняющих веществ, в воде р. Енисей фиксировали повышенное содержание соединений кадмия (до 2,9 ПДК). Качество воды р. Енисей, учитывая его протяженность около 1600 км, неоднородно: в 2010 г. в большинстве створов вода характеризовалась как “загрязненная” и “очень загрязненная”, примерно в 40 % створов – как “грязная”. Наиболее высокий уровень загрязненности воды реки отмечен ниже г. Кызыл (“грязная” и “очень грязная”), при этом критического уровня загрязненности достигали в 2010 г. соединения меди.

Вода притоков р. Енисей характеризуется как “грязная”, “очень загрязненная” и “загрязненная”. Основными ингредиентами, достигавшими критического уровня загрязненности воды отдельных рек, являлись: соединения меди, цинка, марганца, изредка соединения кадмия (р. Рыбная), алюминия и фенолы (р. Тея). Одним из наиболее загрязненных притоков Енисея на территории Красноярского края является р. Кача в районе г. Красноярск в воде, которой 13 из 17 (2010 г.) показателей учитываемых в комплексной оценке превышали установленные нормативы. Содержание соединений марганца достигало критического уровня¹⁰⁷.

Основными источниками водоснабжения населения Красноярского края являются напорные и безнапорные подземные водоисточники. Удельный вес проб воды из источников централизованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, составляет 28,6 %, по микробиологическим показателям – 5,7 %¹⁰⁷.

Вода Братского водохранилища (р. Ангара) во всех створах до г. Братск оценивается как “слабо загрязненная”, а в черте г. Братск, под воздействием сбросов предприятий города, и у пос. Падун, а также в заливе Дондир – как “загрязненная” и “очень загрязненная”. Вода входного створа Усть-Илимского водохранилища (р. Ангара) характеризовалась в 2010 г. как “слабо загрязненная”. По-прежнему наиболее загрязненным створом Усть-Илимского водохранилища является створ у с. Усть-Вихорева, где вода характеризуется как “грязная”. Сульфатный лигнин в 2010 г. был показателем, достигшим критического уровня загрязненности.

¹⁰⁷ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2009 год». - Красноярск, 2010. – 237 с.

Река Вихорева на протяжении ряда лет остается самым загрязненным притоком р. Ангара, основными источниками загрязнения которой являются сточные воды ОАО “Целлюлозно-картонный комбинат” и МП ЖКХ г. Братск (критические показатели по загрязненности воды сульфидами, сероводородом, формальдегидом, лигнином, нефтепродуктами, аммонийным и нитридным азотом).

Условия отведения сточных вод в водные объекты определяются с учетом:

- степени возможного смешения и разбавления сточных вод водой объекта;
- фонового качества воды объекта выше места рассматриваемого выпуска сточных вод;
- нормативов качества водных объектов применительно к виду водопользования.

В общем виде связь между необходимой степенью очистки сточных вод перед их спуском в водоем и санитарными требованиями выражается соотношением

$$C_{СТ} \leq \frac{\alpha Q}{q} (C_{ПР.Д.} - C_P) + C_{ПР.Д.},$$

где $C_{СТ}$ – концентрация загрязнителя в сточных водах, которая должна быть достигнута в результате их очистки и при которой не будут нарушены санитарные требования при спуске в водоем;

$C_P, C_{ПР.Д.}$ – концентрация и ПДК загрязняющего вещества в воде водоема;

Q и q – расход воды в водоеме и расчетный расход сточных вод (наименьший среднемесячный);

α – коэффициент смещения, показывающий, какая часть расхода воды в водоеме смешивается со сточными водами в расчетном створе.

Кратность разбавления определяется по формуле

$$n = \frac{\alpha Q + q}{q}.$$

На основании расчетов для каждого выпуска сточных вод и каждого загрязняющего вещества устанавливают нормы предельно допустимых сбросов (ПДС) вещества в водные объекты, соблюдение которых должно обеспечить нормативное качество воды в расчетном створе в соответствии с требованиями к тому или иному виду водопользования.

Различаются следующие основные виды сточных вод:

- Реакционные воды, загрязняемые как исходными, так и конечными продуктами.
- Связанная и свободная вода сырья и исходных компонентов.
- Промывные воды, включающие маточные водные растворы.

- Водные экстрагенты и абсорбенты.
- Охлаждающие воды, используемые в системах оборотного водоснабжения.
- Бытовые воды.
- Атмосферные осадки, загрязненные различными химикатами.

В сточных водах гидролизного производства содержатся спиртовые, фурфурольные, эфирные и альдегидные компоненты, кислоты, скипидары, последрожжевая бражка. В состав выбросов целлюлозно-бумажных предприятий входят волокна и растворимые органические вещества (углеводы, смолы, жиры). Так, в Финляндии они составляют 84 % суммарных стоков, в Швеции – 80 %, в США – 13 %. Целлюлозно-бумажные стоки разрушаются при протекании аэробных процессов, что связано с усиленным потреблением кислорода. Кроме того, загрязненные сточные воды накапливаются при обработке целлюлозной и бумажной массы, при промывке и концентрировании целлюлозы, конденсации сдувок, удалении шламов, окорке балансов. Показатели сброса сточных вод на единицу товарной продукции приведены в табл. 8.6.

Таблица 8.6

Характеристика стоков целлюлозно-бумажных предприятий

Вид продукции	Количество сточных вод на 1 т продукции, м ³	Среда	Цвет стока
Сульфитная небеленая целлюлоза	130-155	Кислая	Темно-коричневый
Сульфитная беленая целлюлоза	425-500	Нейтрально-щелочная	Коричневый
Картон	30-60	Нейтральная	Коричневый
Бумага	50-60	Слабокислая	Бесцветный
Сульфатная небеленая целлюлоза	101-116	Щелочная	Темно-коричневый

8.2. Создание замкнутых водооборотных систем

Системы производственного водоснабжения подразделяются на прямоточные, в которых воду после использования очищают и сбрасывают в водоем; оборотные, когда загрязненную воду очищают и охлаждают, а затем многократно потребляют в том же объекте; с последовательным использованием воды в другом производстве, после чего спускают в водоем.

При прямоточном и последовательном водоснабжении объем сточных вод определяется её количеством, подаваемом предприятию Q_n за исключением безвозвратного расхода и потерь Q_{np} и при очистке $Q_{оч}$:

$$Q_{ст} = Q_n - (Q_{np} + Q_{оч}).$$

Прогрессирующее истощение водных ресурсов настоятельно требует внедрения замкнутых систем производственного водоснабжения. Его целесообразность обусловлена тремя основными причинами:

1. Дефицит пресной воды. Водонедостаточными являются районы на юге и юго-востоке России, занимающие территорию около 5 млн км². Дефицит пресной воды, помимо нарастания водопотребления, усугубляется деградацией качества воды из-за поступления в природные источники сточных вод. Положение ухудшается еще и тем, что отмечается общая тенденция к увеличению содержания солей в сбрасываемых водах. Сточные воды содержат много биогенных элементов, прежде всего азота и фосфора, что ведет к повышению биопродуктивности водоемов – эвтрофикации с накоплением сине-зеленых водорослей и существенным уменьшением растворенного кислорода. Цветение воды резко ухудшает её качество и создает трудности водоснабжения. Кроме того, сине-зеленые водоросли продуцируют сильнейшие токсины: алкалоиды, низкомолекулярные пептиды и др. Эти токсины могут вызывать цирроз печени и дерматиты у людей, отравление и гибель животных. О серьезности этой проблемы свидетельствует факт работы в этом направлении по линии ЮНЕСКО.

2. Истощение обезвреживающей (самоочищающей и разбавляющей) способности водоемов, в которые сбрасываются сточные воды. Прогноз развития хозяйственной деятельности человека показывает, что для разбавления сточных вод до нормального уровня потребуется использование всех водных ресурсов планеты. В частности, для разбавления ежегодно сбрасываемых в Волгу стоков (22,5 км³) до рыбохозяйственных нормативов необходимо было бы ещё две Волги.

В принципе вопрос о самоочищении водоемов, разрушении или нейтрализации в них загрязнителей является весьма сложным. Он зависит от конкретных физико-географических условий. Причем для многих стойких загрязнителей, таких как фенолы и тяжелые металлы, самоочищение может оказаться нулевым. В общем виде механизмы таких процессов разделяются на физические (оседание частиц, испарение), химические (окисление кислородом, гидролиз) и биологические. В последнем случае токсические вещества могут включаться в обмен веществ, подвергаться детоксикации, разрушаться. В самоочищении водоемов участвуют многие гидробионты, но основную нагрузку несут бактерии, простейшие и водоросли.

3. Серьезное экономическое преимущество по сравнению с очисткой промышленных сточных вод до соответствующих нормативов, которые регламентируют их сброс в естественные водоемы. Развитие современной техники и технологии очистки сточных вод обеспечивает получение воды практически любой чистоты. Она лишь определяется стоимостью этой операции. Если принять стоимость 90 %-й очистки за единицу, то очистка на 99 % обойдется в 10 раз дороже, а на 99,9 %, которая часто и требуется для достижения предельно допустимой

концентрации, будет дороже в 100 раз. По этой причине локальная очистка сточных вод для их повторного промышленного использования нередко оказывается заметно дешевле их полной очистки в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологических органов. В целом рецикл всегда выгоднее, чем прямоточная система водоснабжения.

При оборотном водоснабжении исключается сброс стоков в водоем. При этом водоснабжение можно осуществлять в виде единой схемы для всего предприятия (централизованная схема), а также отдельных циклов (децентрализованная схема). В обоих случаях вместо свежей используют охлажденную незагрязненную или очищенную сточную воду. Свежая вода потребляется лишь для восполнения потерь. В схеме с охлаждением вода является теплоносителем и в процессе не загрязняется, а лишь нагревается, в связи с чем перед повторным использованием её охлаждают. В качестве охлаждающих устройств применяют пруды-охладители, брызгальные бассейны, башенные и вентиляторные градирни.

Потери воды от испарения $Q_{ИСП}$ в среднем составляет 2,5 %, от капельного уноса на градирне 0,3-0,5 % от объёма оборотной воды $Q_{ОБ}$. В схеме с очисткой вода в производстве не нагревается, но загрязняется. Потери в данном случае колеблются в больших пределах и зависят от способа очистки. Для предотвращения накопления солей в оборотной воде часть её сбрасывается (продувка или сброс $Q_{СБР}$).

При создании замкнутых производств резко уменьшается потребление свежей воды и расходы на строительство объектов водоснабжения и водоочистки, появляется возможность получения дополнительной товарной продукции, сокращения расходов сырья и вспомогательных материалов. Применение водооборотного водоснабжения позволяет в 10-50 раз уменьшить расход свежей воды.

Эффективность использования воды в производстве оценивается рядом показателей:

Техническое совершенство системы определяется коэффициентом использования оборотной воды $K_{ОБ}$ (%):

$$K_{ОБ} = \frac{Q_{ОБ}}{Q_{ОБ} + Q_{ИСП}} \cdot 100.$$

Безвозвратное потребление воды и её потери оцениваются коэффициентом $K_{П}$ (%):

$$K_{П} = \frac{Q_{ИСТ} - Q_{СБР}}{Q_{СБР} + Q_{ИСТ}} \cdot 100.$$

Рациональность использования воды, забираемой из источника, определяется коэффициентом использования свежей воды $K_{СВ}$:

$$K_{СВ} = \frac{Q_{ИСТ} - Q_{СБР}}{Q_{ИСТ}} \leq 1.$$

Кратность использования n равна:

$$n = \frac{Q_{СБР} + Q_{ИСТ}}{Q_{ИСТ}} > 1,$$

где $Q_{ОБ}$, $Q_{ИСТ}$, $Q_{СБР}$ – масса воды, используемой соответственно в обороте, забираемой из источника и сбрасываемой в водоем.

При повторном использовании очищенных сточных вод $K_{ОБ}$ приближается к 100 %, $K_{П}$ к 1. В целом на химических предприятиях $K_{П}$ равен 0,73, на некоторых – 0,85-0,95.

Очистка сточных вод до ПДК, как видно на рис. 8.2, безусловно, экономически не выгодный процесс.

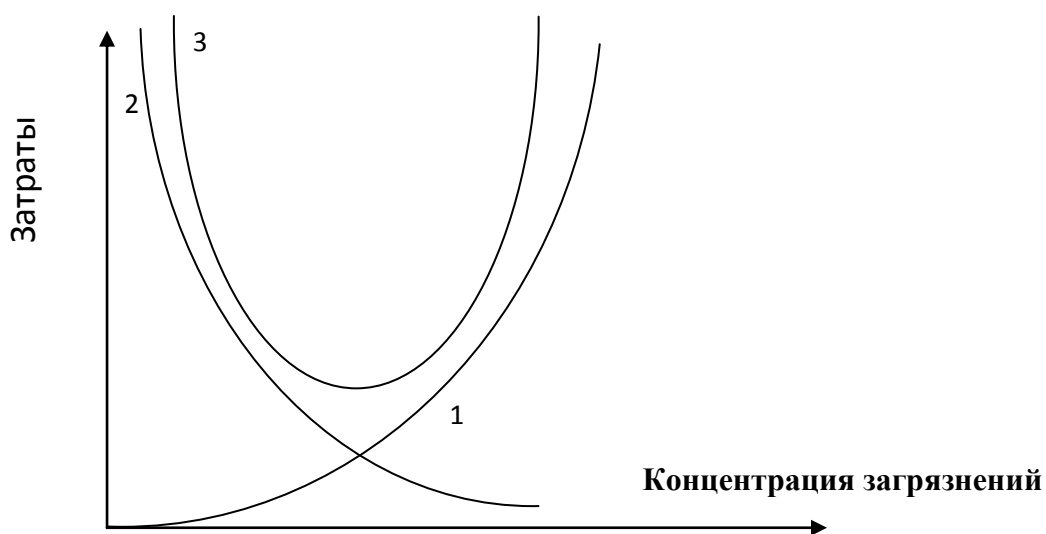


Рис.8.2. Влияние затрат на степень очистки

Чем больше концентрация загрязнителей, тем больше расходы на ликвидацию ущерба от них (кривая 1). Вместе с тем, чем больше эффект очистки, тем большие требуются затраты (кривая 2). Суммирующая их кривая (3) имеет минимум, соответствующий экономически оптимальным условиям очистки и находится значительно правее точки ПДК. Экономический оптимум затрат на создание замкнутого цикла в химической промышленности достигается при 90-94 %-м повторном использовании воды.

Уменьшить расходы на очистку и тем самым сдвинуть экономический минимум влево можно путём:

- интенсификации процессов, приводящей к уменьшению размеров аппаратуры;
- удешевления способа очистки;
- использования более высокоэффективных технологий и аппаратуры;
- использования более дешёвых и эффективных реагентов;

- использования одних отходов для очистки или обезвреживания других.

Внедрение замкнутых и оборотных систем водоснабжения способствует созданию бессточных производств.

Создание замкнутых систем водоснабжения промышленных предприятий, комплексов и отдельных районов невозможно только совершенствованием способов очистки сточных вод и внедрением безводных процессов. При их организации необходимо:

- многократное (каскадное) использование воды в производстве;
- применение мало- или безводных технологий и эффективных способов очистки локальных потоков сточных вод с учетом их повторного использования;
- создание локальных замкнутых систем водоснабжения;
- использование сточных вод, прошедших обработку на внеплощадочных сооружениях, в системах технического и охлаждающего водоснабжения и т.д.

Создание экономически обоснованных замкнутых систем является весьма сложной задачей. Оно осложняется разнообразием содержащихся в воде соединений, их взаимодействием между собой. Реализация таких систем зависит от специфики технологии, оснащенности, требований к качеству продукции и используемой воды. Важно определить максимально допустимые пределы основных показателей качества воды. Потребляемая вода не должна:

- ухудшать качества вырабатываемого продукта;
- нарушать работу оборудования;
- влиять на здоровье обслуживающего персонала.

Долгое время при разработке технологий не обращали внимание на качество воды. Питьевая и техническая вода, как правило, удовлетворяла технологов, а отработанная просто сбрасывалась в водоемы. Лишь позднее её стали отправлять на очистные сооружения, а затем и внедрять замкнутые системы. При этом некоторые из аспектов таких систем оказались общими для ряда отраслей:

1. Максимальная замена водяного охлаждения, на которое приходилось до 70 % используемой воды, воздушным.
2. Размещение комплекса производств на промышленной площадке с учетом возможности многократного каскадного потребления.
3. Последовательное многократное использование воды в цехах производства должно приводить к образованию минимального объема максимально загрязненных вод, для обезвреживания которых можно подобрать эффективные методы очистки.
4. Использование воды для очистки газов только в случае извлечения ценных компонентов. Применение воды для выделения твердых частиц допускается лишь при замкнутом цикле.

5. Регенерация отработанных кислот, щелочей и солевых растворов с использованием извлекаемых продуктов как вторичного сырья.

При создании замкнутых систем промышленных предприятий водоподготовка и очистка сточных вод должна рассматриваться как единая система. Образующиеся при очистке осадки перерабатываются в товарную продукцию или выводятся в виде вторичного сырья. Спецификой водооборотных систем является обязательный учет токсикологических и эпидемиологических характеристик очищенных вод. Для предприятий, использующих такие воды в замкнутых водооборотных системах, при отсутствии их контакта с работающими рекомендуется проводить фильтрацию и обезвреживание хлором. Однако после хлорирования возможно усиление окраски и запаха. В связи с этим исходя из гигиенической эффективности целесообразнее озонирование.

Для снижения загрязнения воздуха и почвы вблизи градирен необходимо добиваться минимального уноса капельной влаги. В случае очищенных сточных вод он не должен превышать 0,05-0,1 %. Важно при этом обращать внимание на биологическое обрастание. Для борьбы с ним применяют ингибиторы (чаще соли хрома) или хлорирование воды.

Система водного хозяйства должна также включать сбор, очистку и использование ливневых вод, которые могут быть использованы для подпитки систем оборотного водоснабжения. Во многих случаях его подпитка, а иногда и всё технологическое водоснабжение проводится за счет очищенных сточных городских вод.

8.3. Основные методы очистки сточных вод

При создании замкнутых водооборотных систем очистка сточных вод является важным, но не решающим фактором. Основа – многократное использование воды без или с частичной очисткой в соответствии с требованиями к ее качеству, предъявляемыми теми или иными производствами. Локальная очистка предполагает, как правило, извлечение и утилизацию продуктов, загрязняющих сточные воды.

Применяемые способы очистки воды различаются как по эффективности, так и по капитальным и эксплуатационным затратам, требующимся для их осуществления. Выбор метода должен осуществляться с учетом этих обстоятельств при обязательном условии детального ознакомления с производством.

Все методы очистки сточных вод разделяются на деструктивные и регенерационные. При деструктивных методах загрязняющие вещества подвергаются разрушению, а продукты распада удаляются из воды в виде газов, осадков или остаются в растворе в обезвреженном состоянии. Чаще всего это происходит при окислительных процессах. Регенеративные методы решают две задачи: очистки сточных вод и утилизации ценных продуктов.

Способы очистки можно также разделить на гидромеханические, химические, физико-химические, термические, электрохимические,

биохимические. Во всех случаях очистки стоков начальной стадией выступают механические методы. К ним относятся методы, основанные на выделении примесей без их изменения. Таковыми являются: декантация, отстаивание, фильтрация, физические или механические методы. Химические методы связаны с переводом примесей из одной формы или состояния в другие. К ним относятся превращение в малорастворимые продукты, окисление, восстановление, мембранные процессы, ионный обмен. Последнюю группу представляют аэробные и анаэробные биохимические методы.

Для удаления коллоидных частиц и растворенных примесей используют физико-химические способы: флотацию, коагуляцию, сорбцию, экстракцию, дистилляцию, магнитную обработку. Все более широкое распространение получают электрохимические методы – анодное окисление, катодное восстановление, электрофлотацию, электродиализ. Эти процессы протекают на электродах при пропускании через сточную воду постоянного тока.

При этом механические методы, в основном, являются рекуперационными, позволяющими полезно утилизировать примеси сточных вод. Химические способы преимущественно деструктивны. Подвергнувшиеся разрушению примеси удаляются из воды в виде осадков или газов.

Механические методы используют при отделении твердых нерастворимых продуктов от воды. От грубодисперсных примесей она отцеживается при пропускании через решетки и сетки, более мелких – отстаиванием и фильтрацией. Протекание этих процессов интенсифицируется добавлением коагулянтов и флокулянтов и их обработки в циклонах и центрифугах.

Для очистки сточных вод, содержащих ферромагнитные компоненты, применяется магнитная обработка. В некоторых случаях для этих целей эффективна ультразвуковая обработка.

Растворимые примеси удаляют химическим и биохимическим путем. Химическим методом из сточных вод убирают, в основном, неорганические вещества. Очистка осуществляется за счет нейтрализации и окисления некоторыми из реагентов с получением малотоксичных или малорастворимых соединений. Для удаления органических примесей проводят биологическое окисление. В промышленных установках оно реализуется как аэробный процесс, протекающий на полях орошения или фильтрации и в биологических прудах, так и анаэробно в искусственных сооружениях – аэротенках и биофильтрах.

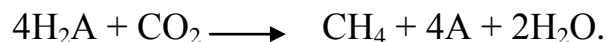
Биологическое окисление осуществляется сообществом микроорганизмов (биоценозом), включающим множество бактерий, связанных между собой в единый комплекс сложными взаимоотношениями. Этот комплекс носит название активный ил, содержащий от 10^6 до 10^{14} клеток в 1 г сухой биомассы. Для поддержания жизнедеятельности этих организмов необходимо соблюдать определенные

условия: температура для аэробных процессов 20-30 °С, анаэробных 25-60 °С (для мезофилов 25-37 °С, термофилов 50-60° С); рН 6,5-7,5. На определенном уровне должно поддерживаться соотношение биогенных элементов, содержание кислорода и токсических веществ.

Характер окисления во многом зависит от природы соединений. Первичные спирты окисляются легче вторичных, вторичные – третичных. При большом числе углеродных атомов требуется адаптация микроорганизмов. Скорость окисления тем ниже, чем длиннее углеродная цепь. Циклические углеводороды окисляются труднее парафиновых. Практически не окисляются: меламина, нитроформ, нитробензол, пикриновая кислота, дихлорметан, циклогексан и др.

Время пребывания сточных вод в аэротенке 6-8 ч., после чего осуществляется отстаивание иловой смеси. Её способность к оседанию характеризуется иловым индексом, который представляет собой объем в миллилитрах, занимаемый 1 г ила в естественном состоянии после 0,5 ч. отстаивания. Илы с индексом до 120 мл/г оседают хорошо, 120-150 – удовлетворительно, выше – плохо.

Высококонцентрированные сточные воды и осадки обезвреживаются анаэробным путем в метантенках. Здесь с помощью активного ила органические вещества (H_2A) разрушаются в процессе метанового брожения:



Превращение осуществляется мезофильными и термофильными микроорганизмами. Основная цель такой обработки – снизить объем накапливающихся продуктов, получить метан и отфильтровать осадок. Последний при отсутствии в иле большого содержания тяжелых металлов используется в растениеводстве как удобрение.

Удаление из воды токсических газов проводят десорбцией инертными газами при её нагревании. Осадки активного ила обрабатывают или обезвреживают путем уплотнения, кондиционирования, обезвоживания, нагревания или утилизации. В некоторых случаях производственные сточные воды подвергают термическому обезвреживанию или закачивают в глубинные слои.

Для удаления из сточных вод суспензий и эмульсий, а также растворенных веществ часто используют физико-химические методы. По сравнению с биохимическими они имеют значительные преимущества:

- удаление токсических, биохимически не окисляемых органических соединений;
- глубокая и стабильная очистка;
- меньшие размеры установки;
- меньшая чувствительность к изменению нагрузки;
- упрощение автоматизации;
- оптимизация выбора оборудования;
- обособленность от живых организмов;

- возможность рекуперации отдельных примесей.

Все рассматриваемые методы применяются в локальных, общезаводских, районных и других системах очистки. Локальные установки предназначены для осветления стоков, сбрасываемых непосредственно из конкретных аппаратов или узлов. Они служат продолжением технологической схемы производства. Без такой очистки отработанные воды не могут быть направлены в оборотное снабжение или на общие заводские очистные сооружения. На последних применяется большой комплекс различных методов очистки. Считается, что эффективность методов составляет: механических - 50-70, химических – 80-90, физико-химических – 90-95 и биохимических – 85-95 %. Эти показатели, в основном, относятся к органическим примесям. Доля отдельных неорганических веществ равна 20-40 %. Снижение содержания в большинстве случаев практически не происходит. Вместе с тем по ГОСТу 2874-73 на питьевую воду концентрация суммарных солей не должна превышать 1000 мг/л, хлоридов – 350 и сульфатов – 500 мг/л.

Метод очистки и конструктивное оформление процесса выбирают с учетом:

- санитарных и технических требований, предъявляемых к качеству очищенных вод;
- объема отработанной воды;
- наличия у предприятия необходимых для обезвреживания энергетических и материальных ресурсов и площадей;
- эффективности принятого процесса обезвреживания.

8.4. Очистка от минеральных примесей и переработка рассолов

Наиболее освоенным и широко применяемым способом удаления из сточных вод неорганических солей является дистилляция – аналог природному испарению воды. Весьма мощные установки применяют для опреснения морской воды. Их производительность составляет до 40 тыс. м³ в сутки. Их основным недостатком служит большой расход энергии. Даже для лучших установок он составляет около 0,02 Гкал на 1 м³ получаемой воды. Помимо минерального топлива, для этой цели используют солнечную энергию. В отдельных случаях для обессоливания применяют вымораживание. При медленном охлаждении соленой воды из нее выпадают кристаллы льда, практически не содержащие солей.

Для удаления вредных примесей из сточных вод начинают применяться мембранные методы: электродиализ и обратный осмос. Электродиализ основан на направленном переносе ионов диссоциированных солей в поле постоянного тока через селективные мембраны из очищаемых материалов. Этот метод позволяет не только разделять сточные воды на чистую воду и растворы концентрированных солей, но и последние на кислоты, щелочи и их составляющие. Средняя

мощность таких промышленных установок – 150-250 м³/сут. Однако имеются и более мощные единичные электродиализные комплексы (до 20-50 тыс. м³/сут).

Обратный осмос, или гиперфильтрация, представляет собой процесс разделения водных солевых растворов путем их фильтрации через полупроницаемые мембраны посредством давления, значительно превышающего осмотическое. Он характеризуется рядом существенных достоинств: прост в изготовлении, монтаже и эксплуатации, имеет малые габариты и требует сравнительно мало энергии.

Широко распространено обессоливание сточных вод с помощью ионитов. Несмотря на серьёзные достижения в развитии химических методов и дистилляции, ионный обмен до настоящего времени остаётся основным при приготовлении глубокообессоленной воды для тепловых и атомных электростанций с паровыми котлами высокого, сверхвысокого и критического давления, а также получения ультрачистой и обессоленной воды для химической, электронной и ряда других отраслей промышленности. Разработки методов диализа и обратного осмоса не снижают интереса к ионообменному обессоливанью. Есть все основания полагать, что на ближайшие 10-20 лет этот метод останется одним из самых распространенных и экономически предпочтительных в случае глубокого обессоливания воды со средней степенью минерализации (до 2 г/л).

Серьёзным недостатком существующих технологических схем ионообменной очистки является большое количество солей, накапливающихся при регенерации ионообменных фильтров, поскольку к извлекаемых из сточных вод примесям добавляется в 2-4 раза большая масса солей от регенерации ионообменных смол. Кроме того, при этом значителен расход на собственные нужды, достигающий 60 % от номинальной производительности, а также необходимость предварительного освобождения воды от органических продуктов, необратимо сорбирующихся на ионообменных смолах и снижающих их обменную ёмкость. Учитывая эти недостатки, ионный обмен среди других методов обессоливания следует рассматривать не как способ охраны источников от засоления, а как специфический технологический приём получения глубокообессоленной воды и извлечения ценных элементов или высокотоксичных соединений.

Экономический анализ свидетельствует, что при дистилляционном опреснении воды целесообразно применение высокопроизводительных станций мощностью в десятки тысяч кубометров в сутки и сильноминерализованных вод (более 10 г/л). Мембранные методы обессоливания в настоящее время экономично реализовывать для опреснения вод с концентрацией солей до 15 г/л. Электродиализ и обратный осмос выгодны при использовании установок малой и средней (до 5-7 м³) производительности. Хорошие результаты в ряде случаев достигаются при комбинации дистилляции и электродиализа или

обратного осмоса, ионного обмена и обратного осмоса и др. На всех установках наряду с получением очищенной пресной воды остается определенный объем растворов со значительной концентрацией солей рассолов и рапы. Эти концентрированные растворы необходимо либо утилизировать в производстве, либо, подвергнув дополнительному сгущению, обеспечить их безопасное захоронение.

В последние годы развернуты исследования по использованию электродиализа в схемах опреснения сильноминерализованных промышленных (с добавлением хозяйственных) сточных вод при создании замкнутых систем водоснабжения с выделением примесей в качестве товарных продуктов. Хорошие результаты получены на установках электродиализа биполярными мембранами, промышленное внедрение которых позволяет непосредственно получить кислоты и щелочи, что способствует утилизации рассолов, скапливающихся при работе ионообменных установок. Дополнительный стимул развитию этого направления дает синтез ионообменных мембран, не подверженных «отравлению» органическими веществами, биполярных мембран и мембран с повышенной избирательностью к определенным ионам.

Вместе с тем, несмотря на определенные успехи в целом, проблема переработки рассолов решается очень медленно. Однако без её решения существенно замедляется создание замкнутых систем водоснабжения промышленных предприятий. С каждым годом данная проблема всё больше обостряется.

8.5. Прогнозирование и контроль за состоянием водоемов

Прогнозирование состояния водоемов или других природных систем основывается на изучении и анализе закономерностей их развития, изменчивости при действии антропогенных и других факторов. Оно базируется на стандартах, определяющих допустимые пределы выбросов вредных веществ, на значении их предельно допустимых концентраций. В нашей стране используются нормы предельно допустимых сбросов (ПДС), устанавливаемые для каждого предприятия с таким расчетом, чтобы суммарное загрязнение воды от всех источников в данной местности находилось в пределах ПДК.

Прогноз загрязнения водоемов в зависимости от поставленных задач, длительности и методов прогнозирования разделяется на две части:

- общая прогнозная оценка изменения гидрохимического режима и степени загрязнения под влиянием всех антропологических факторов на водосборной площади;
- прогноз загрязнения водоемов в связи с воздействием одного или нескольких факторов.

Общие прогнозные оценки загрязнения водных объектов производятся путем анализа и выявления тенденций изменения водного стока и химического состава воды за много лет. Изучение особенностей

формирования режима на фоновом участке и в зоне антропогенного воздействия, а также исследование одного и того же водоема в разное время позволяют выявлять антропогенные изменения и прогнозировать возможные преобразования гидрохимического режима.

Для прогноза воздействия на состав воды рек сбросов химических предприятий применяют методы, учитывающие разбавление сточных и речных вод. Средняя концентрация загрязнителя (C , мг/дм²) определяется по формуле

$$C = \frac{C_{\phi} + G_i - C_{\phi} W_i \exp(-k\tau_i)}{\gamma_i W_{\phi} + W_i},$$

где C_{ϕ} – средняя концентрация загрязнителя в фоновом створе реки;

G_i – суммарное количество загрязнителей, поступающих в реку со сточными водами i -го предприятия, г;

W_{ϕ} – водный сток в фоновом створе реки, м³;

γ_i – коэффициент смещения сточных и речных вод;

k – коэффициент скорости самоочищения речной воды от загрязняющего вещества, сут⁻¹;

τ – время добегания воды от i -го источника до створа, сут.

Вопросы изменения речных ландшафтов здесь не рассматриваются. Однако следует указать, что в условиях техногенеза их преобразование существенно расширяется за счет поступления в реку стоков с повышенным содержанием органических веществ и несвойственных ей элементов. В частности, в воде снижается концентрация растворенного кислорода, а в осадках возникает восстановительная сероводородная обстановка.

Нормальная эксплуатация водопроводно-канализационных сооружений невозможна без контроля качественных параметров природных и сточных вод на разных этапах их очистки, подачи потребителям и выпуска в водоемы. Для этой цели широко применяются аналитическая техника и автоматические приборы в виде сигнализации предельных значений измеряемых величин или путем их регистрации.

Важнейшей составной частью водно-санитарного законодательства являются предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов. При этом различают ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования и ПДК для рыбохозяйственных целей.

При установлении ПДК того или иного вещества рассматриваются три признака вредности: общесанитарный, органолептический и санитарно-токсикологический. Под общесанитарной вредностью понимается влияние вредных веществ сточных вод на санитарный режим водоемов, то есть процессы их естественного самоочищения от органического загрязнения, прежде всего бытовыми водами. Под воздействием промышленных стоков часто нарушаются процессы самоочищения

водоемов вследствие, например, нарушения кислородного режима из-за значительного сброса в воду легкоокисляющихся и сбраживающихся соединений. При существенном снижении содержания в воде кислорода происходит образование пленок и твердых плавающих на поверхности загрязнений, появление грибковых образований и другие признаки развития гнилостных процессов. Такой водоем становится непригодным для купания и других культурно-бытовых целей.

Вредные вещества сточных вод влияют на органолептические свойства и качество воды. Так, наличие на поверхности воды пленки минеральных масел, неприятный запах и привкус, несвойственное окрашивание, повышенная температура и жесткость воды ограничивают использование водоёмов для культурно-бытовых и спортивных целей.

Санитарно-токсикологическая вредность сточных вод связана с влиянием содержащихся в них вредных веществ на здоровье населения через источники питьевого водоснабжения. Установление ПДК здесь основывается на подпороговых концентрациях веществ, то есть концентрациях, при которых не наблюдается заметного изменения функционального состояния организма. При этом учитывается также и возможность отдаленных последствий воздействия загрязнителей на человека – мутагенного (изменение наследственности), гонадотропного (нарушение половой функции), эмбриотропного (нарушение развития плода) и бластомагенного (опухолевого) эффекта.

Предельно допустимая концентрация вещества устанавливается обычно по тому признаку вредного воздействия, которому соответствует наименьший показатель пороговой или предпороговой концентрации. Поскольку он определяет характер неблагоприятного действия наименьших концентраций вещества, этот признак называется лимитирующим признаком вредности. Определение ПДК по пороговой и подпороговой концентрации лимитирующего признака создает запас надежности по двум остальным признакам вредности.

Как правило, водоёмы одновременно загрязняются несколькими веществами. Эффект действия вредных соединений с одинаковыми лимитирующими признаками суммируется. К настоящему времени в России утверждено свыше 600 ПДК вредных веществ в водоемах различного пользования. Рыбохозяйственные ПДК, установленные для 137 соединений, – это концентрации загрязнителей, при постоянном присутствии которых в водоеме выполняются следующие условия:

- не наблюдаются случаи гибели рыб и организмов, служащих для них кормом;
- не происходит исчезновение видов, для жизни которых водоем пригоден, а также замены ценных в кормовом отношении организмов на малоценные;
- не происходит порчи товарных качеств рыбы, появление у нее неприятных привкусов и запахов;

- не происходит изменений, способных в будущем привести к гибели рыб, замене их ценных видов на малоценные или потере рыбохозяйственной ценности водоема.

Промышленные и бытовые сточные воды обычно содержат большое количество разнообразных по составу органических и неорганических загрязнителей, которые, как правило, окисляются или разлагаются с использованием кислорода. Общий уровень загрязнения характеризуется величиной потребности в кислороде, которая разделяется на биохимическую и химическую.

Под биохимической потребностью в кислороде (БПК) понимается такое количество кислорода (мг/л), которое требуется живым организмам для окисления органических и неорганических веществ, находящихся в 1 л сточной воды. Биохимическому окислению подвергаются только те ее компоненты, которые могут быть использованы организмами для их жизнедеятельности.

Величины БПК всегда указывают с индексом, обозначающим продолжительность окисления в сутках. При этом БПК₁₀ всегда выше БПК₅ вследствие более глубокого окисления. Отсюда величина биологической потребности в кислороде будет стремиться к некоторой предельной величине, обозначаемой как БПК_п (полная). Ее величина для воды хозяйственно-питьевых и рыбохозяйственных водоемов в кислороде при 20 °С не должна превышать 3 мг O₂/л.

Под химической потребностью в кислороде (ХПК) понимают то количество кислорода (мг/л) сточной воды, которое требуется для окисления органических и неорганических соединений, находящихся в 1 л воды. При определении ХПК обычно применяют в качестве окислителя горячий раствор бихромата калия. Величина ХПК является важнейшей характеристикой промышленных сточных вод. ХПК всегда больше БПК_п из-за более глубокого окисления химическим путем по сравнению с биохимическим. Значение ХПК изменяется от 10-20 мг O₂/л для сравнительно чистой воды до 1000 мг O₂/л и более для сильно загрязненной. Отношение величин БПК_п/ХПК называется биохимическим показателем, значение которого всегда меньше единицы. По его величине судят о возможности и степени очистки сточных вод биологическим путем. Так, бытовые сточные воды, наиболее полно очищающиеся биологическим способом, характеризуются показателем 0,5. Величина биохимического показателя для сточных вод варьирует в пределах 0,05-0,30.

Для контроля качественных параметров воды используют приборы общепромышленного назначения. Таковыми являются различные конструкции плотномеров, солемеров, рН-метров, фотоколориметров, концентратомеров, гигрометров, полярографов. Кроме того, применяют приборы, предназначенные специально для анализа показателей водопроводно-канализационных сооружений, таких как ХПК, БПК, растворенный кислород.

8.6. Правовые основы водопользования

Водное законодательство России регулирует отношения в области исследования и охраны водных объектов. Его цели реализуются на основе принципа устойчивого развития. Законодательные акты состоят из Водного кодекса Российской Федерации" от 03.06.2006 г. и применяемых в соответствии с ним федеральных и иных законов и нормативно-правовых актов РФ и её субъектов.

В результате хозяйственной деятельности происходит загрязнение водных объектов и образование в них вредных веществ, ухудшающих качество поверхностных и подземных вод, ограничивающих их использование и негативно влияющих на состояние водных объектов.

В России установлена государственная собственность на водные объекты. На правах собственности они могут принадлежать федеральной власти и субъектам РФ, являться муниципальной и частной собственностью (только на обособленные водные объекты). Все они рассматриваются как объекты общего (общедоступного, открытого) пользования.

Водным кодексом РФ установлено, что права пользования водными объектами приобретаются на основании договора на водопользование.

Договором пользования водным объектом признается соглашение органа исполнительной власти, субъекта РФ с водопользователем о порядке использования и охраны водного объекта.

В ведении государства находится экспертиза предпроектной и проектной документации на строительство и реконструкцию хозяйственных и других объектов, влияющих на состояние водных объектов. Государственная экспертиза представляет собой проверку соответствия этой документации исходным данным, техническим условиям и требованиям нормативной документации по проектированию и строительству.

Государственное управление осуществляется в виде контроля за использованием и охраной водных объектов, который призван обеспечить:

- порядок пользования и охраны водных объектов;
- лимитов водопользования;
- стандартов, нормативов и правил в области использования и охраны водных объектов;
- режимов использования водоохраных зон;
- иных требований водного законодательства РФ.

Нормирование в области использования и охраны водных объектов заключается:

- в установлении лимитов водопользования;
- в разработке и принятии стандартов, нормативов и правил в области водопользования.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте общие запасы воды на Земле.
2. Дайте классификацию воды по целевому назначению.
3. Что такое водооборот?
4. Назовите основные источники антропогенного загрязнения водных объектов.
5. Охарактеризуйте водопотребление по странам мира.
6. Как происходит антропогенное преобразование воды?
7. Что такое замкнутые водооборотные системы? Назовите причины их создания.
8. Какие существуют методы очистки сточных вод?
9. Заполните таблицу

Показатель качества водных объектов (степень очистки)	Характеристика	Возможность использования для питьевого водоснабжения	Пример (с указанием месторасположения; страна, область)
Относительно чистые			
Умеренно загрязненные			
Загрязненные			
Грязные и чрезвычайно грязные			

ГЛАВА 9. ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ

Обоснованно представление, что полезное использование добываемых материалов составляет лишь 30 %. При этом следует иметь в виду, что в структуре производственных затрат определяющими являются расходы на сырьё, топливо и материалы, которые в общем объеме продукта составляют до 60 %. По этой причине переработка отходов должна быть составной частью технологии, при которой они образуются.

Важно рассмотреть сущность и структуру промышленных и других отходов. Промышленными отходами служат остатки сырья, материалов, химических соединений, образующихся при производстве продукции и выполнения работ и утратившие полностью или частично свои потребительские свойства. К отходам потребления относят изделия и материалы, потерявшие свои потребительские свойства из-за физического и морального износа. Они могут реально или потенциально перерабатываться в других отраслях хозяйства либо регенерироваться. Классификация отходов приведена на рис. 9.1.

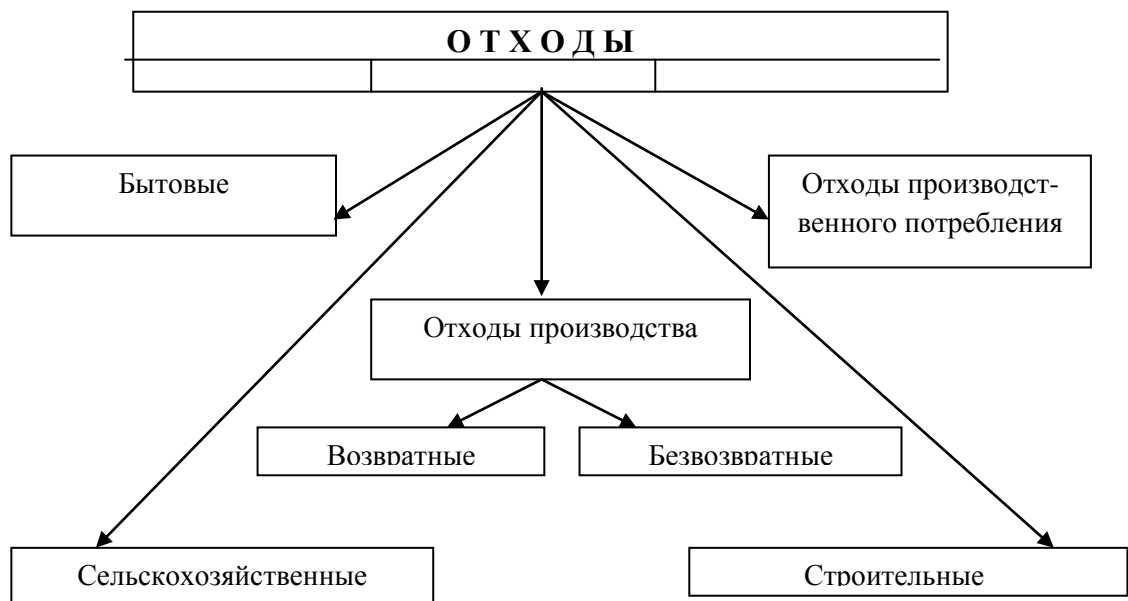


Рис. 9.1. Основные виды отходов

Переработка твердых, жидких, газообразных отходов расширяет сырьевые ресурсы и уменьшает загрязнение окружающей среды. Интегральная экономическая оценка варианта переработки отходов должна учитывать расходы и ущерб от процесса переработки, снижения расходов и ущерб от получения и использования аналогичного природного сырья, расходы и ущерб от складирования или захоронения остатков переработки. При оценке должны учитываться и косвенные элементы изменения расходов. Так, сбор и переработка лома алюминиевых и медных сплавов наряду с экономией природного сырья обеспечивает улучшение качества стали, поскольку попадание этого лома в лом черных металлов

существенно снижает свойства стали и металлоизделий. С другой стороны, хранение отходов топлива атомных станций требует организации специальных предприятий и соответствующих издержек. Однако их сброс ведет к ещё худшим последствиям, так как фактически означает изъятие из пользования всех живых организмов значительных территорий.

9.1. Запасы и уровень утилизации отходов

В 2010 г., по данным Росприроднадзора, на территории Российской Федерации образовалось 3734,7 млн т отходов производства и потребления, что на 229,7 млн т больше, чем в 2009 г. (рис. 9.2). При этом уменьшилось количество образовавшихся отходов IV класса опасности.

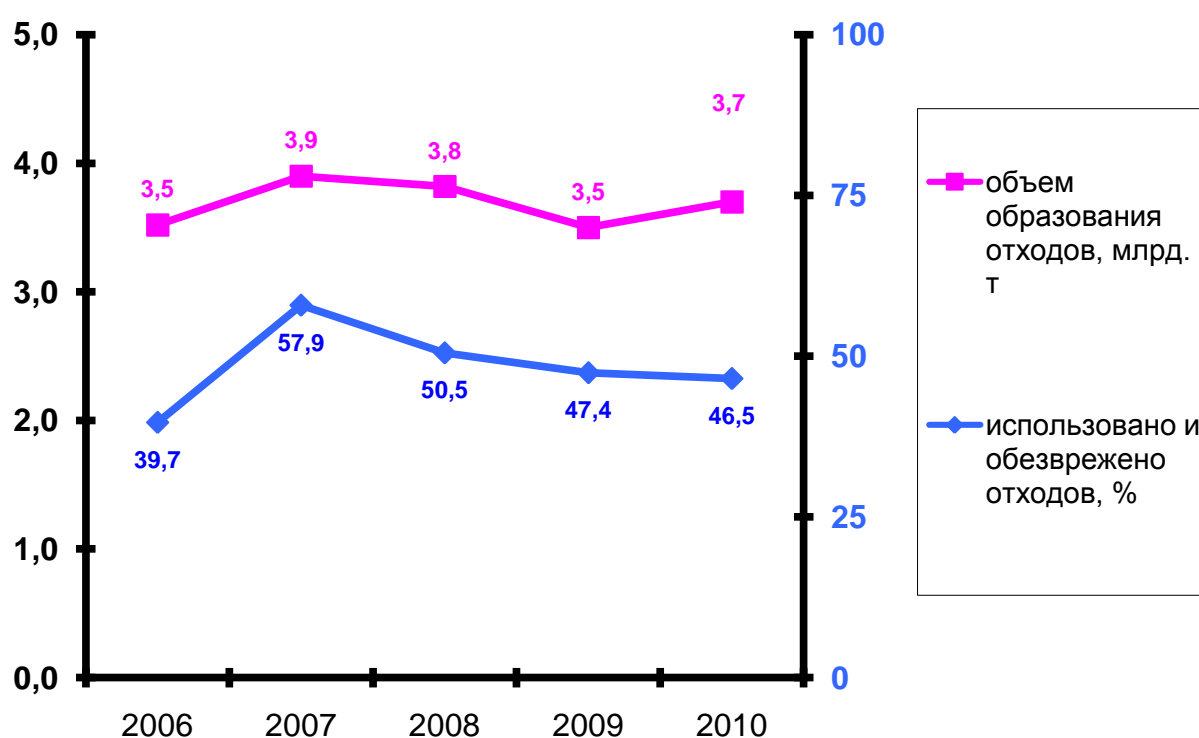


Рис. 9.2. Динамика образования и утилизации отходов производства и потребления в России

На начало 2010 г. было накоплено в РФ 30165,4 млн т отходов, то есть в 8,1 раз больше, чем образовалось в отчетном году. Использовано в 2010 г. 1719,7 млн т, обезврежено 18,4 млн. т, передано субъектами хозяйственной и иной деятельности другим организациям 134,8 млн т, из них для использования 99,6 млн т, обезвреживания – 3,5 млн т, хранения – 13,7 млн т, захоронения – 18,0 млн т. Значительную долю образовавшихся отходов (96 %) составляют отходы V класса опасности, доля отходов IV класса опасности – 3,7% (рис. 9.3).

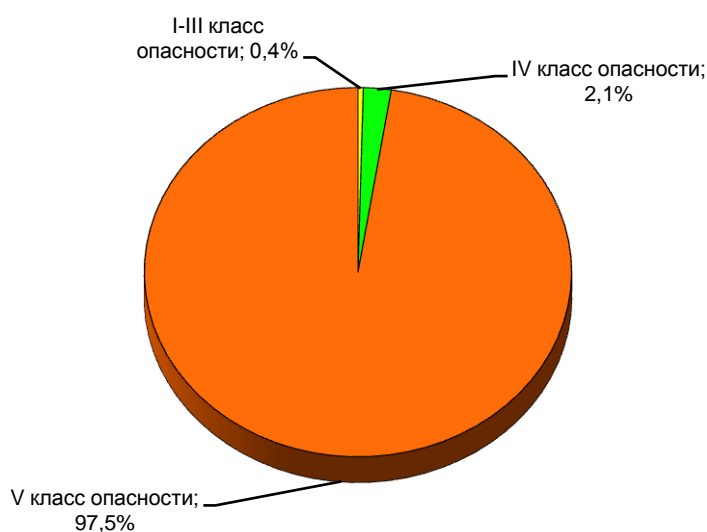


Рис. 9.3. Распределение объема образовавшихся отходов по классам опасности в 2010 г.

В табл. 9.1 приведены данные об обращении с отходами производства и потребления в Российской Федерации за 2006–2010 гг.

Таблица 9.1

Сведения об образовании, использовании и обезвреживании отходов производства и потребления в Российской Федерации в 2006–2010 гг.

Год	Образовалось за отчетный год, млн т	Использовано и обезврежено, % количества образовавшихся отходов
Отходы всех классов опасности		
2006	3519,4	39,7
2007	3899,3	57,9
2008	3817,7	50,5
2009	3505,0	47,4
2010	3734,7	46,5
Отходы I класса опасности		
2006	0,1	80,7
2007	0,2	51,5
2008	0,2	60,0
2009	0,1	42,7
2010	0,2	48,5
Отходы II класса опасности		
2006	1,0	80,2
2007	1,3	66,4
2008	0,9	60,0

Год	Образовалось за отчетный год, млн т	Использовано и обезврежено, % количества образовавшихся отходов
2009	0,7	65,6
2010	0,7	61,4
Отходы III класса опасности		
2006	11,1	69,3
2007	11,1	84,0
2008	0,9	79,2
2009	11,3	80,3
2010	16,7	71,0
Отходы IV класса опасности		
2006	127,8	68,4
2007	275,1	34,6
2008	110,8	72,3
2009	128,8	72,4
2010	96,8	73,4
Отходы V класса опасности		
2006	3379,4	38,5
2007	3611,6	59,6
2008	3696,0	50,5
2009	3364,0	46,3
2010	4387,8	55,2

Наибольшее количество отходов в 2010 г. получилось: при добыче каменного угля, бурого угля и торфа – 2200,6 млн т; добыче металлических руд – 832,2 млн т; добыче прочих полезных ископаемых – 298,1 млн т; производстве цветных металлов – 102,0 млн т; производстве, передаче и распределении электроэнергии – 54,6 млн т; производстве основных химических веществ – 25,6 млн т.

В результате низкой степени вторичного использования и обезвреживания отходов на промышленных площадках предприятий размещено 32,2 31,6 млрд т отходов (2010 г.). Образование отходов в городах также в первую очередь связано с осуществляемой экономической деятельностью. В табл. 9.2-9.5 приведены перечни городов РФ с наибольшими показателями образования, использования, обезвреживания и размещения отходов в 2010 г.

Таблица 9.2

Список городов с наибольшим объемом образования отходов в 2010 г.

Город	Субъект Российской Федерации	Образование отходов, млн т
Кемерово	Кемеровская область	851,7
Мыски	Кемеровская область	178,9
Киселевск	Кемеровская область	178,5
Междуреченск	Кемеровская область	168,9
Березовский	Кемеровская область	163,1
Новокузнецк	Кемеровская область	120,1

Окончание табл. 9.2

1	2	3
Красноярск	Красноярский Край	89,8
Костомукша	Республика Карелия	87,9
Губкин	Белгородская область	70,3
Мирный	Республика Саха (Якутия)	66,9
Ленинск-Кузнецкий	Кемеровская область	65,0
Старый Оскол	Белгородская область	53,3
Железногорск	Курская область	51,0
Прокопьевск	Кемеровская область	48,9
Качканар	Свердловская область	45,4
Магнитогорск	Челябинская область	44,9
Белово	Кемеровская область	43,1
Асбест	Свердловская область	42,0
Ковдор	Мурманская область	38,5
Оленегорск	Мурманская область	37,8
Норильск	Красноярский Край	35,5
Владивосток	Приморский край	33,6
Гурьевск	Кемеровская область	30,4

Таблица 9.3

**Список городов с наибольшим объемом использования отходов
в 2010 г.**

Город	Субъект Российской Федерации	Использовано отходов, млн т
Кемерово	Кемеровская область	409,4
Киселевск	Кемеровская область	160,0
Березовский	Кемеровская область	121,1
Междуреченск	Кемеровская область	104,4
Мыски	Кемеровская область	102,9
Красноярск	Красноярский край	88,6
Новокузнецк	Кемеровская область	54,7
Ленинск-Кузнецкий	Кемеровская область	40,0
Губкин	Белгородская область	19,3
Асбест	Свердловская область	18,0
Хабаровск	Хабаровский край	16,0
Норильск	Красноярский край	15,6
Прокопьевск	Кемеровская область	14,1
Чита	Забайкальский край	13,9
Магнитогорск	Челябинская область	13,4
Белово	Кемеровская область	13,3
Бодайбо	Иркутская область	11,7
Екатеринбург	Свердловская область	11,5
Череповецк	Вологодская область	11,0
Невельск	Сахалинская область	10,1

**Список городов с наибольшим объемом обезвреживания отходов
в 2010 г.**

Город	Субъект Российской Федерации	Обезврежено отходов, млн т
Кызыл	Республика Тыва	6,84
Москва	Москва	1,18
Самара	Самарская область	0,57
Санкт-Петербург	Санкт-Петербург	0,55
Тольятти	Самарская область	0,46
Новокуйбышевск	Самарская область	0,45
Усть-Лабинск	Краснодарский край	0,17
Краснокамск	Пермский край	0,15
Череповец	Вологодская область	0,15
Орск	Оренбургская область	0,11
Ульяновск	Ульяновская область	0,10
Мариинск	Кемеровская область	0,10
Улан-Удэ	Республика Бурятия	0,10

**Список городов с наибольшим количеством размещенных отходов
в 2010 г.**

Город	Субъект Российской Федерации	Размещено отходов на собственных объектах, млн т
Кемерово	Кемеровская область	464,3
Костомукша	Республика Карелия	85,0
Междуреченск	Кемеровская область	74,2
Мыски	Кемеровская область	66,6
Новокузнецк	Кемеровская область	65,3
Мирный	Республика Саха (Якутия)	64,1
Губкин	Белгородская область	50,9
Железногорск	Курская область	49,5
Старый Оскол	Белгородская область	49,3
Березовский	Кемеровская область	41,7
Владивосток	Приморский край	39,2
Качканар	Свердловская область	38,9
Ковдор	Мурманская область	33,5
Прокопьевск	Кемеровская область	33,4
Оленегорск	Мурманская область	32,3
Магнитогорск	Челябинская область	31,4
Белово	Кемеровская область	29,7
Гурьевск	Кемеровская область	28,6
Гусиноозерск	Республика Бурятия	25,4

В Сибири, в том числе в Красноярском крае, массовое накопление отходов, обусловленное развитием промышленности и ростом городского населения. Все усилия направляли на выпуск товарной продукции, на

сопутствующие ей отходы не обращали внимания. Накапливающиеся отходы ухудшают экологические условия проживания человека и тормозят развитие промышленности. Положение усугубляется размещением вблизи населённых пунктов свалок бытовых отходов, которые горят, гниют и размываются дождями. При низкотемпературном горении ряда полимеров в большом количестве выделяются токсиканты, в том числе диоксины. Ветер переносит их на жилые массивы. Возможно проникновение вредных веществ и в подземные горизонты. В 2010 г. на территории Красноярского края зарегистрировано 670 объектов размещения производственных и бытовых отходов (полигоны, золоотвалы, шламонакопители, хвостохранилища, свалки).

Из-за низкого качества экранов загрязнители (нефтепродукты, хлориды, сульфаты, металлы, фтор и т.п.) просачиваются в грунтовые воды. Еще хуже обстоит дело со шламонакопителем Ачинского глинозёмного комбината, золоотвалами Берёзовской и Назаровской ГРЭС, вообще не снабжённых экранами. Тяжёлое положение складывается в Норильском промузле, где их количество составляет многие миллионы тонн, а площадь шламонакопителей и хвостохранилищ равна 1660 га. Концентрации меди и никеля в находящихся вблизи них водостоках достигает 50-100 ПДК и выше.

Кроме того, на территории края находится много свалок бытовых и строительных отходов, опилок и т.д. Нередко они содержат такие вредные соединения, как ртуть (лампы дневного света), свинец, цинк (аккумуляторы, батарейки), нефтепродукты. При этом многие свалки устраиваются в заброшенных карьерах, оврагах, долинах мелких рек. Они не имеют никакой защиты, препятствующей попаданию вредных веществ в воду и воздух.

Структура отходов весьма разнообразна. Тем не менее, их можно разделить на три большие категории: бытовые, отходы минеральные (зола, шлак) и органические (древесные и другие растительные материалы), технологические отходы. Утилизация каждой из групп имеет свою специфику и будет рассматриваться отдельно.

9.2. Переработка твердых бытовых отходов

В состав твердых бытовых отходов (ТБО) входит мусор из жилых и общественных зданий, отбросы промышленных и пищевых предприятий, уличный омет, строительный мусор. Их количество зависит от многих причин и в среднем составляет 1-1,5 кг/день или 300-500 кг/год на человека. В небольших городах общий годовой объем ТБО оценивается в 10-15 тыс., средних – 100-150 тыс., а в Москве – более 1 млн т. Их основными составляющими являются бумага и упаковочные материалы.

Одним из долговечных загрязнителей окружающей среды признаны пластмассы, процесс естественного разложения которых продолжается 100 лет и более. Основными методами переработки пластмасс являются: литье,

литье под давлением, экструзия, прессование, виброформование, вспенивание и пр.

В последнее время во многих развитых странах ведутся исследования по композитам пластмасс, разлагающихся биологическим путем. В Бельгии начали выпуск пакетов из полиэтилена и пластмасс с добавлением окислителя, катализатора и 6 % крахмала. Оказавшись в земле, крахмал разрушается почвенными бактериями. Окислитель взаимодействует с содержащимися в почве солями металлов с образованием перекисей, которые за два-три года превращают пластмассу в углерод и воду. Разработаны составы, содержащие до 50 % крахмала, что существенно ускоряет их утилизацию находящимися в почве организмами.

Сбор и транспортировка ТБО – весьма дорогостоящие операции, стоимость которых составляет до 80 % общей стоимости всей переработки. Значительные трудности возникают и при передаче сельскохозяйственных угодий под полигоны и свалки.

Основные методы переработки и обезвреживания ТБО:

1. Вывоз на свалки и полигоны – наиболее часто применяемый метод. В развитых странах на свалки вывозится до половины ТБО. Его достоинством является простота и относительная дешевизна, недостатком – использование больших территорий, вторичное загрязнение среды и потеря ценных компонентов ТБО.

2. Сжигание без и с использованием тепла. Оно обладает существенными достоинствами – обеспечивается санитарная безопасность и объем отходов снижается на 85-90 % – и определенными недостатками. При этом необходима очистка топочных газов, поскольку в процессе сжигания в атмосферу поступает значительный набор токсических веществ и практически используется лишь теплотворная способность сырья. Для уничтожения бытовых отходов сооружаются мощные (до 900 т/сут и более) мусоросжигательные печи для получения энергии. Большая часть заводов вырабатывает пар, который подается на соседние предприятия или жилые кварталы. В ряде стран проблему бытовых отходов в перспективе предполагается решать практически полностью за счет их переработки и сжигания. Охлажденные газы проходят многоступенчатую систему очистки. Конденсирующиеся пары и частицы тяжелых металлов задерживаются тефлоновыми или другими высокоэффективными фильтрами. После орошения газов водой образующиеся там кислотные сернистые, азотистые и галогеносодержащие вещества улавливаются щелочными растворами. Температура газов и их состав на выходе контролируются специальным аналитическим комплексом, отслеживающим содержание угарного, углекислого, сернистого и азотистого окислов и пыли, а также диоксинов и тяжелых металлов. При нарастании концентрации компонентов система автоматически изменяет технологические параметры, регулируя подачу "поленьев", расход воздуха и реагентов. Предусмотрена на предприятиях и система очистки растворов, загрязняющихся в процессе обработки

отходящих газов. Получаемый при сгорании шлак расплавляют при 1400 °С, что обеспечивает полное разложение диоксинов и превращает в плавленный твердый материал, который может быть использован для изготовления дорожных покрытий.

3. Пиролиз, который имеет ряд серьезных недостатков по сравнению со сжиганием. При такой методике ТБО предварительно разделяются на компостируемые и некомпостируемые части. Текстиль, синтетика, пластмасса и другие материалы транспортируются в узел подготовки, сепарируются и поступают в печи пиролиза. В них при 900 °С в течение 4 ч при дефиците кислорода смесь пиролизуется с получением углеродистого материала (поликарбоната), парогазовых продуктов и большого количества тепловой энергии. Весьма существенно, что пиролиз идет в бескислородной среде, без выброса в атмосферу вредных продуктов. Важно также, что термолиз сокращает на 80 % объем отходов, дает стерильную золу.

4. Компостирование ТБО наполовину состоит из органических веществ, включая 22-39 % пищевых отходов – легкотрансформируемой органики, пригодной для ускоренного формирования питательного для растений субстрата. Среди экологических достоинств метода обезвреживания – его высокая производительность, позволяющая избегать отвода свежих земель под свалки. Она открывает пути ликвидации и оздоровления старых свалок. Широкомасштабная централизация обезвреживания отходов на индустриальной основе способствует организации процесса на высокотехническом и гигиеническом уровне.

Оптимальными режимами переработки ТБО является 3-суточный цикл компостирования с получением безопасного органического удобрения для открытого грунта и 2-суточный на биотопливо для сооружений закрытого грунта, например теплиц. Ограничением в использовании такого компоста служит наличие в нем тяжелых металлов. Для этого важно упорядочить сбор ТБО, исключив из него заводское сырье. Получаемый при этом удобрительный материал может быть использован в зеленом хозяйстве для ускоренного формирования почвенного покрова, нарушенного строительством, при усвоении неудобий и т.д.

Такая обработка, помимо улучшения санитарного состояния собираемых отходов, сокращает их объем в 4 раза, что даже при простом складировании позволяет экономить территорию с предотвращением загрязнения окружающей среды.

Кроме того, компостирование осуществляется на усовершенствованных свалках. Основными условиями обеззараживания здесь является покрытие отходов слоем земли в 20-50 см. Для сокращения их площадей применяются и многоярусные покрытия.

Обезвреживание позволяет вовлечь во вторичный хозяйственный оборот до 90 % твердых отходов. Наиболее рациональным считается ускоренное механизированное биотермическое обеззараживание с

последующей утилизацией продуктов переработки (органические удобрения, биотопливо, метан).

Приводятся данные, что 150 полигонов 15 стран мира эксплуатируются как газовые месторождения. Их большая часть (80 %) находится в США, Германии и Англии. В России под Москвой также эксплуатируется полигон, при обезвреживании ТБО на котором ежегодно образуется около 40 млн м³ метана и 24 млн м³ углекислого газа. Для выработки энергии применяются и биогазовые технологии, которые основываются на аэробном сбраживании отходов животноводства, птицеводства и других отходов органического происхождения с получением биогаза, концентрированных экологически чистых жидких удобрений и компоста. При этом последние два не имеют запаха и не содержат нитратов, патогенной микрофлоры, гельминтов, семян сорняков. В России для этой цели выпускается, в частности, автономный биоэнергетический блок-модуль для фермерского и индивидуального хозяйства – БИОЭН. За сутки на нем перерабатывается до 500 кг отходов с производительностью 25-30 м³ биогаза, эквивалентного 20 кг мазута или 15 кг бензина, и 500 кг жидких органических удобрений. Эти удобрения, расход которых составляет 3-4 т/га в год, повышают урожайность в 1,5-2 раза и обеспечивают экологическую чистоту почв. В качестве сырья в биогазовых установках могут использоваться отходы лесозаготовок, снижающие дефицит навоза.

Следует также указать, что в настоящее время уже накоплен некоторый опыт по извлечению из твердых бытовых отходов тяжелых металлов: ртути, вольфрама, кадмия, цинка, серебра. Внедрение таких установок имеет не только экономическое, но и существенное экологическое значение, поскольку способствует оздоровлению окружающей среды.

9.3. Переработка технологических отходов

Твердые технологические отходы весьма разнообразны как по свойствам, так и по воздействию на окружающую среду. Они содержат физиологически активные соединения, загрязняющие почву и вызывающие в ней нежелательные последствия. Крупные приёмники промотходов сопровождают горно-металлургические и горно-обогатительные комбинаты и фабрики. В табл. 9.6 представлены предприятия Красноярского края, являющиеся основными источниками образования отходов, в состав которых входят цианиды, мышьяк, ртуть, свинец, цинк, сурьма. Основной объем отходов формируется при добыче полезных ископаемых, что составило в 2010 г. 83,5 % от общего количества образовавшихся отходов. На втором месте отрасли обрабатывающих производств (в основном металлургические) – 15,8 % и на третьем месте предприятия по производству и распределению электроэнергии, газа, воды – 0,47 %.

**Предприятия – основные источники образования отходов в
Красноярском крае**

Предприятия	Объем образования отходов, тыс. т	
	2009 г.	2010 г.
ЗАО «Золотодобывающая компания «Полюс»»	95733	110043
ОАО ЗФ ГМК «Норильский никель»	33123	35484
ООО «Соврудник»	20143	21568
ОАО «РУСАЛ Ачинск»	9992	10631
ООО Артель старателей «Прииск Дразный»	13926	5133
ОАО «Горевкий ГОК»	3966	826
ОАО «Енисейская ТГК (ТГК 13)»	492	582
ЗАО ЗДК «Золотая звезда»	1617	482
Филиал ОАО «ОГК 6» Красноярская ГРЭС-2»	259	317
ОАО «Лесосибирский ЛДК № 1»	287	274
ОАО «ОГК 4» филиал Тепловые сети, филиал «Березовская ГРЭС»	228	233
ОАО «РУСАЛ Красноярский алюминиевый завод»	132	133

Отходы производства и потребления представляют собою в различной степени подвергнутые изменению исходные ресурсы, то есть являются вторичными материальными ресурсами. Исходя из этого реальна возможность их дальнейшего использования в качестве основного сырья как в других отраслях, так и в данной отрасли в смеси с исходным сырьем.

В связи со значительным многообразием вторичных материальных ресурсов они разделяются:

- на остатки сырья и материалов, образующиеся при непосредственном изготовлении товарной продукции;
- на продукты физико-химической переработки сырья;
- на продукты, получаемые при добыче и обогащении полезных ископаемых.

Все эти продукты после дополнительной обработки можно использовать в качестве дополнительных ресурсов.

В расчетах по эффективности использования отходов применяют коэффициент замены первичного сырья, который рассчитывают по формуле

$$K_3 = \frac{H_{II}}{H_O} \cdot$$

При использовании отхода как добавки к первичному сырью коэффициент замены равен

$$K_3 = \frac{H_{II} - H_{CM}(1 - H_O)}{H_{CM} - H'_O},$$

где H_{II} – удельный расход сырья на производство основной продукции, т/т;

H_O – удельный расход отходов, т/т;

H_{CM} – удельный расход смеси на единицу основной продукции, т/т;

H'_O – доля отходов в смеси.

По ориентировочным данным в конце XX в. промышленные отходы США оценивались в 1 млрд т, в странах ЕЭС – более 400 млн т, Японии – 260 млн т. Интересно отметить, что 95 % сельскохозяйственных отходов подвергаются переработке, в то время как 60 % бытовых отходов идут на захоронение, 33 % – сжигаются и лишь 7 % – компостируются.

Снижение отходов производства возможно за счет их рекуперации – улавливания и переработки, благодаря чему и осуществляется защита природной среды от загрязнений. В связи с этим переработка отходов, совершенствование оборудования, создание новых технологий, обеспечивающих более полную рекуперацию сырья, материалов и энергии, стали важнейшими направлениями развития экономики. Разнообразный лом, тряпье и бумага давно потребляются в промышленности. В последнее время предложены новые способы получения товарной продукции из вторичных ресурсов.

Помимо большого экономического значения, утилизация промышленных отходов позволит ликвидировать уже имеющиеся источники загрязнения окружающей среды. В первую очередь к ним относятся отвалы горно-добывающей промышленности, обогатительных фабрик, промышленных предприятий и предприятий топливного комплекса. Только в нашей стране уже скопилось до 4 млрд т золы и шлаков, к которым ежегодно добавляется до 100 млн т. Причем они занимают свыше 143 тыс. га земли. В настоящее время зола и шламы ТЭЦ успешно перерабатываются как стройматериалы и как добавка в кирпичном производстве, которая позволяет увеличить прочность изделий и снизить температуру их обжига. Отходы ТЭЦ утилизируются также в асфальтобетонных смесях, очистке воды и как сырьё для получения алюминия, кремния и т.д. Разработаны методы получения золо- и шлакоситаллов. Тем не менее, как сырьё зола в нашей стране используется мало (до 10 %), хотя в Германии и Франции её потребляется до 80 %.

Значительные площади занимают и шлакоотвалы металлургических производств. Известно, что средняя доменная печь ежедневно даёт 2-3 тыс. т шлака. Их переработка также экономически целесообразна. Капитальные вложения на развитие производств ситаллов окупаются в 2-3 года. Стоимость плиток из этих материалов вдвое дешевле метлахских и превосходят их по прочности и внешнему виду. Эффективность производства дополнительно возрастает при получении ситаллов из расплавленных шлаков. При этом реальна широкая гамма экологически чистых строительных материалов: кирпича, теплоизоляционных плит и т.п.

Строительные материалы, изделия и конструкции из шлаков, золы и отходов углеобогащения на 20-30 % дешевле их аналогов, изготовляемых из природного сырья. На 1 м³ бетона со шлаковым песком экономится от

30 до 70 кг цемента, а замена портланд-цемента известково-золевым вяжущим снижает стоимость бетона на 15-17 %. В Венгрии из металлургических шлаков получают сырьё с содержанием железа до 90 %, которое повторно идёт в доменные печи. Переработка накопленных отходов некоторых производств также прибыльна. Разработана технология промышленного выделения благородных металлов из шламов Ачинского глинозёмного комбината. Доказана также эффективность извлечения золота и ртути из отвалов и шламов золотодобывающих предприятий, а первого из них и из отходов руд Курской магнитной аномалии. Из промышленных отходов налажено массовое производство шлако- и пуццоланового портландцемента, нашедшего широкое применение в получении самых распространённых марок бетона. На полиметаллических заводах, например Сорском молибденовом комбинате, ведутся работы по комплексной утилизации перерабатываемых руд. Побочные продукты этого производства используют для изготовления силикатного кирпича. На Норильском горно-металлургическом комбинате отрабатывается технология получения железа из шлаков и пеков автоклавного выщелачивания. Реализация задачи обеспечивает выработку из отходов производства 3 млн т железа в год.

Колчеданные огарки, ежегодное количество которых в России составляет более 5 млн т, используют в цветной металлургии как минерализующую добавку. Эффективно их включение в состав цементов. Кроме того, на его основе получают ряд минеральных пигментов: железного сурика, мумии, охры.

Большую проблему представляет утилизация отработанных пластмасс. Лишь небольшая часть (до 10-15 %) из 90 млн т этой продукции перерабатывается. В то же время при их сжигании происходит сильное загрязнение атмосферы ядовитыми веществами. Наиболее эффективными способами предотвращения накопления пластмассовых отходов является их вторичная переработка (рециклинг) и разработка биодegradальных полимерных материалов.

Обычно выделяют две подлежащие рециклингу категории пластмасс: однородные и смешанные. Наиболее легко вторично перерабатываются термопласты. Рециклирование в США выступает одним из путей решения проблемы удаления отходов. Предполагается, что американский рециклинг пластмасс в ближайшее время составит 50-60 %. Основопологающей политикой здесь на протяжении последних лет в области переработки твердых отходов служит практика локального сбора вторичного сырья на местах образования с максимальной рециклизацией. В значительной мере это обусловлено отсутствием свободных территорий для складирования отходов. Директивой правительства Великобритании поставлена задача добиться к началу века рециклинга половины всех производимых промышленных и бытовых отходов пластмасс.

Эффективным направлением решения проблемы пластмассовых отходов является создание биодegradабельных, способных разлагаться в

природных условиях под действием микроорганизмов до безвредных соединений. В соответствии с этим определились два пути создания полимерных материалов: синтез биоразлагаемых пластмасс с помощью микроорганизмов (биополиэфиры, биополисахариды); биоразлагаемые пластмассы на основе природных веществ (природные сахараиды, смесь полиэтилена и крахмала) и получаемые методами химического синтеза (синтетические материалы).

К серьезным многотоннажным отходам производства относят и отработанные шины, количество которых исчисляется миллиардами. Только в США их ежегодно выбрасывается более 200 млн штук. Их традиционное использование в качестве ограждения, создания рифов при разведении рыб, волнорезов и дамб не решает проблемы. Более перспективна их комплексная утилизация с получением металла, нефтепродуктов и кокса.

Биохимическая очистка городских промышленных сточных вод приводит к накоплению большого количества осадков, которые рекуперированы в ценные продукты. Так, осадки сточных вод гидролизной и бумажной промышленности трансформируются в удобрения. Из активного ила получают белково-витаминный кормовой продукт (белвитамин), активные угли. Газ, выделяющийся при брожении ила в метантенках, используют как топливо.

В развитых странах потребляется громадное количество бумаги. Более всего ее расходуется в США, где для упаковки тратится половина всей производимой бумаги. Здесь на каждого жителя страны ее приходится в 150 раз больше, чем в Индии. При этом значительная часть сырья заменяется вторичным сырьем, получаемым из макулатуры.

В последнее время в значительной мере возросло количество токсических отходов. К ним относятся различные неиспользованные ядохимикаты в сельском хозяйстве, отходы промышленных производств. Современный уровень техники пока не позволяет полностью утилизировать все образующиеся отходы. Часть из них весьма токсичны, и их обезвреживание существующими методами невозможно.

На некоторых территориях имеются так называемые химические ловушки – забытые захоронения опасных отходов, на которых затем были построены жилые дома и другие объекты. Их наличие обуславливает появление среди местного населения страшных заболеваний. Учет таких захоронений показал, что США располагает не менее 32 тыс. ловушек, ФРГ – 50 тыс., Дания – 3,2 тыс. К ним могут быть отнесены также 85 мест атомных взрывов в мирных целях в России (в том числе в Красноярском крае – 9).

В связи с токсичностью отходов их захоронение представляет собой серьезную проблему, сущность которой состоит в полном исключении возможностей проникновения токсичных газов в атмосферу и фильтратов – в природные воды.

Одно из направлений рационального решения этой проблемы – создание специальных полигонов. Полигон представляет собой крупное современное предприятие, снабженное специальной лабораторией для контроля за составом поступающих отходов. Согласно ориентировочным данным стоимость обезвреживания 1 т составляет до 500 долл.

Размещение полигонов осуществляется по территориальному принципу и предусматривается при разработке схем и проектов районной планировки. Их строительство осуществляется, как правило, на основе долевого участия предприятий и в соответствии с «Санитарными правилами проектирования, строительства и эксплуатации полигонов, захоронения не утилизируемых отходов» (СНиП 2.01.28-85).

Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсических промышленных отходов являются природоохранными сооружениями и предназначены для регулярного сбора, удаления, обезвреживания и захоронения токсичных отходов и некондиционных продуктов промышленных предприятий и других организаций, расположенных в одном или нескольких промышленных узлах.

В составе полигона предусматривают три основные группы объектов:

1. Завод (или ряд установок) по обезвреживанию токсических отходов, предназначенный для сжигания и физико-химической переработки отходов с целью их полного обезвреживания или понижения токсичности (класса опасности), перевода их в нерастворимые формы, обезвреживания и сокращения подлежащих захоронению отходов.
2. Участок для захоронения отходов, представляющий собой специально выбранную и подготовленную территорию, на которой располагаются оборудованные в соответствии со СНиПом котлованы, где складировются различные группы твердых отходов.
3. Гараж специализированного парка автомашин, предназначенных для транспортировки токсичных отходов.

Способ обезвреживания и захоронения отходов выбирается в зависимости от агрегатного состояния, водорастворимости и класса опасности соединений. Выделено четыре класса опасности. К первому относятся бенз(а)пирен, хром (VI), оксид мышьяка (V), цианистый калий и др. Второй класс представлен хлористой медью, азотнокислым свинцом, трехокисью сурьмы и т.д. К третьему классу относятся никель, оксид свинца, сульфат меди, четыреххлористый углерод и др.; к четвертому – фосфаты, хлориды, сульфат марганца (II) и др.

Сложно определить класс опасности смеси отходов, когда токсические отходы находятся в малых концентрациях. Решение этого вопроса осуществляется расчетным путем по LD₅₀ токсических веществ или ПДК в почве, растворимости соединений и их летучести. Поскольку 70 % промышленных токсических отходов составляют горючие вещества,

то их основным методом служит сжигание в специальных установках при 900-1400 °С с тщательной очисткой отходящих газов.

9.4. Переработка радиоактивных отходов

Среди различного рода загрязнений особое место занимают радиоактивные отходы. Их появление в биосфере преимущественно определяется:

- глобально распределенными долгоживущими радиоактивными изотопами, являющимися продуктами испытаний ядерного оружия;
- плановыми и аварийными выбросами радиоактивных веществ в окружающую среду от предприятий атомной промышленности;
- выбросами в атмосферу и сбросами в водные объекты радиоактивных веществ с действующих АЭС в процессе эксплуатации.

Радиоактивные отходы (РАО) прежде всего опасны тем, что содержащиеся в них радионуклиды рассеиваются в биосфере и могут вызывать различные генетические изменения в клетках живых организмов, в том числе и человека. Создание ядерного оружия, расширение применения атома в мирных целях при недостаточном обеспечении безопасности радиационного поражения окружающей среды приводят к угрозе проживания человечества на Земле. Основными источниками потенциальной опасности радиационного загрязнения являются предприятия по производству расщепляющего материала для ядерного оружия, действующие АЭС, атомные подлодки и другие суда. На территории России имеется 15 полигонов для захоронения радиоактивных отходов, насчитывается около 15 тыс. учреждений, использующих расщепляющиеся материалы в научных исследованиях, приборах и производстве. На предприятиях атомной энергетики скопилось значительное количество радиоактивных отходов и ежегодно еще поступает около 9 тыс. м³. Большую опасность для жизни представляет загрязнение РАО вод мирового океана. В настоящее время общая активность РАО по северным морям составляет: Белое – 100 Ки, Баренцево – 12153, Карское – 85000 Ки. В целом суммарная активность отходов в омывающих территорию России морях по разным оценкам составляет до 2500 МКи. Огромный вред биосфере нанесен ядерными испытаниями. В бывшем СССР было произведено 714 поверхностных ядерных (в том числе сверхмощной водородной бомбы) и 115 подземных ядерных взрывов, 183 испытания в атмосфере (на Новой Земле – 90 открытых ядерных взрывов)¹⁰⁸.

Не решены вопросы с условно-радиоактивными отходами. Это значительно повышает риск получения опасной дозы облучения в самом неожиданном месте, в том числе и у себя дома. Для некоторого

¹⁰⁸ Маринченко А.В. Экология: Учебное пособие. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2008. – 328 с.

представления потенциальной возможности радиоактивного поражения в табл. 9.7 и 9.8 приведены сведения по шкале и дозах облучения человека.

Таблица 9.7

Шкала степени облучения человека

Нормирование, уровень поражений	Показатель
Просмотр одного хоккейного матча по ТВ	1 мкбэр
Фоновое облучение за год	100 мбэр
Допустимое облучение населения в нормальных условиях за год	500 мбэр
Облучение при рентгенографии зубов	3 бэр
Допустимое облучение персонала в нормальных условиях за год	5 бэр
Допустимое аварийное облучение населения (разовое)	10 бэр
Допустимое аварийное облучение персонала (разовое)	25 бэр
Облучение при рентгеноскопии желудка (местное)	30 бэр
Кратковременное незначительное изменение состава крови	75 бэр
Нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни	100 бэр
Тяжелая степень лучевой болезни (погибает 50 % облученных)	450 бэр

Таблица 9.8

Доза облучения в зависимости от времени пребывания в поле излучения, мбэр

Мощность дозы, мбэр/ч	Время пребывания				
	1 час	1 сутки	1 неделя	1 месяц	1 год
0,01	0,01	0,24	1,7	7,2	87,6
0,02	0,02	0,48	3,4	14,4	176
0,03	0,3	0,72	5,0	21,6	263
0,04	0,04	0,96	6,7	28,8	360
0,05	0,05	1,2	8,4	36,0	438
0,06	0,06	1,44	10,1	43,2	526
0,07	0,07	1,68	11,8	50,4	613
0,08	0,08	1,92	13,4	57,6	701
0,09	0,09	2,16	15,1	64,8	788
0,1	0,1	2,4	16,8	72	876
0,2	0,2	4,8	33,6	144	1750
0,3	0,3	7,2	50,4	216	2630
0,4	0,4	9,6	67,2	288	3500
0,5	0,5	12,0	84	380	4380
0,6	0,6	14,4	101	432	5260
0,7	0,7	16,8	118	504	6130
0,8	0,8	19,2	134	576	7010
0,9	0,9	21,6	151	648	7880
1,0	1,0	24	168	720	8760

Негативные и трагические события, связанные с радиоактивным воздействием, происходят, как правило, лишь при аварийных ситуациях или серьезных нарушениях технологии. В обычных условиях при современном уровне защиты опасность радиоактивного загрязнения при добыче, транспортировке и эксплуатации атомных установок и двигателей весьма незначительна. При этом атомная энергетика прочно вошла в экономическую структуру большинства развитых стран. К 80-м гг. XX в. в

20 странах мира работало свыше 100 атомных станций. В 2009-2010 гг. в развитых странах их энергия составляет около трети от ее общей суммы. АЭС в значительной мере помогают сохранению природных ресурсов. Они намного меньше загрязняют атмосферу вредными выбросами по сравнению с ТЭС, работающих на угле, нефти и газе. Их сточные воды и воздушные выбросы проходят специальную обработку.

Работа на АЭС не связана со сгоранием органического топлива и поэтому практически не изменяет химического состава атмосферы, гидросферы и почвы и не влияет на баланс кислорода и углекислого газа в атмосфере. В отличие от них газообразные отходы ТЭС содержат целую гамму токсических веществ и по влиянию на здоровье человека приравниваются к отходам химических предприятий. Такое представление справедливо и для радиоактивного загрязнения. Доза облучения в результате эксплуатации АЭС существенно ниже по сравнению с топливными станциями. Ее достоинством является также низкий материальный поток в системе. Здесь нет необходимости подвоза эшелонов топлива и выделения территории для золоотвалов.

Вместе с тем угроза радиоактивного поражения населения нарастает. Во многих странах, имеющих АЭС и заводы по производству плутония, накопились большие запасы РАО. Суммарная активность захороненных отходов на территории России составляет 4 млрд Ки, что соответствует 80 Чернобылям. В Англии эти отходы в начале XXI в. составляют: высокой активности – 5 тыс. м³, средней – 80 и низкой – 500 тыс. м³. Большие отходы образуются при переработке отработанного ядерного топлива (ОЯТ). Так, при переработке 1 т РАО возникает 4,5 т высокоактивных, 150 т среднеактивных и 2000 т низкоактивных отходов.

До настоящего времени не решена проблема радиоактивных отходов. Они не обезвреживаются традиционными методами из-за наличия долгоживущих радионуклидов, естественный распад которых длится сотни лет. В связи с этим остро встает вопрос о локализации таких отходов.

В ранний период развития атомной энергетики отходы сбрасывали в моря и открытые водоемы. По этому принципу организовано хранение жидких отходов ПО "Маяк" в Челябинской области (озеро Карачай). В этом хранилище за десятки лет скопилось радиации (до 120 млн Ки) в несколько раз больше, чем ее было выброшено во время Чернобыльской катастрофы.

Впоследствии вплоть до настоящего времени жидкие отходы направляются на подземное захоронение. Сущность метода состоит в контролируемом удалении радиоактивных отходов в глубокозалегающие водоносные горизонты, надежно изолированные слабопроницаемыми водоупорами от ниже- и вышележащих горизонтов. Закачка жидких отходов осуществляется через систему нагнетательных скважин. Нагнетаемые в пласт-коллектор радиоактивные отходы вытесняют природную пластовую воду из пород, замещают ее и располагаются там радиально от скважин. Породы пласт-коллектора являются

многокомпонентными минеральными сорбентами по отношению к радионуклидам. За счет сорбции происходит очистка закачиваемых отходов и накопление радионуклидов в ограниченном пространстве.

В Красноярске-26 на полигоне "Северный" под землю закачено 3,8 млрд м³ жидких радиоактивных отходов с общей емкостью 0,66 млрд Ки. Захоронение осуществлялось в контролируемую линзу. Тем не менее, отмечаемые здесь землетрясения в 2-3 балла (в 2010-2011 гг. до 5 баллов) и огромные объемы отходов вызывают обеспокоенность их проникновением в водоносные горизонты.

Более надежным считается стеклование жидких отходов. Метод основывается на следующих положениях:

- максимальное концентрирование отходов выпариванием;
- глубокая очистка выпариваемого конденсата и его возврат на повторное использование;
- включение солей и радионуклидов концентрата в твердую матрицу;
- захоронение отвержденных отходов в могильники.

При включении в битум до 50 % солей образуется битумный компаунд, который обладает хорошей водостойкостью, низкой выщелачиваемостью и весьма длительное время не претерпевает структурных изменений.

При обработке осуществляется градация радиоактивных отходов. Жидкие высокоактивные отходы сразу же после образования остекловываются и в твердом виде хранятся в контролируемых условиях. Среднеактивные отходы сначала концентрируют, а затем отверждают и отправляют на хранение. Низкоактивные жидкие отходы после очистки отстаиванием используют в системе замкнутого производственного водоснабжения предприятия. Твердые радиоактивные отходы после извлечения урана прессуют и сжигают, а затем цементируют и хранят в специальном хранилище.

В настоящее время идет дискуссия между сторонниками замкнутого и разомкнутого ядерно-топливного цикла.

При разомкнутом цикле отработанное ядерное топливо (ОЯТ) не сразу перерабатывается, а оставляется на будущие 50-100 лет, когда человечество научится надежно обращаться с ним. При этом необходимо решить единственную задачу – размещение ОЯТ на продолжительное время.

В замкнутом цикле при регенерации топлива остаются три проблемы. Первая состоит в строительстве радиохимических заводов, подобных Красноярскому РТ-2, которые являются самыми грязными объектами ядерно-топливного цикла. Здесь множество каналов, по которым радиоактивность будет выходить в окружающую среду. К этому добавляется необходимость после исчерпания ресурсов утилизации радиоактивного оборудования заводов, наступающего после 30-40-летней эксплуатации. Вторая проблема заключается в размещении комплекса могильников отходов всех типов, которые после соответствующей

переработки необходимо пускать под землю. В-третьих, остается задача хранения топлива, остающегося после второго рецикла.

В Красноярском крае 15 апреля 2010 г. был остановлен последний атомный реактор ФГУП «Горно-химический комбинат» в г. Железногорске¹⁰⁹. В настоящее время мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и поверхностных вод осуществляется автоматизированной системой контроля радиационной обстановки Красноярского края (КрасАСКРО).

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое отходы? Перечислите основные виды отходов.
2. Что такое комплексное использование сырья?
3. Какие существуют источники радиоактивного загрязнения окружающей среды?
4. Охарактеризуйте возможные направления совершенствования использования сырья и отходов.
5. Какие перспективы развития есть у биогазовой энергетики?
6. Где на территории России расположены регионы с высокой степенью техногенного радиоактивного загрязнения?
7. Какие существуют направления переработки ТБО?
8. Охарактеризуйте проблемы переработки и хранения твердых отходов в Красноярском крае.
9. Заполните таблицу

Отходы производства	Общая характеристика отходов	Область применения в настоящее время	Возможные перспективы применения (отрасль народного хозяйства)

¹⁰⁹ Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2009 год». - Красноярск, 2010. – 237 с.

ГЛАВА 10. УПРАВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ И ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

10.1. Ущерб от загрязнения окружающей среды

Под экономическим ущербом от загрязнения окружающей среды понимают выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, связанные с воздействием поллютантов на все составные части биосферы, дополнительные затраты на ликвидацию отрицательных последствий и потери, обусловленные ухудшением здоровья населения, сокращения срока трудового периода и жизни людей.

Ущерб, нанесенный человеком, возобновляемым ресурсам до определенной степени савосстанавливается самой природой. Например, загрязняемый воздух рассеивается, перемешивается со свежим и оздоравливается. Выброшенные газы, сажа и пыль уносятся. Их концентрация снижается за счет частичного осаждения и в результате становится безопасной. Загрязнению водоёмов противодействует водная биота: водоросли, микроорганизмы, беспозвоночные. Благодаря своей жизнедеятельности они уничтожают загрязнители, разлагая и потребляя их в пищу, превращаясь в корм для других существ. Кроме того, самоочищению водоемов способствует разбавление стоков свежей водой.

Однако при переходе через определенные пределы природные объекты уже не в состоянии восстанавливаться своими силами, при дальнейшем загрязнении жизненные процессы там прекращаются и объекты становятся мертвыми. Чувствительность разных объектов существенно различается по устойчивости к антропогенному воздействию. Весьма чувствительна к ним тундра, более устойчивы – степь и тайга.

10.1.1. Структура экологического ущерба

Промышленные и бытовые отходы ухудшают качество природной среды, для поддержания которого на нужном уровне требуются существенные затраты. Ущерб складывается:

- из затрат на возврат окружающей среды в прежнее состояние;
- из затрат будущего общества в связи с безвозвратным изъятием части дефицитных природных ресурсов.

Для оценки ущерба окружающей среде используют следующие базовые величины:

- расходы на снижение загрязнения;
- затраты на восстановление окружающей среды;
- рыночная цена;
- дополнительные затраты из-за изменения качества окружающей среды;
- расходы на компенсацию риска здоровью людей;
- затраты на дополнительный природный ресурс для разбавления сбрасываемого потока до безопасной концентрации загрязняющего вещества.

Кроме вредного влияния на здоровье людей, загрязнение наносит огромный материальный ущерб экономике. Он связан, прежде всего, с ускоренным разрушением строительных конструкций, коррозией оборудования, гибелью лесов и сельскохозяйственных растений и животных, приносит убытки смежным сферам хозяйственной деятельности. Огромный вклад в глобальное антропогенное воздействие вносит получение энергии. В большинстве случаев оно характеризуется изменением уровней потоков химических веществ в природной среде.

Д. Холдреном в начале 1990-х гг. была предпринята попытка оценить долю антропогенного экологического ущерба загрязнения атмосферы вредными соединениями от четырех основных источников:

- промышленных источников энергии (сжигание используемого топлива, его добыча и переработка);
- ретроспективных источников энергии (сжигание дров, соломы, навоза и т.д.);
- сельского хозяйства (сжигание отходов, удобрения, вырубка лесов под пашню и т.д.);
- промышленного производства и других факторов (плавка и обработка металлов, сжигание отходов и т.д.).

Основой потоков свинца (63 %), диоксида серы (85 %) и углерода (75 %) являются промышленные источники получения энергии; метана (65 %), оксидов азота (80 %) и пыли (более 40 %) – сельское хозяйство; кадмия (70 %) и ртути (77 %) – промышленное производство. Заметный вклад в загрязнение атмосферы пылью вносит сжигание дров.

Ущерб от загрязнения непрерывно возрастает. Точную оценку потерь в стоимостном выражении провести сложно. В развитых странах для сохранения качества окружающей среды необходимы затраты, составляющие до 1-2,5 % национального дохода. Средства на поддержание необходимого качества подразделяют на три группы затрат:

- связанные со снижением поступления выбросов;
- компенсация социальных последствий выбросов;
- возмещение затрат от потерь сырья и продуктов, уносимых отходящими газами и сточными водами.

К первой группе относятся затраты на строительство и эксплуатацию очистных сооружений и создание защитных зон вокруг источников загрязнений, на разработку замкнутых (безотходных) технологических процессов, обеспечивающих комплексное использование всех компонентов материально-энергетических потоков и минимальное поступление вредных веществ в окружающую среду, а также на создание систем контроля и управления уровнем загрязнения среды.

Вторая группа характеризует затраты, обусловленные ухудшением качества жизни. Последнее включает в себя нарушение условий труда и отдыха, потерю рабочего времени в результате повышения заболеваемости населения, снижение ценности природных ресурсов, интенсификацию

коррозии, а также уменьшение продуктивности и устойчивости функционирования естественных и искусственных фитоценозов.

Так, доходы сельского хозяйства заметно уменьшаются при снижении урожайности культур в связи с истощением и эрозией почвы, ухудшением состояния пастбищ, сокращением площадей угодий. В результате вырубки высокопродуктивных и доступных лесных массивов, а также уменьшения численности диких животных сокращаются доходы лесного хозяйства. Выгода от разработки недр снижается по мере истощения наиболее ценных месторождений или их некомплексного использования, перехода к залежам, менее богатым и расположенным на большей глубине или с неразработанной инфраструктурой.

К третьей группе относятся затраты на компенсацию потерь сырья и энергии из-за выбросов промышленных отходов, которые в ряде случаев служат вторичными материальными ресурсами в других производствах. Их использование обуславливает увеличение потребления первичного сырья для выработки товарного продукта. Вовлечение в переработку древесных отходов и макулатуры предохраняет от уничтожения новые лесные массивы.

Наносимый природе ущерб подразделяется на социальный, моральный и экономический. Последний представляет собой фактические потери хозяйства в связи с загрязнением среды. Он может быть фактическим, возможным и предотвращенным. Возможный (базовый) ущерб – ущерб, который мог быть получен при отсутствии природоохранных мероприятий. Под фактическим понимают его величину после внедрения таких мероприятий, под предотвращенным – разность между двумя первыми в определенный момент времени.

10.1.2. Расчет экономического ущерба от загрязнения

Методические основы расчета эффективности затрат на охрану природы, критерии и показатели эффективности приведены во Временной типовой методике научного совета АН СССР по проблеме «Экономическая эффективность основных фондов, капитальных вложений и новой техники». Согласно Типовой методике для определения ущерба предлагается использовать как метод прямого счета, так и эмпирический (укрупненный) метод. Приближенная оценка ущерба практикуется на начальных этапах исследований по природоохранной деятельности на предприятиях для выработки общих задач по повышению эффективности планируемых мероприятий. При этом выделяют три группы сфер влияния (атмосфера, вода, земля), по которым имеются государственные и отраслевые укрупненные оценки удельного ущерба.

Метод прямого счета позволяет получить более достоверные данные экономического ущерба. При этом учитываются конкретные типы нарушений и загрязнения составляющих биосферы продуктами данного предприятия, а также дается оценка их негативных последствий в

отдельных подразделениях и отраслях. Такой расчет базируется на данных объекта-аналога, фактических статистических материалах, экспертных оценках. Формулы для расчета ущерба по элементам воздействия приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Формулы расчета элементов дополнительных расходов, вызванных изменением окружающей среды

Элементы расходов и формулы расчетов	Обозначение используемых величин
Затраты на медицинское обслуживание $Z_1 = s_1 \cdot n_1 + s_2 \cdot n_2$	s_1, s_2 – затраты учреждений здравоохранения на стац. и амбул. лечение; n_1, n_2 – количество людей, направленных на амбул. и стац. лечение, чел.
Оплата лечебных отпусков $Z_2 = L \cdot N$	L – средние выплаты по временной нетрудоспособности, руб/день; N – количество дней временной нетрудоспособности
Компенсация невыходов на работу $Z_3 = s_3 \cdot N$	s_3 – средняя потеря прибыли предприятия, руб/чел.день
Страхование жизни людей $Z_4 = n \cdot s_4$	s_4 – годовые страховые платежи, руб/чел; n – количество работающих
Транспортные расходы по доставке людей в опасные зоны $Z_5 = n \cdot s_5$	s_5 – нормативные транспортные затраты по доставке 1 чел, n – количество работающих
Ремонт и содержание зданий $Z_6 = s_6 \cdot S$	s_6 – удельные затраты на ремонт фасада, руб/ м ²
Уборка территории $Z_7 = s_7 \cdot n$	s_7, n – удельные затраты и объем работ по уборке территории, руб/ед и ед.
Износ рабочей одежды $Z_8 = s_8 \cdot n$	s_8 – годовые затраты на возмещение износа одежды 1 чел, руб, n – количество человек
Посадка и содержание зеленых насаждений $Z_9 = s_9 \cdot S$	s_9 – удельные текущие затраты на посадку и содержание насаждений, руб/кв. м; S – площадь посадки насаждений, м ²
Износ транспорта $Z_{10} = s_{10} \cdot n$	s_{10} – удельные затраты на малые ремонты и профосмотры транспорта, руб/ед; n – кол-во транспорта
Потери (потенциально возможного) урожая $Z_{11} = V \cdot S(C - s_{11})$	V – выпуск с/х продукции на 1 га угодий, S – площадь земель, подвергшихся загрязнению; s_{11} и C – закупочная цена с/х продукции до и после изменения условий, руб/т
Потери (потенциально возможного) вылова рыбы $Z_{12} = V \cdot S(C - s_{12})$	V – объем вылова рыбы на 1 площади водоема, т/м ² , S – площадь водоема, подвергшегося загрязнению; s_{12} и C – закупочная цена рыбы до и после изменения условий, руб/т
Потери (потенциально возможной) продуктивности леса $Z_{13} = V \cdot s_{13} \cdot S$	V – объем продукта леса в расчете на 1 га, s_{13} – себестоимость 1 объема леса: продуктов леса, руб., ед; S – площадь лесных ресурсов, подвергшихся загрязнению, га
Потери от возможной аварии $Z_{14} = f \cdot s_{14}$	s_{14} – оценка потерь на ликвидацию последствий аварии на производстве и прилегающих территориях, руб., f – вероятность возникновения аварии

Такой подход позволяет выявить объекты, наиболее значимо действующие на природную среду и обуславливающие наибольший экономический ущерб. Полученные сведения позволяют установить очередность природоохранных мероприятий и разработать оптимальную структуру капитальных вложений на их проведение при составлении текущих и перспективных комплексных планов.

Оценка годового ущерба

Полный годовой экономический ущерб от загрязнения U (руб) определяется по формуле

$$U = U_3 \cdot v \cdot Q_M,$$

где U_3 – удельный ущерб от загрязнения среды на единицу выбросов, руб/т;
 v – масса выбросов на единицу продукции, т/т;
 Q_M – годовой выброс продукции.

Оценка загрязнения воздуха и водоемов

Экономическая оценка удельного ущерба U_{ATM} (руб/год), причиняемого выбросом загрязнений в атмосферный воздух, вычисляется из уравнения

$$U_{ATM} = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M,$$

где γ – константа, значения которой равно 2,4 руб/усл. т. Ее величина варьирует в зависимости от существующих цен;
 σ – коэффициент относительной опасности, зависящий от типа территории (в методике он принят равным: для курортов и заповедников – 10, пригородных зон и зон отдыха – 8; населенных мест с плотностью населения n чел/га – $(0,1 \text{ чел/га})n$, для лесов – 0,2, для пашен – 0,25 и садов – 0,5);
 f – безразмерный коэффициент, учитывающий характер рассеивания примесей в атмосфере. Его величина зависит от скорости оседания частиц, высоты их выброса и температуры газа. Для частиц, оседающих со скоростью 1-20 см/с, она находится в пределах 0,89-4, менее 2 см/с – 1-0,08;
 M – приведенная масса годового выброса загрязнений, усл.т/год.
 Значение σ определяется по формуле

$$\sigma = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{ЗАЗ}} \sigma_i,$$

где S_i – площадь i -й части зоны активного загрязнения (ЗАЗ);
 $S_{ЗАЗ}$ – площадь зоны активного загрязнения, га;
 i – номер части ЗАЗ, относящийся к одному из типов территорий;
 n – общее число типов территорий в ЗАЗ.
 Величина приведенной массы выброса загрязнений в атмосферу

$$M = \sum_i^n A_i m_i,$$

где A_i – безразмерный показатель относительной активности примеси i -го вида, усл. т/т;

m_i – масса годового выброса i -го вида в атмосферу.

Величина удельного ущерба Y_B (руб/год) от сброса загрязняющих примесей в водоем определяется по формуле

$$Y_B = \gamma \sigma M,$$

где γ – константа, значение которой принимается равной 400 руб/усл.т;

σ – коэффициент, значение которого варьируется для отдельных водохозяйственных участков.

Величина M находится из выражения

$$M = \sum_i^n A_i m_i,$$

где A_i – показатель относительной опасности сброса;

m_i – масса i -го сброса на единицу продукции, т/т.

Значения A_i определяется по формуле

$$A_i = \frac{1\Gamma / \text{м}^3}{\text{ПДК}_{\text{P/X}_i}},$$

где $\text{ПДК}_{\text{P/X}_i}$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, г/м³.

Оценка загрязнения земельных ресурсов и недр

Удельный ущерб хозяйству, связанный с нарушением земельных ресурсов, рассчитывают по формуле

$$Y_{\text{ЗЕМ}} = (Y_{\text{АТМ}} + Y_B + Y_T) S_H / Q_M,$$

где $Y_{\text{АТМ}}$, Y_B , Y_T – ущерб от загрязнения атмосферы, водоемов из-за нарушения земель и от отчуждения земель, руб/га;

S_H – площадь нарушаемых земель, га.

$Y_{\text{АТМ}}$ определяется выражением

$$Y_{\text{АТМ}} = V_a C_a k h z,$$

V_a – объем пылегазовых выбросов, т/га;

C_a – удельная оценка ущерба от выбросов, руб/тгод;

k , h , z – коэффициенты, учитывающие зональные особенности, высоту выбросов и характер использования территории в зоне влияния нарушенных земель.

Ущерб от загрязнения водоемов в связи с нарушением земель рассчитывают по выражению

$$Y_B = V_B C_B,$$

где V_B – объем выноса загрязняющих примесей в водные бассейны с загрязнителей, находящихся на 1 га, т/га;

C_B – удельная оценка от поступления загрязняющих продуктов в водоёмы, руб/т.

Ущерб от отчуждения земель находится из выражения

$$Y_T = \sum_1^n P_n (C_n - C'_n),$$

где P_n – годовое количество недоданной из-за нарушения земель сельскохозяйственной продукции, т/га;

C_n, C_n' – себестоимость n-го вида продукции, получаемой соответственно в контрольной зоне и зоне влияния нарушенных земель, руб/т.

Удельный ущерб от годового нарушения и загрязнения недр:

$$Y_H = Y_{НАР} + Y_{ЗАГ},$$

где $Y_{НАР}, Y_{ЗАГ}$ – ущерб от нарушения и загрязнения в год, руб/год.

Расчеты свидетельствуют, что экономический ущерб от загрязнения воздушного бассейна составляет около 60, водного – 30 и загрязнение твердыми отходами – 10 % от общего ущерба.

Определение ущерба методом прямого счета

Данная методика требует сбора множества исходных данных, которые могут быть получены лишь при непосредственном инженерно-экономическом обследовании предприятия и зоны его воздействия.

Экономический эффект природоохранного мероприятия выражается величиной предотвращаемого при его выполнении годового ущерба от загрязнения среды или их суммой и годовым приростом дохода от улучшения производственных результатов.

Предотвращенный экономический ущерб от загрязнения среды равен разности между рассчитанной величиной ущерба, который бы имел место до осуществления данного мероприятия, и его остаточной величиной после проведения мероприятия.

Недостатки временной типовой методики:

- практически не учитываются отраслевые особенности производства;
- расчеты ущерба весьма трудоёмки и требуют большого объема информации, поскольку они ведутся по всем ингредиентам и по каждому источнику загрязнения.

Более целесообразно ущерб рассчитывать отдельно по основным элементам среды в связи с их специфическими методическими особенностями.

1. Атмосфера, благодаря своей непрерывности и значительной емкости, обладает существенно большими возможностями для самоочистки от загрязнения. Водные же бассейны к загрязнению более чувствительны.

2. Загрязнение воздушного бассейна сказывается практически на всех объектах, что приводит к ухудшению качества среды всех форм.

3. При ухудшении качества воды в водоемах ущерб распространяется в основном лишь на водопотребителей и водопользователей.

4. Распространение вредных веществ в воздухе и воде носит разный характер.

5. Нарушение и загрязнение земельных ресурсов вызывается не только изъятием земель, но и загрязнением водного и воздушного бассейнов.

Оценка социального ущерба

Наряду с материальным важно учитывать и социальный ущерб, наносимый населению загрязненным воздухом, наличием вредных веществ в воде, шумами и т.д. Их воздействие обуславливает рост заболеваемости.

В ст. 29 «Декларации прав и свобод человека»¹¹⁰ отмечается, что «человек имеет право на благоприятную среду и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим нарушением». С принятием в 1991 г. этой Декларации оценка социального ущерба человеку приобрела правовую основу. В этой связи встают задачи разработки методики по более достоверному определению влияния загрязнения окружающей среды на здоровье населения и сохранность имущества. Пока из-за отсутствия такой методики социальный ущерб частично может быть оценен экономическими показателями. Так, можно определить прямые расходы на здравоохранение и социальное обеспечение, затраты на лечение, оплату больничных листов, потери производства из-за невыхода на работу и снижения выработки продукции. Разработаны методики оценки ущерба, наносимого коммунальному, сельскому и лесному хозяйству, промышленности. Приводятся данные, что 77 % «получателей» загрязнения составляет население и коммунальное хозяйство.

При расчете эффективности мер по борьбе с загрязнением необходимо сопоставлять возможный ущерб от него с капитальными вложениями и текущими затратами, необходимыми для его ликвидации. Такая работа применительно к водным ресурсам Западного Урала была выполнена для определения эффективности капитальных вложений. Результаты вложений сведены в табл. 10.2.

Таблица 10.2

Эффективность капитальных вложений в водоохранное строительство

Загрязнители окружающей среды	Предварительный ущерб, млн руб	Капитальные вложения, млн руб	Текущие затраты, млн руб	Предотвращенный ущерб без текущих затрат, млн руб (гр.2 – гр.4)	Эффективность капитальных вложений (гр.5 / гр.3)	Срок окупаемости капиталовложений, годы (гр. 3 / гр.5)
Черная металлургия	16,1	17,0	3,4	12,7	0,75	1,34
Угольная пром-сть	2,3	7,7	1,6	0,7	0,09	11,11
Теплоэнергетика	10,3	17,6	3,5	6,8	0,39	2,56
Машиностроение	7,1	11,7	2,3	4,8	0,41	2,44
Химическая пром-сть	83,9	57,0	11,4	72,5	1,27	0,79

¹¹⁰ Un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/declhr.shtml

В большинстве случаев эффективность капитальных вложений высокая – от 0,4 до 11,3, а сроки окупаемости за редким исключением короткие, от 0,8 до 2,6 года. Однако с переходом к рыночной экономике подобные расчеты проводятся редко. На примере такого расчета видно, какое большое значение он может иметь для обоснования целесообразности проведения природоохранных мероприятий.

10.1.3. Экономический ущерб от природоохранных мероприятий

Определение чистого экономического эффекта природоохранных мероприятий осуществляется с целью:

- технико-экономического обоснования выбора лучшего варианта мероприятий, различающихся по воздействию на окружающую среду;
- экономической оценки фактически осуществленных природоохранных мероприятий.

Чрезвычайно важна методика определения эффективности затрат на природоохранные мероприятия по очистке воздушного бассейна, воды и земельных ресурсов. Она исходит из основных положений Временной типовой методики. Оценка экономической эффективности капитальных вложений в природоохранные мероприятия имеет особенности, проявляющиеся в специфике эффекта, достигаемого в результате вложения средств, в видах учитываемых эффектов и методах их определения.

Если капитальные вложения в производство обеспечивают прирост прибыли, то их вклад на охрану природы выражается в виде предотвращенных потерь и затрат. Их региональный характер проявляется не только на предприятии и в отрасли, где осуществляется мероприятие, но и на всей территории региона. В связи с этим для определения эффекта важно установить не только затраты предприятия, но и изменение затрат у предприятий, использующих нарушенные ресурсы. При этом большую часть социальных результатов природоохранной деятельности (улучшение условий труда, снижение заболеваемости и т.п.) трудно рассчитать.

Согласно методике различаются первичный и конечный комплексные социально-экономические эффекты от мероприятий по охране природы. Первичный состоит в снижении загрязнения окружающей среды и улучшении ее состояния, а конечный – в повышении уровня здоровья населения, эффективности производства и росте национального богатства. При этом экономические результаты проявляются как прирост чистой продукции или экономия затрат и их снижение из личных средств населения. Социальный эффект проявляется в снижении заболеваемости населения, улучшении условий труда и отдыха, сохранении природных ресурсов. Экономический эффект природоохранных мероприятий и оценка ущерба хозяйству загрязнением среды основываются на сопоставлении затрат на их осуществление с экономическим результатом, достигнутым при реализации мероприятий. Он выражается величиной

(ликвидированного или предотвращенного) экономического ущерба от нарушения или потерь ресурса. Разность между результатом и затратами характеризует экономический эффект, по величине которого выбирают оптимальный вариант.

Экономическая эффективность \mathcal{E}_3 (руб.) выражается как отношение экономического эффекта к затратам на осуществление мероприятия:

$$\mathcal{E}_3 = \frac{\mathcal{E}}{C + E_H K},$$

где \mathcal{E} – годовой эффект;

C – текущие годовые затраты;

K – капитальные вложения, определяющие эффект;

E_H – норматив эффективности для приведения капитальных вложений к годовой размерности.

Если эффект – результат долговременного мероприятия, то интегральный эффект $\sum(C+K)$ рассматривается за срок окупаемости $t = 1/E_H$. При этом эффективность затрат определяется по формуле

$$\mathcal{E}_3 = \frac{\sum \mathcal{E}}{\sum (C + K)}.$$

Первичный эффект $\mathcal{E}_{ПЭ}$, т.е. эффект от снижения отрицательного воздействия, находят из выражения

$$\mathcal{E}_{ПЭ} = \frac{\Delta B}{(C + E_H K)},$$

где ΔB – снижение показателя воздействия (например, ПДК вредных веществ в воде или в воздухе).

Определение первичного эффекта возможно также при замене ΔB показателем P , характеризующим улучшение состояния среды в данной местности.

Экономический эффект от природоохранных мероприятий может быть определен как общий – по приросту чистой продукции при стоимости природного ресурса (согласно его экономической оценке), а также как хозрасчетный – по приросту прибыли предприятия или снижения себестоимости продукции.

Экономический эффект от сокращения ущерба ΔY и увеличения прибыли $\Delta \Pi$ определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \Delta Y + \Delta \Pi - (C + E_H K).$$

Ущерб среде от предприятия представляет собой сумму ущербов от загрязнения атмосферы $Y_{АТМ}$, воды Y_B , земельных угодий Y_3 , недр Y_H , флоре и фауне Y_ϕ :

$$Y = Y_{АТМ} + Y_B + Y_3 + Y_H + Y_\phi.$$

Эффективность дополнительных капитальных вложений на природоохранные мероприятия составляет

$$\mathcal{E}_\phi = \frac{\Delta \Pi}{K}.$$

Во Временной типовой методике приведены формулы для определения эффекта по отдельным видам повышения качества

промышленной продукции, рыбного и сельского хозяйства, увеличения продуктивности сельскохозяйственных угодий, эффекта от предотвращенных потерь сырья топлива, ценных компонентов отхода, от мероприятий по снижению продуктивности лесов.

При расчете эффективности капитальных вложений на охрану окружающей среды различают народно-хозяйственные и хозрасчетные эффекты. Первый рассчитывается как разность экономических оценок природных ресурсов до и после проведения мероприятия или как прирост чистой продукции, полученной за счет проведения мероприятия. Хозрасчетный эффект определяется по приросту прибыли.

Социальный эффект характеризуется суммой эффектов:

- от предотвращения потерь продукции из-за болезней, обусловленных загрязнением среды

$$\mathcal{E}_{\text{шт}} = B_B P_{\text{ч}} (P_2 - P_1),$$

где B_B – число работающих, отвлеченных от производства по болезни;

$P_{\text{ч}}$ – продукция на один чел.-день работы;

P_2 и P_1 – трудоемкость одного работающего до и после проведения мероприятия, чел.-дни;

- от сокращения выплат из фонда социального страхования в результате тех же причин

$$\mathcal{E}_C = B_3 B_{\text{п}} (P_2 - P_1),$$

где B_3 – число работающих, получающих пособия вследствие заболеваемости из-за загрязнения среды;

$B_{\text{п}}$ – средний размер пособия;

- от сокращения затрат общества на лечение работника

$$\mathcal{E}_{\text{зл}} = B_A D_A Z_A + B_C D_C Z_C,$$

где B_A и B_C – число больных, лечащихся от заболевания в результате загрязнения в поликлиниках и стационарах;

D_A и D_C – средняя продолжительность болезни одного больного;

Z_A и Z_C – средние затраты на лечение;

- от улучшения использования трудовых ресурсов, материалов и оборудования.

Общий эффект от повышения производительности труда рассчитывается по приросту чистой продукции, а в непромышленной сфере – по сокращению затрат; хозрасчетный эффект – по приросту прибыли или суммы экономии по стоимости сэкономленного за вычетом текущих затрат.

Эффект от лучшего использования оборудования вследствие улучшения среды обуславливается приростом продукции благодаря сокращению простоев, увеличению фонда машинного времени, уменьшению затрат на ремонт и обслуживание и росту производительности труда. Хозрасчетный эффект исчисляется по приросту прибыли от сокращения затрат на ремонт и увеличения срока службы оборудования.

Подобным образом рассчитывают эффекты от повышения качества продукции, сокращения затрат на очистку воздуха и воды, роста продуктивности, восстановление лесных насаждений и т.д.

При выборе оптимального варианта проведения природоохранных мероприятий применяют методы экономического сравнения вариантов, предлагаемых Временной типовой методикой, определения экономической эффективности капитальных вложений. Преимущество отдается варианту с минимальными приведенными затратами. При проведении долгосрочных мероприятий и нескольких последовательных вложений, а также изменении эксплуатационных расходов расчет осуществляется по формуле

$$Y = \sum_1^T \frac{K_{II} + K_{gt} + C_t}{(1 + E_H)^t},$$

где T – общий срок осуществления мероприятия;

K_{II} – первоначальные капитальные вложения;

K_{gt} – дополнительные вложения в t -й год эксплуатации ($t = 1, 2, 3, T$);

E_H – коэффициент приведения затрат ($E_H = 0,08$);

C_t – эксплуатационные расходы в t -й год.

10.2. Нормирование загрязнения

Человек пока не в состоянии полностью исключить выведение промышленных отходов в природную среду. Поскольку многие соединения неблагоприятно отражаются на жизнедеятельности человека, животных, растений, то необходимо ограничить объемы их поступлений. Поэтому проблема профилактики в последнее десятилетие становится актуальной. Это связано с быстрым нарастанием числа физических, химических, биологических и социальных факторов, сложным характером их влияния, возможностью одновременного комбинированного и сочетанного действия, а также многообразием патологических состояний.

Среди комплекса техногенных воздействий особое место занимают многочисленные химические соединения, широко применяемые в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и т.д. Сейчас известны около 11 млн химических веществ, из которых в развитых странах используется свыше 100 тыс. соединений. Многие из них реально сказываются на состоянии человека и окружающей среды.

Химические вещества способны вызывать практически все патологические процессы. При этом из вредных веществ, регулярно поступающих в организм человека, около 70 % поступает с пищей, 20 – с воздухом и 10 – с водой. Причем все время выявляются новые виды неблагоприятных эффектов – канцерогенных, мутагенных, иммунотоксических, тератогенных и других действий. Существует несколько подходов к предупреждению негативного действия химических веществ. Возможны запрет производства и применения, поступления в среду и воздействия на человека, замена токсичных веществ менее токсичными и опасными, ограничение содержания в объектах среды и

уровней влияния на работающих и население. Выбор стратегии профилактики является сложной задачей, решение которой требует анализа риска развития отрицательных последствий влияния химических соединений на организм человека, его потомства и окружающую среду, а также возможных социальных, экономических и медико-биологических аспектов запрета производства и применения соединений.

10.2.1. Принципы санитарно-гигиенического нормирования

Среди разнообразных критериев для выбора профилактической стратегии наиболее важен критерий предупреждения вредного действия. В ряде стран, в том числе в России, запрещено производство и использование некоторых опасных промышленных канцерогенов и пестицидов, а также контакт работающих и выброс в окружающую среду наиболее биологически активных агентов, в частности некоторых лекарственных препаратов. Тем не менее, до сих пор определяющим фактором является концентрация соединений в окружающей среде. Есть сведения, что производство свыше 90 % химикатов не оптимизировано, что приводит к значительным потерям материальных и трудовых ресурсов, снижению качества продукции. В России из осваиваемых ежегодно 600 новых химических веществ лишь треть производится по оптимальным технологиям.

Несовершенство технологий, в частности, в экологическом плане, невозможность изъятия из производственной сферы продуктов, важных для цивилизации, определяют необходимость введения и точного соблюдения нормативов качества среды. Их отсутствие во многих случаях ведет к неконтролируемому воздействию на организм химических соединений. Норматив качества основан на определенных признаках, к которым относятся:

- объект защиты – человек, растения, технологическое оборудование и т.д.; среда, в которой нормируется и контролируется содержание вещества – воздух, вода, почва, кровь, волосы и т.д.;
- критерий вредности – появление заболеваний или скрытой патологии у человека и его потомства, выход из строя оборудования, снижение продуктивности, пищевой ценности растений и т.д.;
- регламентируемая характеристика по времени – в течение жизни, рабочего стажа, в небольшие промежутки (залповый выброс, авария);
- последствия превышения уровня – «цена» норматива.

Определяющую роль для контроля и управления качеством окружающей среды играют гигиенические нормативы, которые в основном направлены на профилактику негативного влияния антропогенных веществ на здоровье. Санитарно-гигиенические нормативы – это установленные в законодательном порядке обязательные для исполнения всеми органами допустимые уровни содержания химических веществ в объектах окружающей среды. На необходимость их разработки

указывалось еще в прошлом веке, что обосновывалось пороговым действием промышленных ядов. В начале нашего века были обоснованы списки пороговых концентраций ряда наиболее распространенных вредных соединений. Эти значения предельно допустимых концентраций (ПДК) веществ в воздухе вошли в Санитарное законодательство нашей страны в 1920-е годы. В следующее десятилетие ПДК были введены в Германии и США. В 1960-1970 гг. в СССР заложены методологические основы гигиенического нормирования химических соединений в воде водоёмов, воздухе населенных мест, почве, продуктах питания. В конце XX в. санитарно-гигиенические нормативы введены во всех развитых странах.

Санитарно-гигиенические нормативы долго оставались единственными критериями качества среды. В 1990 г. разработаны ПДК и для рыбохозяйственных водоёмов. Введены нормы на химический состав ирригационных вод, вредных примесей в кормах. В ряде случаев лимитируется содержание вредных соединений в сточных водах, подаваемых на биологическую очистку. Обосновано содержание поллютантов в воздушной среде заповедных зон, городских насаждений. Вместе с тем до сих пор гигиенические ПДК остаются ведущим критерием качества среды и используются для оценки опасности экологической обстановки, расчета предельно допустимых выбросов и сбросов, установления связи загрязнения окружающей среды с риском нарушения здоровья людей. Однако при гигиеническом нормировании веществ в воде и почве вместе с медико-биологическими показателями учитываются и экологические нарушения. Действующие ПДК, по сути, относятся лишь к человеку и не гарантируют аналогичного воздействия поллютантов на другие биообъекты. Это не свидетельствует о ненадежности гигиенических нормативов, а только указывает на их недостаточность и необходимость ускорения разработки концепции экологического нормирования и включения его основных показателей в законодательство.

В основу методологии гигиенического нормирования веществ в производственной и жилой среде заложен ряд принципов. Важнейший из них – принцип вредности – базируется на превалировании особенностей вредного воздействия химических веществ на организм человека и санитарии. Доводы об экономической или технологической целесообразности, возможности защиты от него персонала не принимаются во внимание с целью повышения уровня норматива.

Актуален также принцип опережения обоснования и осуществления профилактических мер перед внедрением технологии. Это обусловлено возможным риском ущерба здоровью при использовании в производстве недостаточно изученных веществ. Нарушение принципа опережения может привести и к экономическим потерям в связи с задержкой эксплуатации и высокой стоимостью природоохранных мероприятий, обусловленных внедрением реагента. Следует также помнить, что из-за длительности латентного периода нельзя исходить из сведений о

состоянии здоровья населения. Эти результаты целесообразно дополнять данными клинико-гигиенических и эпидемиологических исследований.

Основополагающим является и принцип порогового действия вредных факторов. Считается, что при уменьшении концентрационного уровня химических соединений может быть выявлена та его доза, которая не вызывает воздействия у организмов. Вместе с тем пока нет надежных научных методов оценки токсичности, прежде всего канцерогенности, большинства веществ. В основном это обуславливается косвенным определением их воздействия, осуществляемым по имеющим место эпидемиологическим данным и по результатам экспериментов над животными и с клетками в культуре. Естественно, сделанные на их основе выводы могут рассматриваться как приблизительные.

Весьма ограниченны знания о силе токсического действия химических веществ на людей. Существует даже представление, что порогов действия токсикантов много, поскольку каждая из систем организма реагирует на появление соединений по-разному. Более того, некоторые вещества (промоторы) активизируют процессы в клетках, ранее индуцированных мутагенами, но находящихся в латентной форме. Так, весьма распространенный в атмосфере сернистый газ заметно усиливает канцерогенные свойства бензопирена. Причиной опухолеобразования могут быть и вирусы, для развития которых необходимы соответствующие факторы, преимущественно определенные химические реагенты.

Вместе с тем для мутагенов и канцерогенов до настоящего времени остается не до конца выясненным вопрос о пороговом действии. Существование порогового уровня может обеспечиваться возможностью восстановительных процессов, устраняющих вызванные токсикантами повреждения. Доказательность такого представления не вызывает сомнения для большинства химических веществ и регламентируется нормативно. Веские аргументы приводятся и по восстановлению нарушений, обусловленных канцерогенами. Экспериментально подтверждается и концепция беспорогового действия ряда химических соединений. Исходя из этой версии, запрещено производство таких токсикантов, как бензидин, бета-нафтиламин и др.

Наряду с принципом нормирования, важно учитывать время воздействия токсического соединения. Различие в содержании вещества и продолжительности контактирования не только определяют время проявления эффекта, но и зачастую влияют на его качественные показатели. Так, в условиях острого воздействия бензол преимущественно поражает центральную нервную систему, а при длительном воздействии ухудшает кроветворение.

Существенная роль в изучении токсического действия химических веществ принадлежит моделированию определенного соответствия данных, полученных косвенным путём по отношению к человеку. Известно, что лишь весьма небольшое число экспериментов проводят на добровольцах. Основное же количество исследований по токсичности и

отдаленным последствиям осуществляют на лабораторных животных. При этом прорабатывается отклик организма на пути и условия попадания в него загрязнителей с учетом возраста и других особенностей животных. При обосновании ПДК полученные данные уменьшаются на коэффициент запаса, характеризуемого спецификой токсического действия химического соединения.

Для оценки воздействия на окружающую среду природные ресурсы и здоровье людей различных промышленно-хозяйственных и других объектов используют методы экологической экспертизы. Они активно применяются и для выявления соответствия проектов требованиям охраны природы путем координации природоохранных программ с планами экономического развития.

10.2.2. Гигиенические нормативы объектов

Гигиенические нормативы устанавливают для каждого объекта. При этом воздействие химического вещества может быть прямым и косвенным с учетом многих отрицательных факторов. При нормировании объектов рассматривают влияние на органолептические, общесанитарные показатели, рефлекторное действие, миграцию из одной среды в другую, санитарно-бытовые и санитарно-токсикологические факторы. При установлении величины ПДК придерживаются принципа лимитирующего показателя вредности, то есть на уровне наименьшего из значений концентрации, установленных по различным критериям вредности, – учет «слабого» звена. В реальных условиях люди подвергаются не изолированному воздействию одного вещества, а сложному суммарному воздействию многих соединений, попадающих в организм по разным каналам. Такое многообразие учитывается при комплексном гигиеническом нормировании. Так, для воздушной среды населенных мест рассматривают 56 коэффициентов комбинированного действия химических соединений. Перспективна разработка максимально допустимых нагрузок всей совокупности факторов среды. При этом необходимо учитывать дифференциацию нормативов, их зависимость от климатических условий.

При разработке гигиенического нормирования важна адекватность экспериментальных и натуральных данных. Критерием его надежности являются результаты медицинского обследования здоровья и эпидемичности заболевания различных групп населения.

Резюмируя изложенное, можно полнее сформулировать понятие «предельно допустимая концентрация». ПДК – такая концентрация соединения, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни – прямо или опосредовано через экологические системы, а также через потенциальный экологический ущерб – не возникает соматических или психических заболеваний (в том числе скрытых и временно компенсированных) или изменений состояния здоровья, выходящих за пределы приспособительных реакций,

обнаруживаемых в настоящее или отдаленное время у современного или будущих поколений. Помимо человека, ПДК загрязняющих веществ учитывается и для других живых организмов. Их значение служит основным показателем, применяемым при контроле качества воздуха и воды. При этом для воздуха разработано раздельное нормирование содержания вредных веществ в рабочей зоне и в населенных пунктах, с учетом продолжительности их воздействия: $ПДК_{М.Р.}$ – максимальная разовая и $ПДК_{С.С.}$ – среднесуточная концентрация. Первая из них учитывается при предупреждении рефлекторных реакций: световой чувствительности глаз, ощущение запаха. Она нормируется для 20 – минутного воздействия загрязнителей. $ПДК_{С.С.}$ необходим для предупреждения общетоксического и другого воздействия вредных примесей, осредненного в течение суток. Целесообразность такого разделения определяется условиями восприятия вредных веществ людьми разного возраста и здоровья. ПДК некоторых поллютантов в воздухе населенных пунктов приведены в табл. 10.3. При периодическом воздействии ПДК вредных веществ на протяжении всей жизни могут не оказывать на человека вредного влияния, так как период воздействия загрязнителя в рабочей зоне ограничен продолжительностью смены. Так, $ПДК_{М.Р.}$ в воздухе населенных пунктов для сернистого газа 0,5, рабочей зоны – 10 мг/м^3 .

Таблица 10.3

Предельно допустимые концентрации некоторых загрязняющих веществ в воздухе населенных пунктов, мг/м^3

Загрязняющее вещество	$ПДК_{С.С.}$	$ПДК_{М.Р.}$
Основные:		
Твердые (пыль)	0,15	0,5
Диоксид серы	0,05	0,5
Диоксид азота	0,06	0,85
Оксид азота	0,06	0,4
Оксид углерода	3,0	5,0
Специфические:		
Аммиак	0,04	0,2
Хлористый водород	0,2	0,2
Сероуглерод	0,005	0,03
Бенз(а)пирен	0,00001	-
Фенол	0,003	0,01
Формальдегид	0,003	0,035
Фтористый водород	0,005	0,02
Кадмия оксид	0,001	-
Ртуть	0,0003	-
Свинец	0,0003	-
Ванадия оксид	0,002	-
Марганца оксид	0,001	-
Медь	0,002	-
Никель	0,001	-
Мышьяк	0,003	0,003
Цинк	0,05	-
Хрома оксид	0,0015	0,0015

Основное нормативное требование к качеству воды заключается в соблюдении ПДК – экологических стандартов, оценивающих состояние окружающей среды в целом. К каждой категории водопользования предъявляют различные требования. Так, в водных объектах первой категории преобладающее значение имеют органолептические свойства воды: запах, привкус, мутность и т.д. Вместе с тем, мясо рыб в такой воде, загрязненной нефтью, характеризуется более резким запахом, и нефть токсична для икры, личинок и мальков. В связи с этим в водоемах концентрация нефтепродуктов лимитируется по рыбохозяйственному показателю. ПДК при этом снижается с 0,3 до 0,05 мг/м³. Кроме ПДК, для характеристики водных бассейнов используется лимитирующий показатель вредности, отражающий приоритетность требований к качеству воды. В объектах хозяйственно-питьевого назначения важны санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический лимиты, в других – рыбохозяйственный норматив (табл. 10.4).

Таблица 10.4

**Предельно допустимые концентрации некоторых
загрязняющих веществ в водных объектах, мг/л**

Наименование ингредиента	ПДК	Лимитирующий показатель вредности
Аммиак	0,05	Токсикологический
Ацетон	0,05	Общесанитарный
Барий	0,1	Санитарно-токсикологический
Бенз(а)пирен	0,000005	Санитарно-токсикологический
Бензол	0,5	Токсикологический
Бериллий	0,0002	Санитарно-токсикологический
Винилхлорид	0,05	Санитарно-токсикологический
Диоксин	-	Санитарно-токсикологический
Дифенил	0,001	Санитарно-токсикологический
Дихлорбромметан	0,03	Санитарно-токсикологический
Нефть и нефтепродукты	0,05	Рыбохозяйственный
Нитраты	45	Санитарно-токсический
Нитриты	3,3	Санитарно-токсический
Фенолы	0,001	То же
СПАВ анионоактивные	0,1	Токсикологический
ДДТ	0,1	То же
Железо	0,5	Органолептитический
Медь	0,001	Токсикологический
Цинк	0,01	То же
Хром	0,5	Органолептитический
Никель	0,01	Токсикологический
Кобальт	0,01	Токсикологический
Свинец	0,03	Санитарно-токсикологический
Мышьяк	0,05	Токсикологический
Ртуть	0,0005	Санитарно-токсикологический
Кадмий	0,005	Токсикологический
Марганец	0,01	Токсикологический
Фтор	1,5	Санитарно-токсикологический
Формальдегид	0,05	Общесанитарный
Метанол	0,1	Санитарно-токсикологический
Стирол	0,1	Органолептитический
Цианиды	0,05	Токсикологический

Гигиеническое нормирование химических веществ во многом методологически близко нормированию физических и биологических факторов окружающей среды. Однако особенности их действия на организм определяют специфичность обоснования ПДК и ПДУ (предельно допустимые уровни). Следует указать на высокую стоимость и значительную продолжительность проведения гигиенического нормирования. Так, в США токсикологические исследования одного вещества стоят 500-600 тыс. долл. и длятся от 1 до 3 лет. Вместе с тем только в рабочей зоне предприятий находится до 650 тыс. веществ, из которых нормировано лишь около 1 тыс. соединений. В этой связи внедрение новых реагентов в производство требует их обязательной регистрации и ускоренного изучения их гигиенических норм.

Постановлением Правительства России от 12 ноября 1992 г. введена обязательная государственная регистрация химических соединений, осуществляемая Российским Регистром, потенциально опасных химических и биологических веществ. Это позволяет полнее инвентаризировать производимые и используемые в стране вещества. Для снижения диспропорции между внедряемыми химическими соединениями и разрабатываемыми гигиеническими нормативами в санитарное законодательство наряду с ПДК введены временные ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ). Обоснование временных нормативов проводится с применением ускоренных экспериментальных и расчетных методов, а также по аналогии с ранее нормированными близкими соединениями. Гигиенические нормативы утверждаются Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора РФ. Они входят в состав санитарно-гигиенических норм и правил, а также в некоторые ГОСТы.

Кроме того, устанавливаются экологические требования непосредственно к источникам загрязнения, ограничивающие их выбросы определенной пороговой величиной. Таким нормативом, устанавливаемым в соответствии с ГОСТом 17.2.3.02-78, является предельно допустимый выброс (ПДВ). Его величина устанавливается исходя из условия, что выбросы этого и совокупность других источников с учетом перспективы развития предприятия и рассеяния вредных веществ в атмосфере не создадут приземную концентрацию данного вещества C выше ПДК.

Для населенных мест требуется выполнение соотношения:

$$C/ПДК < 1.$$

При установлении ПДВ учитываются значения фоновых концентраций вредных соединений C_{ϕ} , то есть

$$C = C_p + C_{\phi},$$

где C_p – максимальная расчетная концентрация вредного компонента.

Для неорганизованных выбросов и близкорасположенных мелких источников устанавливают суммарный ПДВ. Его величину для предприятия в целом находят суммированием ПДВ отдельных источников

загрязнения. При установлении ПДВ необходимо учитывать перспективу развития, физико-географические и климатические условия местности, взаимное расположение предприятия и жилой застройки.

При превышении в воздухе населенных пунктов концентрации вредных веществ ПДК, а значение ПДВ по объективным причинам не может быть достигнуто, вводится поэтапное снижение выбросов вредных соединений до ПДК. На каждом этапе до обеспечения ПДВ устанавливается временно согласованный выброс (ВСВ). Величина ПДВ и ВСВ и материалы по их обоснованию пересматриваются не реже 1 раза в 5 лет.

10.3. Нормирование химических веществ в воздушной среде, воде и почве

При гигиеническом нормировании атмосферных поллютантов:

1. Допустимой признаётся такая концентрация вещества в воздухе, которая не оказывает на человека прямого или косвенного воздействия, не влияет на самочувствие и работоспособность.
2. Привыкание к вредным аэрогенным веществам считается неблагоприятным фактором.
3. Концентрация вредных веществ в атмосфере, негативно действующая на растительность, климат, прозрачность атмосферы и бытовые условия, является недопустимой.

Практика гигиенического нормирования примесей воздуха базируется в основном на первых двух критериях вредности. Экологические аспекты загрязнения при разработке ПДК пока рассматриваются редко.

В России для воздушной среды устанавливается максимальная разовая и среднесуточная ПДК. В других странах ПДК атмосферных поллютантов рассматривают и для иных периодов осреднения, в том числе среднегодовых. Принимается, что соотношения между максимальными концентрациями разных периодов осреднения: максимальные разовые среднесуточные – 2,5, максимальные разовые среднегодовые – 10, среднемесячные – среднегодовые – 1,5.

Дифференцирование ПДК по времени сейчас сдерживается несовершенством мониторинга концентрации загрязнителей. Следует помнить, что около 70 % нормированных соединений ПДК в воздухе разработаны по показателям рефлексорного действия. В связи с этим последствия превышения ПДК поллютантов ограничиваются лишь жалобами населения на дискомфорт. Риск развития серьёзных эффектов несуществен. Все воздушные загрязнители по токсичности делятся на четыре класса опасности.

В отличие от действующих круглосуточно на все группы населения атмосферных поллютантов промышленные химические загрязнители воздействуют 6-8 ч на людей трудоспособного возраста, проходящих

периодические медицинские осмотры. По этой причине ПДК рабочей зоны существенно отличается от гигиенических нормативов населенных мест. Здесь ПДК вредных веществ рассматривается как концентрация, которая при сменной работе (не более 41 ч в неделю) за период деятельности не вызывает заболеваний и отклонений у работающего и его потомков.

Промышленные выбросы по своему воздействию в зависимости от значения смертельных доз и концентраций для лабораторных животных (DL50, CL50) также разделяются на четыре класса. Для их характеристики используют такие показатели, как зона острого действия (отношение CL50 к порогу острого действия), зона хронического действия (соотношение порогов острого и хронического действия) и коэффициент возможности ингаляционных отравлений (отношение летучести к показателю токсичности).

В промышленных условиях различают максимальные разовые и среднемесячные ПДК. Первые разрабатывают для всех применяемых веществ. Для химических соединений, обладающих кумулятивными свойствами, принимают и среднемесячные ПДК. При этом в зависимости от специфики действия указывается на характер опасности вещества при попадании на кожу и слизистые оболочки глаз. Для контроля суммарного действия химических веществ предложено использовать тесты, а также биологические ПДК, определяемые по содержанию соединений или их метаболитов в крови, волосах и т.д.

Гигиенические нормативы в США и ряде других стран устанавливают с учетом как медико-биологических показателей, так и экономической и технологической возможности достижения стандартов. Только для небольшого числа нормированных соединений допустимые уровни воздействия разработаны на основе порогов хронического действия или эпидемиологических исследований, остальные – по данным отравлений на производстве. Вместе с тем для ряда канцерогенов и аллергенов допустимые уровни ниже ПДК. Нормирование химических веществ в воде связано с некоторыми особенностями.

Уровень загрязнения воды, потребляемой для хозяйственно-питьевых целей, определяется с гигиенических позиций.

Нормативы качества воды лимитируются лишь на объекты водопользования населения.

В связи с многогранностью потребления воды при ее нормировании наряду с непосредственным влиянием химических загрязнителей на организм оценивается и их влияние на её органолептические свойства и процессы самоочищения. Единые нормативы (ПДК, ОДУ) устанавливают для всех используемых водных источников.

Для оценки качества воды руководствуются требованиями к её составу и свойствам и ПДК веществ в воде объектов в соответствии с видом пользования (питьевого, культурно-бытового, рыбохозяйственного и др.). Объекты считаются загрязненными, если в створе не соблюдаются установленные для данного вида водопользования требования нормативов,

приведенных в «Санитарных требованиях и нормах охраны поверхностных вод от загрязнения» (СНиП № 4630-88). В Правилах приводятся гигиенические требования к составу и свойствам воды в пунктах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, а также ПДК и ОДУ для 1345 химических веществ и класс их опасности.

Основные требования к качеству воды водоемов, используемых для различных целей, приведены в табл.10.5.

В воде не должны содержаться возбудители заболеваний, ядовитые соединения, оказывающие прямое и косвенное вредное воздействие на рыб и водные организмы, а также химические вещества в концентрациях, превышающих ПДК и ПДУ.

К специфике нормирования загрязнения воды относится и необходимость контроля стабильности химических соединений, процессов и превращений, а также воздействия исходных и трансформированных продуктов на живые организмы.

Особенности гигиенического нормирования свойственны и для почвы, представляющей собой сложную, относительно стабильную систему. Их основные положения заключаются в следующем:

- не всякое поступление экзогенных веществ является вредным для человека и окружающей среды;
- безопасность поступления веществ лимитируется адаптационной способностью самых чувствительных групп обитателей и порогом самоочищающей способности почвы;
- установление норматива основывается на результатах, полученных в экстремальных почвенно-климатических условиях с учетом влияния на процессы самоочищения;
- нормативы устанавливаются по лимитирующему показателю вредности. Причем санитарно-токсикологический фактор включает возможность одновременного поступления загрязнителей почвы в организм человека несколькими путями: с воздухом, водой, продуктами и т.д.;
- экспериментально обоснованная ПДК загрязняющих веществ рассматривается как эталон отсчета, используемый для оценки опасности загрязнения почвы в конкретных условиях.

Таблица 10.5

Требования к качеству воды водоемов

Показатели состава и свойства воды водоема	Допустимая норма для категорий водопользования		
	хозяйственно-питьевая	культ.-бытов.	рыбохоз.1-го вида
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных веществ, мг/л, не должно увеличиваться больше чем на		
	0,25	0,75	0,25
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться плавающие пленки, пятна масел и скопления других примесей		
Запахи и привкусы	Вода не должна приобретать запахи и привкусы интенсивностью более 1 балла		Не должна передавать их мясу рыб
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике, см		Сообщать её мясу рыб
	20	10	
Температура	Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой самого жаркого месяца за последние 10 лет		Температура не должна быть более чем на 5 °С выше естественной температуры воды
Реакция pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Минеральный состав	Не должен превышать по сухому остатку 1000 мг/л, в т.ч. хлоридов – 350 мг/л, сульфатов – 500 мг/л	-	-
Растворенный кислород	В любой период года в пробе, отобранной до 12 ч дня, мг/л		
	Не менее 4,0	4,0	6,0
Биохимическое потребление кислорода (БПК _к)	Не более 3,0	6,0	3,0
Химическое потребление кислорода (ХПК)	Не более 15,0	30,0	-

Схема гигиенического нормирования предусматривает обоснование пороговых концентраций вещества по шести показателям вредности: органолептическому, общесанитарному, фитоаккумуляционному, водно-миграционному, воздушно-миграционному и санитарно-токсикологическому. ПДК некоторых особо опасных загрязнителей приведены в табл. 10.6.

Следует отметить, что методология нормирования опасных веществ во всех составляющих биосферы постоянно совершенствуется на основе анализа тенденций в изменении качества среды, а также достижений фундаментальных наук. Именно в этом заключается относительность характера нормирования, что не означает снижения концентрации. В ряде случаев ранее установленные нормативы при получении убедительных данных возрастают.

Таблица 10.6

Предельно допустимые концентрации некоторых химических веществ в почве, мг/кг

Вещество	ПДК	Лимитирующий признак
Бенз(а)пирен	0,02	Общесанитарный
Бензин	0,1	Воздушно-миграционный
Ванадий	150	Общесанитарный
Медь	3	Общесанитарный
Кобальт	5	Общесанитарный
Свинец	3,2	Общесанитарный
Мышьяк	2	Транслокационный
Ртуть	2,1	Транслокационный
Полихлорбифениды (суммарно)	0,06	Общесанитарный

Важно помнить, что гигиенические нормативы содержания химических веществ характеризуют допустимые, а не оптимальные условия воздействия отрицательных факторов окружающей среды. Поэтому их соблюдение является минимальной и необходимой мерой по обеспечению химической безопасности. При этом не следует переоценивать вклад техногенных факторов, в том числе химических веществ, в развитие заболеваний человека. Неоправданная «хемофобия», как и недооценка опасности химических соединений, может привести к существенным прямым и косвенным аспектам экономического ущерба.

Контрольные вопросы и задания

1. Охарактеризуйте перспективы ресурсного и энергетического кризиса на планете
2. Что такое государственный экологический контроль и государственный контроль за использованием и охраной отдельных видов природных ресурсов?

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Абиотические факторы – факторы неживой природы (воздух, вода, солнечный свет и т. д.), оказывающие прямое или косвенное влияние на живые организмы.

Абстракция (от лат. *отвлечение*) – мысленное отвлечение от ряда свойств предметов и отношений между ними.

Автотроф (от греч. *пища*) – организм, способный синтезировать все необходимые ему органические вещества из неорганических, используя в качестве источника энергии для этого свет или определенные неорганические вещества. Главные автотрофы на Земле – зеленые растения.

Адаптация (экологическая или эволюционная) – изменение структуры или функции, позволяющее организму лучше приспособиться к окружающей среде, а следовательно, повышающее его способность выживать и размножаться.

Аддитивное воздействие – суммирование отдельных взаимодействий.

Акклиматизация – приспособление организмов к измененным климатогеографическим условиям.

Аминокислоты – мономеры в белках.

Анализ (от греч. *разложение, расчленение*) – метод научного исследования, подразумевающий мысленное или реальное разложение целого на части.

Антропические факторы – факторы, возникающие в результате деятельности человека.

Антропология – биологическая наука о происхождении и эволюции физической организации человека и его рас. Антропогенез – раздел, изучающий морфологические характеристики человека.

Ареал (от лат. *площадь, пространство*) – область распространения видов растений и животных на земной поверхности.

Астеносфера (*ослабленная*) – относительно пластичный, вязкий слой в верхней мантии Земли (верхняя граница – на глубине около 100 км под материками и 50 км под океанами; нижняя – на 350 км), играет важную роль в происхождении многих эндогенных процессов в земной коре и землетрясений.

Атмосфера – газообразная оболочка Земли или других небесных тел (планет, Солнца и других звезд).

Аутоэкология – экология отдельных особей данного вида, экология вида.

Безвозвратное водопотребление – использование воды для таких целей, как, например, орошение, когда уже невозможно очистить ее для вторичного использования.

Белки – полимеры, состоящие из нескольких сотен аминокислот. Основной строительный материал живого.

Беспашотное земледелие – способ выращивания культур, при котором сорняки уничтожаются гербицидами или другими способами, а семена высеиваются и развиваются без обработки почвы плугом или культиватором. Этот способ очень эффективно снижает эрозию почвы.

Биогеоценоз – наземная экосистема, объединяющая на основе обмена веществ, энергии и информации сообщества живых организмов (биоценоз) с пространственной совокупностью абиотических условий (биотопом).

Биомасса – масса живого вещества; обычно общая масса определенной группы организмов или трофического уровня, например, биомасса продуцентов.

Биосфера – экосистема Земли в целом, область распространения жизни на Земле. Ее состав, структура и энергетика определяются прошлой и современной деятельностью живых организмов.

Биота (от греч. *жизнь*) – исторически сложившаяся совокупность растений и животных на определенной территории.

Биотическая структура – распределение организмов в экосистеме по группам продуцентов, консументов и редуцентов.

Биотоп – участок земной поверхности (суши или водоема) с однотипными условиями среды, занятый совокупностью растений и животных,

Биоценоз – совокупность животных, растений и микроорганизмов, населяющих участок среды обитания с более или менее однородными условиями жизни.

Благоприятная окружающая среда – окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов.

Верификация (от фр. *истинный, делать*) – проверка истинности теоретических положений, установление достоверности опытным путем.

Вид – основная структурная и классификационная единица в системе живых организмов, совокупность популяций особей, способных к скрещиванию с образованием потомства, населяющих определенный ареал, обособленных от других нескрещиваемостью в природных условиях.

Возобновляемые ресурсы – биологические ресурсы (деревья, животные и т. д.), которые восстанавливаются в результате размножения и роста.

Второй основной принцип функционирования экосистем – экосистемы существуют за счет солнечной энергии, которая доступна в избытке, неисчерпаема и не загрязняет среду.

Ген – участок молекулы ДНК, содержащий наследственную информацию и способный ее переносить и воспроизводить. Генетический код универсален для всех организмов на Земле.

Геном – совокупность генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом растительной и животной клетки, т.е. весь объем наследственной информации организма, передаваемый при размножении.

Генотип – совокупность всех генов организма.

Географическая оболочка Земли – это комплексная оболочка, которая сформировалась в результате соприкосновения, взаимопроникновения и взаимодействия литосферы, атмосферы, гидросферы и организмов.

Гетеротрофы – организмы, питающиеся органическими веществами. К ним относятся грибы, многие организмы, все животные и люди.

Гидросфера – водная оболочка Земли. Включает воды океанов, морей, озер, рек, водохранилищ, болот, подземные воды и льды.

Гипотеза (от греч. *основание, предположение*) – научное предположение, выдвигаемое для объяснения какого-либо явления и требующего проверки на опыте и теоретического обоснования для того, чтобы стать достоверной научной теорией.

Глобальное потепление – повышение средней температуры атмосферы и гидросферы в масштабах планеты, вызванное техногенными факторами.

Гомеостаз (от греч. *подобный, состояние*) – совокупность приспособительных реакций организма, направленных на сохранение динамического состояния его внутренней среды (температуры тела, кровяного давления и др.) В его основе лежит принцип отрицательной обратной связи.

Государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) – мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти Российской Федерации и органами государственной власти субъектов Российской Федерации.

Деградация – снижение качества или потребительской ценности.

Дедукция – логическое умозаключение от общего к частному, от общих суждений к частным или другим общим выводам.

Демографический взрыв – резкое увеличение скорости роста численности населения Земли в XX в.

Демэкология – экология популяций, в центре внимания которой находятся вопросы динамики численности.

Депопуляция – уменьшение численности популяции населения.

Детерминизм (от лат. *определять*) – признает всеобщую закономерную связь между явлениями, т.е. считает, что любое явление связано с другими явлениями, имевшими место в прошлом, и обусловлено ими.

Дивергенция – расхождение признаков организмов в процессе их эволюции, вызываемое искусственным или естественным отбором.

Диссимиляция (от лат. *расподобление*) – распад сложных веществ на простые в организме, сопровождающийся освобождением энергии. В единстве с ассимиляцией составляет обмен веществ – метаболизм.

Дифференциация (от лат. *различие*) – разделение, расчленение, расслоение целого на части, формы и ступени. В научном познании необходимый этап

развития, направленный на более тщательное и глубокое изучение отдельных явлений и процессов определенной области действительности.

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота – сложное органическое вещество, играет важнейшую биологическую роль, сохраняя и передавая по наследственности индивидуальные признаки и свойства организма.

Доочистка (сточных вод) – система, используемая после вторичной очистки для удаления одного или более биогенов (например, фосфора) из раствора.

Допустимые нормы – нормы максимально допустимых количеств остатков пестицидов, которые устанавливаются при целенаправленном использовании химических веществ для обработки сельскохозяйственных культур на стадии сбора, перевозки, продажи и потребления урожая.

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.

Естественный отбор – особый механизм отбора в природе, приводящий к избирательному уничтожению организмов, оказавшихся не приспособленными к условиям окружающей среды.

Естественный прирост населения – число рождений минус число смертей без учета эмиграции и иммиграции.

Загрязнение окружающей среды – поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Загрязняющее вещество – вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Закон константности количества живого вещества биосферы (В. И. Вернадский) – количество живого вещества (биомассы всех организмов) биосферы для данной геологической эпохи постоянно.

Закон лимитирующих факторов (закон минимумов Либиха) – развитие системы ограничивается при недостатке хотя бы одного необходимого ей фактора (закон *толерантности*).

Закон необратимости эволюции (Л. Долло) – эволюция необратима; организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков.

Закон оптимальности – любая система с наибольшей эффективностью функционирует в некоторых характерных для нее пространственно временных пределах.

Закон развития системы за счет окружающей ее среды – любая система может развиваться только за счет материальных, энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Закон толерантности (В. Шелфорд): факторы среды, имеющие в конкретных условиях неблагоприятное значение (как минимальное, так и избыточное), ограничивают возможность существования вида в данных условиях, несмотря на оптимальное значение других отдельных условий.

Зона санитарно-защитная – обычно часть территории, обладающая свойствами экологического барьера и пространственно разделяющая источники неблагоприятных экологических воздействий и возможные объекты этих воздействий.

Зона экологического бедствия – территория, где в результате техногенной или природной катастрофы возникла угроза экологического поражения людей из-за деградации естественной среды обитания.

Идеализация – особый вид абстрагирования, представляющий собой мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект (в соответствии с целями исследования) и не имеющий аналога в действительности.

Изменчивость – приобретение организмом новых свойств и признаков под воздействием внешних факторов.

Изомеры (от греч. *доля, часть*) – химические соединения, одинаковые по молекулярной массе и составу, но различающиеся по строению.

Интеграция (от лат. *восстановление, восполнение*) – объединение в целое каких-либо частей, в научном познании такое объединение осуществляется в различных формах

Информация *в объективном смысле* – мера организованности системы или мера неоднородного распределения материи.

Ионосфера – ионизированная часть верхней атмосферы Земли, расположенная на высоте более 50 км. Это природное образование разряженной слабоионизированной массы, находящейся в магнитном поле Земли и подвергающейся действию солнечной радиации и космического излучения; благодаря ионосфере возможна передача радиоволн на большие расстояния.

Канцерогены – вещества или физические агенты, способные вызывать развитие злокачественных новообразований или способствовать их возникновению.

Катаболизм – распад сложных веществ на более простые и высвобождение энергии, заключенной в химических связях.

Катализатор – вещество, которое влияет на химическую реакцию, оставаясь в итоге в неизменном количестве.

Качество окружающей среды – состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью.

Кислотные дожди – дожди, снег, туман с $\text{pH} < 5,6$.

Клетка – элементарная структурная единица живой материи, основа строения и жизнедеятельности всех организмов.

Климат – статистический многолетний режим погоды, характерный для определенной местности в силу ее географического положения.

Комменсализм – форма симбиоза, при которой один из партнеров извлекает пользу из совместного существования с другим партнером, а тот не имеет от этого ни пользы, ни вреда.

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 космическое пространство, обеспечивающие в совокупности благоприятные условия для существования жизни на Земле.

Конвенция (от лат. *договор, соглашение*) - международный договор или соглашение по какому-либо специальному вопросу.

Конвергенция (от лат. *приближаться, сходиться*) – Схождение, сближение. В биологии означает приобретение в ходе эволюции похожего строения и функций не родственными организмами вследствие их приспособления к одинаковым условиям обитания.

Консументы – организмы, которые получают энергию и биогены, питаясь другими организмами или продуктами их жизнедеятельности.

Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований.

Концепция – система взглядов, то или иное понимание явлений, процессов. Ведущая мысль или замысел какого-либо произведения, научного труда.

Красная книга – свод описания редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных.

Креационизм – религиозное учение о божественном творении мира и человека.

Ксенобиотики – изготовленные человеком вредные посторонние окружающей среде вещества.

Лимитирующий фактор – фактор, в первую очередь ответственный за ограничение роста и (или) размножение организма или популяции; может быть физическим (например, температура, свет), химическим (например, вода, биогены), биологическим (например, конкуренция). Лимитирующие факторы для данной системы могут меняться в зависимости от времени.

Лимиты на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов – ограничения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в окружающую среду, установленные на период проведения мероприятий по охране окружающей среды, в том числе внедрения наилучших существующих технологий, в целях достижения нормативов в области охраны окружающей среды.

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, включающая земную кору и часть верхней мантии. Мощность ее изменяется от 50 до 170 км. Различают материковую и океаническую земную кору.

Лицензирование природопользования – система оплачиваемых государственных разрешений на эксплуатацию природных ресурсов.

Метод – способ познания, исследования явлений природы и общественной жизни.

Методология – учение о научном методе познания. Совокупность методов, применяемых в какой-либо науке.

Моделирование – исследование, познание объектов на их моделях.

Модель (от итал. *мера, образец*) – схема, изображение или описание какого-либо предмета, явления или процесса в природе, обществе, изучаемые как их аналогов. В математике и логике модель какой-либо системы аксиом называют совокупность абстрактных объектов, свойства которых и отношения между которыми удовлетворяют данным аксиомам.

Молекула – мельчайшая частица химического соединения, сохраняющая его свойства.

Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Мономер – элементарное звено цепочки полимеров.

Мутация – ошибка в самовоспроизведении гена.

Мутуализм – взаимовыгодные отношения между двумя организмами.

Наука – сфера человеческой деятельности, в которой вырабатываются и теоретически систематизируются знания о действительности, допускающие доказательство или эмпирическую проверку.

Невозобновляемые ресурсы – ресурсы типа руды, нефти, газа, запасы которых в земной коре ограничены и не пополняются в ходе добычи за счет природных процессов.

Нейрон – нервная клетка со всеми отходящими от нее отростками.

Нерв – совокупность нейронов и их отростков, выполняющих некоторую функцию (например, зрительный нерв).

Ноосфера (от греч. *разум* и *сфера*) – эволюционное состояние биосферы, при котором разумная и осознанная деятельность человека становится решающим фактором в ее развитии.

Норма – установленное, признанное обязательным порядок, строй чего-либо.

Нормативный (от лат. *упорядочение*) – определяющий правила.

Нормативы в области охраны окружающей среды – установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды,

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с величиной допустимого совокупного воздействия всех источников на окружающую среду и (или) отдельные компоненты природной среды в пределах конкретных территорий (или) акваторий и при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Нормативы допустимых выбросов и сбросов химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов – нормативы, которые установлены для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении, которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда.

Нуклеиновые кислоты – носители генетической информации в живых телах.

Озоновый экран – слой озона в верхних слоях атмосферы (до 30 км), защищающий Землю от губительного для всего живого воздействия коротких ультрафиолетовых лучей Солнца.

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов.

Онтогенез – развитие индивида.

Опустынивание – снижение плодородия территории (на 25 % и более) из-за нерациональной ее эксплуатации.

Органические вещества – главный субстрат живых тел, без которого жизнь была бы невозможна.

Отходы – вещества, материалы и вещи, утратившие свою ценность для владельца. Отходы могут состоять из мусора (бытового, уличного) и промышленных отходов, включающих все остальные виды отходов.

Охрана окружающей среды – 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 (далее также – природоохранная деятельность).

Оценка воздействия на окружающую среду – вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления.

Парниковый эффект – повышение температуры атмосферы из-за увеличения содержания в ней CO₂ и некоторых других газов, приводящего к чрезмерному поглощению воздухом теплового излучения

ПДК (предельно допустимая концентрация) – максимально допустимая концентрация загрязнителя, считающаяся (с определенным "запасом") безопасной для здоровья человека.

Пептид – часть полипептидной цепи.

Первый основной принцип функционирования экосистем – поступление ресурсов и удаление отходов осуществляются в процессе круговорота всех элементов.

Перевоспроизведение – образование всеми видами намного большего числа потомков, яиц или семян, чем, казалось бы, необходимо для поддержания численности популяции.

Перевыпас – потребление животными растений в большем количестве, чем может в течение длительного времени воспроизводить пастбище.

Переувлажнение – полное насыщение почвы водой, приводящее к тому, что корни не могут дышать и в результате растение гибнет.

Пестицид – вещество, используемое для уничтожения вредителей или сорняков. Пестициды подразделяются на группы в соответствии с организмами, для борьбы с которыми они предназначены: гербициды

уничтожают растения, инсектициды – насекомых, фунгициды – грибы, родентициды – грызунов и т. д.

Пирамида биомассы (пирамида трофическая, экологическая) – результат сопоставления биомассы продуцентов растительной и плотоядных организмов в пределах одной экосистемы.

Поведение – любое изменение объекта по отношению к окружающей среде.

Поверхностные воды – все водоемы (озера, реки и т. д.) на поверхности Земли в отличие от грунтовых вод, находящихся в ее толще.

Полимеры – молекулы, состоящие из длинных цепей атомов. Эти цепи свернуты в клубки.

Популяция – совокупность особей одного вида, воспроизводящая себя в определенном пространстве или группа организмов, принадлежащих к одному виду и занимающих обычно четко ограниченную географическую область.

Правило 10 % (третий основной принцип функционирования экосистем) – биомасса последующего трофического уровня составляет 10 % биомассы предыдущего.

Правило обязательного заполнения экологической ниши – пустующая экологическая ниша всегда бывает естественно заполнена.

Природная среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов.

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.

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.

Природный комплекс – комплекс функционально и естественно связанных между собой природных объектов, объединенных географическими и иными соответствующими признаками.

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

Продуценты – организмы (в основном зеленые растения), использующие световую энергию для синтеза органических соединений из неорганических.

Прокариоты – организмы с мелкими, примитивно устроенными клетками, не имеющими четко выраженного ядра. Таковы бактерии.

Процесс (от лат. *продвижение*) – последовательная смена явлений, состояний в развитии чего-нибудь.

Равновесие – состояние, при котором отдельные параметры системы неизменны или колеблются вокруг некоторого среднего значения.

Радиоактивность - радиоактивный распад – самопроизвольное превращение неустойчивых атомных ядер в ядра других элементов, сопровождающееся испусканием ядерных излучений: альфа-лучей (альфа-распад), бета-лучей (бета-распад), протонов (протонная радиоактивность), а также делением ядер.

Рациональный - разумно обоснованный, целесообразный.

Революция - коренной переворот, значительное качественное изменение в явлениях природы, общества или познания. Социальная революция - коренной переворот в социально-экономической структуре общества. Научно-техническая революция – коренное преобразование производительных сил в непосредственную производительную силу при ведущей роли науки в развитии общества.

Регресс (от лат. *возвращение, движение назад*) – переход от более высоких форм развития к низшим. Движение назад, изменение к худшему.

Редукция (от лат. *возвращение, отодвигание назад*) – упрощение, сведение сложного процесса к более простому. Уменьшение, ослабление чего-либо. Например, уменьшение органа, упрощение его строения или исчезновение в связи с утратой его функции.

Редуценты – организмы, основной результат питания которых – гниение или иное разложение сложных соединений до более простых (прежде всего, грибы и бактерии).

Рекультивация – комплекс мер, направленный на восстановление ранее нарушенного природного ландшафта, а также продуктивности нарушенных земель.

Рециклизация – включение в круговорот отходов, их переработка для получения новых продуктов.

Симбиоз – (от греч. *совместная жизнь*) форма сосуществования двух различных организмов, имеющая две разновидности – мутуализм и комменсализм.

Синтез (от греч. *соединение, сочетание, составление*) – метод научного исследования какого-либо предмета, явления, состоящий в познании его как единого целого, в единстве и взаимной связи его частей. В ходе научного познания синтез связан с анализом.

Соединение химическое – вещество, в которое объединены атомы различных химических элементов.

Социосфера - оболочка, включающая человечество, общество, и освоенной человеком природной среды. В целом является составной частью географической оболочкой.

Сукцессия экологическая – постепенная, иногда быстрая смена видов на определенной территории за счет поселения и увеличения численности одних при сокращении и исчезновении других;

Теория (от греч. *наблюдение, исследование*) – обобщение опыта, практики, отражающее объективные закономерности развития природы и общества. Обобщенные положения, образующие какую-либо науку или ее раздел.

Тепловое загрязнение – поступление аномально большего, нежелательного количества тепла в атмосферу и в воду.

Техносфера – "техническая оболочка", искусственно образованное пространство планеты, находящееся под воздействием продуктов производственной деятельности человека.

Толерантность – способность организма переносить влияние факторов среды.

Урбанизация – рост и развитие городов, преобразование сельской местности в городскую, миграция сельского населения в города, увеличение роли городов в жизни общества.

Факт (от лат. *сделанное*) – действительность, реальность, то, что объективно существует.

Фальсификация (от лат. *подделывать*) – искажение чего-либо подлинного ложным, мнимым.

Фенотип – совокупность признаков организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития.

Фотосинтез – процесс образования в клетках зеленых растений, водорослей и у бактерий органических веществ (углеводов из углекислоты и воды) под действием энергии света. Фотосинтез сопровождается выделением кислорода. В основе лежит окислительно-восстановительный процесс.

Хаос – первозданный вихрь бесчисленных возможностей и творческих потенций

Хромосомы – структурные элементы клеточного ядра, содержащие дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК), в которой закодированы признаки организма, заключена наследственная информация. В хромосомах в линейном порядке расположены гены. В виде четких структур хромосомы различимы только во время деления.

Цивилизация (от лат. *гражданский*) – уровень общественного развития, материальной и духовной культуры.

Эволюция (от лат. *развертывание*) – процесс изменения, развития. В философии одна из форм движения, развития в природе и обществе – непрерывное, постепенное, количественное изменение.

Экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Экологическая ниша – место, занимаемое организмом в экосистеме.

Экологические последствия – результат воздействия человека на окружающую среду.

Экологический аудит – независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности.

Экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Экологический фактор – элемент среды, оказывая влияние на организм, вызывает его адаптивную реакцию.

Экологическое нарушение – сильное изменение в экосистеме количества (обилия) одной или нескольких популяций; вызывается различными биотическими и абиотическими факторами, изменяющими обычное соотношение видов, например, интродукцией чужеродного вида или уничтожением хищника, контролирующего численность фитофагов.

Экологическое сознание – осознание прямых и косвенных последствий для окружающей среды собственных поступков и образа жизни.

Экология – наука, изучающая взаимоотношение живых организмов между собой и окружающей средой.

Экосистема – совокупность растений, животных и других организмов, взаимосвязанных между собой и окружающей средой таким образом, что система сохраняет свою устойчивость, неограниченно долгое время.

Эмпирический – основанный на опыте.

Энтропия (от греч. *внутри* и *поворот, превращение*) – Понятие широко используется в физике, химии, биологии и теории информатики. Мера внутренней неупорядоченности системы. При всех процессах, происходящих в замкнутой системе, энтропия или возрастает (необратимые процессы), или остается постоянной (обратимые процессы). В теории информации мера неопределенности ситуации (случайной величины) с конечным или с четным числом исходов. Например, опыт, до проведения которого результат в точности неизвестен.

Эукариоты (от греч. *eu* – *хорошо* + *kruon* – *ядро*) – организмы с клетками, содержащими ядро. К таковым относятся все растения и животные.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году»
2. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2007 год». – Красноярск, 2008. – 266 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2009 год». – Красноярск, 2010. – 237 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае за 2010 год». – Красноярск, 2011. – 280 с.
5. Гридэл Т.Е., Алленби Б.Р. Промышленная экология: Учеб. пособие для вузов /Пер. с англ. под ред. проф. Э.В. Гирусова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 527 с.
6. Липсиц И.В. Экономика. – 2-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2007. – 656 с.
7. Маринченко А.В. Экология: Учебное пособие. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2008. – 328 с.
8. Одум, Ю. Экология: пер. с англ. / Ю. Одум. – М.: Мир, 1986.
9. Отчет компании ВР о состоянии мировой энергетики за 2009 г. (ВР Statistical Review of World Energy)
10. Прохоров Б.Б. Экология человека: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с.
11. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы). – М.: Журнал «Россия молодая», 1994 – 367 с.
12. Степень Р.А. Промышленная экология: Учеб. пособие / Р.А. Степень, С.М. Репях, Э.С. Бука. - Красноярск: СибГТУ, 2008. - 425 с.
13. Степень, Р.А. Промышленная экология: курс лекций Части 1 и 2 / Р.А. Степень, С.В. Соболев. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – Ч.1 – 284 с. – Ч.2. – 160 с.
14. Тетиор А.Н. Городская экология. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
15. Трухин В.И. Основы экологической геофизики. – СПб.: Лань, 2004. – 384 с.
16. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность.- 2-е изд. перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
17. Храмова Л.Н. Эколого-экономическая оценка рационального использования вторичного древесного сырья в Ангаро-Енисейском регионе: монография/ Л.Н. Храмова, С.В. Соболев, Р.А. Степень. – Красноярск: СибГТУ, 2006. – 147 с.
18. Челноков, А.А. Основы промышленной экологии / А.А. Челноков, Л.Ф.Ющенко. – Минск: Высш. шк., 2001.
19. Шеер Г. Восход солнца в мировой экономике: Стратегия экологической модернизации. – М., 2002.

20. Экологическое состояние России/ Под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 128 с.
21. Экономика / В.А. Сидоров, Е.Л. Кузнецова, О.А. Пак, Э.В. Соболев; под ред. проф. В.А. Сидорова. – М.: Экономистъ, 2007. – 302 с.
22. Waganer K. Mariculture on land. — Biomass, 1981
23. "Survey of energy resources" (PDF). World Energy Council. Retrieved on 2007-07-13.
24. Firmamechta.ru?varu.html
25. <http://aenergy.ru/3520>
26. http://e-finance.com.ua/ru/commodities/2012/01/07/V_Rossii_soobschili_skolko_dobyli_nefti_i_gaza_v_2011_godu/
27. http://e-finance.com.ua/ru/commodities/2012/01/07/V_Rossii_soobschili_skolko_dobyli_nefti_i_gaza_v_2011_godu/
28. <http://lenta.ru/news/2011/08/30/gas/>
29. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/8085551.stm>
30. <http://oica.net/wp-content/uploads/ranking-2010.pdf>
31. http://ru.wikipedia.org/wiki/%C3%90%F1%ED%EE%FF%F0%F1%EA%E8%E9_%EA%F0%E0%E9
32. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Россия>
33. http://tek2011.minenergo.gov.ru/userfiles/files/Выступление%20Шишкина%20А_Н.pdf
34. <http://uchebnik-besplatno.com/economics-uchebnik/iskopaemyie-resursyi.html>
35. http://www.catalogmineralov.ru/deposit/krasnoyarskiy_kray/
36. http://www.clipperwind.com/pr_02182010.php
37. <http://www.customs.ru/ru/stats/arhiv-stats-new/trfgoods/popup.php?id286=120>
38. <http://www.customs.ru/ru/stats/arhiv-stats-new/trfgoods/popup.php?id286=253>
39. <http://www.customs.ru/ru/stats/arhiv-stats-new/trfgoods/popup.php?id286=376>
40. [http://www.eirgrid.com/media/2004%20wind%20impact%20report%20\(for%20updated%202007%20report,%20see%20above\).pdf](http://www.eirgrid.com/media/2004%20wind%20impact%20report%20(for%20updated%202007%20report,%20see%20above).pdf)
41. <http://www.eirgrid.com/renewables/>
42. <http://www.electric-fuel.com/ev/index.shtml>
43. http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=177&tx_ttnews%5BbackPid%5D=4&cHash=04fdc8c00a
44. http://www.gwec.net/index.php?id=30&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=177&tx_ttnews%5BbackPid%5D=4&cHash=04fdc8c00a
45. <http://www.hyotytuuli.fi/index.php?page=617d54bf53ca71f7983067d430c49b7>

46. <http://www.iaea.or.at/programmes/a2/>
47. http://www.iata.org/pressroom/facts_figures/fact_sheets/Pages/alt-fuels.aspx
48. <http://www.iata.org/SiteCollectionDocuments/Documents/IATAConversionTechnologiesFinalv2.pdf>
49. http://www.ieawind.org/AnnexXXV/Meetings/Oklahoma/IEA%20SysOp%20GWPC2006%20paper_final.pdf
50. http://www.krskstate.ru/dat/bin/art_attach/1812_gosdoklad_2010.pdf
51. <http://www.lesechos.fr/info/energie/020239999544.htm>
52. http://www.ng.ru/energy/2011-05-31/15_20years.html
53. http://www.ng.ru/energy/2011-05-31/15_20years.html
54. <http://www.region87.ru/index.php?nm=7&pg=5>
55. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/05/geothermal-development-expands-globally?cmpid=rss>
56. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/02/global-wind-installations-boom-up-31-in-2009>
57. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/05/geothermal-projects-being-developed-in-94-countries?cmpid=rss>
58. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/01/spain-generated-3-of-its-electricity-from-solar-in-2010?cmpid=rss>
59. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/03/new-record-for-german-renewable-energy-in-2010?cmpid=rss>
60. <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/07/italy-passes-7000-mw-of-total-installed-solar-pv?cmpid=rss>
61. <http://www.rg.ru/2011/06/09/sun.html>
62. <http://www.rosrao.ru/wps/wcm/connect/rosrao/rosraosite/presscentre/Materials/7c40cf0049cfdd9e9ba4df3d902053fb>
63. <http://www.smenergo.ru/wind/>
64. <http://www.smenergo.ru/wind/>
65. <http://www.trubagaz.ru/ratings/dobycha-gaza-v-mire-v-2010-godu/>
66. http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/tuulisuus_4.html
67. http://www.tuuliatlas.fi/tuulisuus/tuulisuus_4.html
68. <http://www.tuuliatlas.fi/tuulivoima/index.html>
69. <http://www.vesti.ru/doc.html?id=515528>
70. http://www.windpoweringamerica.gov/filter_detail.asp?itemid=746
71. <http://www.worldwatch.org/node/6102?emc=el&m=239273&l=5&v=ca5d0bd2df>
72. http://www.wwindea.org/home/images/stories/pdfs/worldwindenergyreport2010_s.pdf
73. www.pointcarbon.com
74. pronedra.ru/atom/2012/02/29/fukusima-1/
75. Renewables Global Status Report 2009. RNE21, 2010.

76. Rt-biotechprom.ru/?=564
77. ru.wikipedia.org/wiki/Взрыв_нефтяной_платформы_Deerwater_Horizon
78. S.R.C.Vivekchand; Chandra Sekhar Rout, K.S.Subrahmanyam, A.Govindaraj and C.N.R.Rao (2008). «Graphene-based electrochemical supercapacitors
79. www.itar-tass.com/c81/123259.html (Авария на нефтяной платформе «Дипуотер хорайзн» в Мексиканском заливе)
80. www.pronedra.ru/oil/2011/08/25/avariya-na-neftyanoj-platfome-gannet-alpha/
81. БИКИ, 25.07.09 г., «На рынке ветроэнергетического оборудования КНР»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ И ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	4
1.1. Антропогенное воздействие на природную среду	5
1.2. Промышленная экология	13
1.3. Эколого-экономические системы	19
1.4. Охрана природы и рациональное природопользование	26
Контрольные вопросы и задания	31
ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ И КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ	32
2.1. Природные ресурсы и их классификация	34
2.2. Ресурсосбережение	40
2.3. Круговорот веществ и природные ресурсы	44
2.4. Антропогенный круговорот вещества	46
2.5. Техногенные потоки вещества	49
Контрольные вопросы и задания	55
ГЛАВА 3. ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДНУЮ СРЕДУ	56
3.1. Химический аспект деятельности человека	57
3.2. Потребление сырья и образование отходов	64
Контрольные вопросы и задания	68
ГЛАВА 4. ЭНЕРГЕТИКА И ПРИРОДНАЯ СРЕДА	69
4.1. Запасы энергетических ресурсов и их потребление	70
4.2. Большая энергетика и её экология	73
4.3. Альтернативные источники энергии и их экологичность	82
4.4. Цена энергоресурсов	96
Контрольные вопросы и задания	99
ГЛАВА 5. МАЛО- И БЕЗОТХОДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВА	100
5.1. Концепция и принципы безотходного производства	101
5.2. Оптимизация производства	107
Контрольные вопросы и задания	109
ГЛАВА 6. ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ БИОСФЕРЫ	110
6.1. Классификация загрязнения	111
6.2. Транспортное загрязнение природной среды	122
6.3. Пути и возможности снижения загрязнения автотранспортом	125
Контрольные вопросы и задания	131
ГЛАВА 7. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗДУХА	132
7.1. Характер и классификация загрязнителей атмосферы	133
7.2. Структура и объемы химических загрязнений	143
7.3. Пути снижения загрязнения атмосферы	147
7.4. Очистка газовых потоков от аэрозолей и газообразных компонентов	148
Контрольные вопросы и задания	151
ГЛАВА 8. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ	152
8.1. Водопотребление и водопользование	153
8.2. Создание замкнутых водооборотных систем	162
8.3. Основные методы очистки сточных вод	167
8.4. Очистка от минеральных примесей и переработка рассолов	170
8.5. Прогнозирование и контроль за состоянием водоемов	172

	8.6. Правовые основы водопользования	176
	Контрольные вопросы и задания	177
ГЛАВА 9.	ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ	178
	9.1. Запасы и уровень утилизации отходов	179
	9.2. Переработка твердых бытовых отходов	184
	9.3. Переработка технологических отходов	188
	9.4. Переработка радиоактивных отходов	193
	Контрольные вопросы и задания	197
ГЛАВА 10.	УПРАВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕМ И ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	198
	10.1. Ущерб от загрязнения окружающей среды	198
	10.2. Нормирование загрязнения	209
	10.3. Нормирование химических веществ в воздушной среде, воде и почве	217
	Контрольные вопросы и задания	221
	СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ	222
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	235

Учебное издание

Основы промышленной экологии

Храмова Людмила Николаевна, Степень Роберт Александрович, Соболев Сергей Владимирович

Редактор И.А Вейсиг
Корректурa авторов
Компьютерная верстка авторов

Подписано в печать 28.05.2012 г.
Формат 60×84/16
Усл.-печ.л. 15

Тираж 500 экз.

Печать плоская
Бумага офсетная
Заказ 8017

Редакционно-издательский отдел Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел/факс (391)224-82-31, rio@lan.krasu.ru