

**Г. В. Харина, С. В. Анахов**

# **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА В ТЕХНОСФЕРЕ**



**Екатеринбург  
РГПУ  
2023**

Министерство просвещения Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**Г. В. Харина, С. В. Анахов**

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА В ТЕХНОСФЕРЕ**

Учебное пособие

© ФГАОУ ВО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет», 2023

ISBN 978-5-8050-0743-0

Екатеринбург  
РГППУ  
2023

УДК 502(075.8)

ББК Б1я73-1

X20

Авторы: Г. В. Харина (гл. 1–4), С. В. Анахов (введение, гл. 5–7, заключение)

**Харина, Галина Валерьяновна.**

X20 Экологическая безопасность человека в техносфере: учебное пособие / Г. В. Харина, С. В. Анахов. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2023. 186 с. URL: <http://elar.rsvpu.ru/978-5-8050-0743-0>. Текст: электронный.

ISBN 978-5-8050-0743-0

Рассмотрены структура и функционирование экосистем, основы учения о биосфере, глобальные экологические проблемы, последствия техногенного воздействия на биосферу. Освещены санитарно-экологические аспекты производственной деятельности. Большое внимание уделено методам экологического контроля, нормированию качества окружающей среды, методам защиты биосферы от негативного влияния техносферы. Подробно изложены принципы экологизации промышленного производства.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям), 15.03.01 Машиностроение, 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Рецензенты: доктор химических наук, доцент Е. В. Русинова (ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»); доктор физико-математических наук, профессор А. Д. Ивлиев (ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»)

Системные требования: Windows XP/2003; программа для чтения pdf-файлов Adobe Acrobat Reader

Учебное издание

Редактор Н. А. Мезина; компьютерная верстка А. В. Кебель

Утверждено постановлением редакционно-издательского совета университета

Подписано к использованию 10.05.23. Текстовое (символьное) издание (3,46 Мб)

Издательство Российского государственного профессионально-педагогического университета. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11

© ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2023

## Оглавление

Введение .....	5
Глава 1. Экологические системы. Биосфера .....	7
1.1. Структура экосистемы.....	7
1.2. Передача вещества и энергии в экосистеме .....	8
1.3. Особенности антропогенных экосистем.....	12
1.4. Состав и границы биосферы .....	14
1.5. Свойства биосферы .....	17
1.6. Ноосфера как стадия эволюции биосферы.....	20
Вопросы и задания для самоконтроля .....	22
Глава 2. Взаимодействие человека и биосферы.....	23
2.1. Среда обитания человека. Антропогенные экологические фак- торы.....	23
2.2. Экологические проблемы. Экологические кризисы.....	27
2.3. Виды антропогенных загрязнений .....	30
Вопросы и задания для самоконтроля .....	36
Глава 3. Особенности техногенного воздействия на биосферу .....	37
3.1. Природные ресурсы и их классификация.....	37
3.2. Экологические проблемы отдельных отраслей промышлен- ности .....	40
3.3. Особенности загрязнения атмосферного воздуха .....	50
3.4. Санитарно-защитные зоны.....	55
3.5. Загрязнение водных ресурсов .....	57
3.6. Загрязнение почвы .....	59
Вопросы и задания для самоконтроля .....	63
Глава 4. Методы рационального природопользования и охраны ок- ружающей среды .....	65
4.1. Экологические принципы рационального природопользова- ния и охраны окружающей среды .....	65
4.2. Методы защиты биосферы.....	68
4.3. Законодательно-правовой механизм природопользования .....	99
Вопросы и задания для самоконтроля .....	110

Глава 5. Экологический контроль. Нормирование качества окружающей среды .....	112
5.1. Экологический контроль. Экологический мониторинг .....	112
5.2. Нормирование качества окружающей среды .....	117
5.3. Экологическая паспортизация предприятий .....	126
Вопросы и задания для самоконтроля .....	131
Глава 6. Пути экологизации промышленного производства .....	132
6.1. Экономический механизм природопользования и охраны окружающей среды .....	132
6.2. Основные направления инженерной защиты окружающей среды .....	136
6.3. Современные методы обезвреживания отходов .....	139
6.4. Материально-экологический баланс .....	155
6.5. Альтернативные источники энергии. Энергосберегающие технологии .....	159
Вопросы и задания для самоконтроля .....	167
Глава 7. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды .....	169
7.1. Принципы международного экологического сотрудничества .....	169
7.2. Международные организации, соглашения и договоры по охране окружающей среды .....	173
Вопросы и задания для самоконтроля .....	178
Заключение .....	179
Библиографический список .....	183

## Введение

Большинство жителей России, включая и авторов данной книги, заслуженно гордятся природной красотой и богатством своей Родины. При этом многие люди справедливо считают проблему экологического загрязнения одним из главных негативных факторов, формирующих их отношение к возможности благополучного и комфортного проживания в ряде регионов страны. Будучи правопреемницей Советского Союза, Российская Федерация, многие годы гордившаяся уровнем своего индустриального развития и степенью урбанизации населения, в последнее время все острее стала осознавать тяжесть этого исторического наследия, в котором груз антропогенного воздействия на окружающую среду и проживающих здесь людей становится все более весомым. Темпы нарастания экологического кризиса в России и в мире в целом ставят актуальной задачу снижения последствий промышленного и бытового воздействия в общем контексте берегающей политики природопользования и освоения вторичных сырьевых ресурсов.

Среди причин загрязнения окружающей среды техногенными отходами следует назвать ресурсозатратность и неэффективность экономики России. Особенностью последних 10–15 лет является осознание российским обществом своего технологического отставания, преодолеть которое можно только путем модернизации устаревших технологий. Переход экономики на рельсы инновационного развития невозможен без повсеместной экологизации производственных процессов, без рациональных мероприятий в области ресурсосбережения и экологически грамотного природопользования. В широком спектре таких действий важную роль играет применение научных подходов как к описанию природных и технологических систем, так и к выяснению экологических проблем, возникающих при их взаимодействии. Понимание проблем подобного рода дает ключ к выбору рациональных решений, направленных на повышение экологической безопасности человека в техносфере. Критериями данного выбора становятся не только показатели экономической и технологической эффективности, рационального использования ресурсов окружающей среды, но и вопросы социального благополучия людей, как непосредственно занятых на производстве, так и населения в целом. Только в случае учета всех упомянутых факторов инновационные решения становятся социально значимым элементом развития страны и отдельных ее регионов.

Предлагаемое Вашему вниманию учебное пособие призвано сформировать у заинтересованного читателя теоретический и практический базис, необходимый для понимания многочисленных проблем в экологической сфере, и показать ему ряд общепринятых решений, способствующих их нормализации. В данной книге Вы найдете необходимые сведения об организации, функционировании и эволюции природных экосистем и биосферы, негативных результатах взаимодействия био- и техносферы, путях и методах решения экологических проблем, законодательно-правовых и экономических механизмах природопользования, нормировании качества окружающей среды, разработке и внедрении новых экотехнологий, международном сотрудничестве в области охраны окружающей среды и др.

Цель учебного пособия – оказание помощи студентам всех форм обучения при изучении экологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности, выполнении индивидуальных контрольных работ, организации самостоятельной работы по изучению экологии в течение семестра и в период экзаменационной сессии.

Авторы надеются, что представленный в учебном пособии материал изложен в доступной форме, легко усваивается и способен максимально облегчить изучение экологических дисциплин.

# Глава 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. БИОСФЕРА

## 1.1. Структура экосистемы

Термин «экосистема» введен английским ученым А. Тенсли (1935) и применим как к природным, так и к искусственным системам. *Экологическую систему* можно определить как совокупность живых организмов и среды их обитания, объединенных вещественно-энергетическими, информационными взаимодействиями (рис. 1).

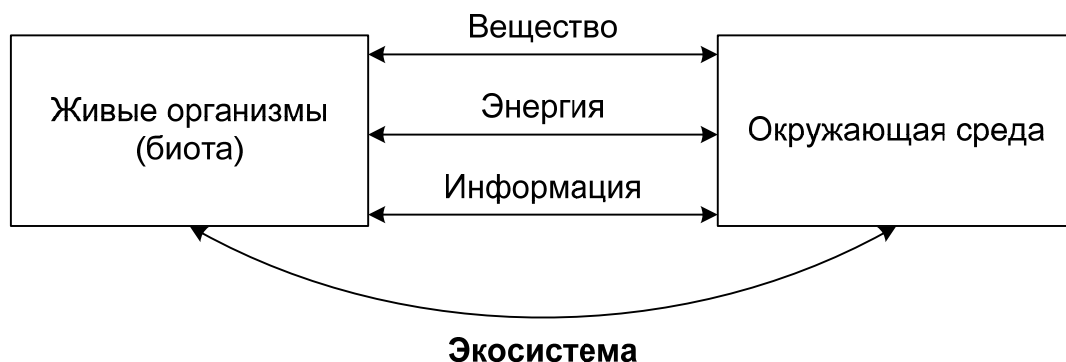


Рис. 1. Схема взаимосвязей в экосистеме

Следовательно, в любой экологической системе можно выделить два компонента: живой (биоту) и неживой (окружающую среду, среду обитания).

Существует несколько классификаций экосистем. Например, по *среде обитания* живых организмов экосистемы делятся на водные (река, пруд, озеро, море), наземные (луг, степь, лес), почвенные, наземно-воздушные. По *происхождению* экосистемы бывают природными, искусственными (аквариум, сад, парк), городскими (урбоэкосистемы). Экосистемы каждого вида характеризуются своими особенностями, обусловленными природными и антропогенными факторами. Все экосистемы, от небольших до самых крупных (биомов), входят в единую экосистему нашей планеты – **биосферу**.

В. Н. Сукачевым был введен термин «*биогеоценоз*», обозначающий наземную экосистему, в которой совокупность живых организмов называется биоценозом, а среда их обитания – биотопом. Биогеоценоз функционирует как целостная, самовоспроизводящаяся и саморегулирующаяся система. Его основные характеристики: видовое разнообразие, численность и плотность популяций каждого вида, биомасса, продуктивность.



Биоценоз характеризуется пространственной, видовой и трофической структурами. Последняя наиболее актуальна для понимания процессов передачи вещества и энергии в экосистеме.

Трофическая структура с точки зрения пищевых взаимодействий организмов предполагает совокупность автотрофов и гетеротрофов.

**Автотрофы**, или продуценты («самопитающиеся») – это все зеленые растения, синтезирующие органические вещества (белки, жиры, углеводы и др.) из неорганических веществ ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , минеральных солей и др.) в процессе фотосинтеза. **Гетеротрофы** (консументы) питаются готовым органическим веществом, входящим в состав других живых организмов.

Единицей трофической структуры экосистемы является трофический уровень – место живого организма в пищевой цепи, выполняющего определенную функцию.

Первый трофический уровень занимают **продуценты** как производители питания для всех живых организмов экосистемы.

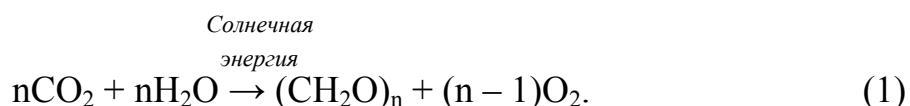
Второй трофический уровень занимают **консументы** – гетеротрофные организмы (животные), которые потребляют зеленые растения или другие организмы. В связи с этим различают консументы первого порядка (растительноядные, животные), второго (плотоядные) и более высоких порядков. Каждый из перечисленных консументов занимает соответствующий трофический уровень.

На последнем трофическом уровне находятся **детритофаги** и **редуценты** (земляные черви, почвенные бактерии, личинки насекомых, грибы) – это гетеротрофные организмы, питающиеся мертвым органическим веществом – детритом (опавшими листьями, фекалиями, трупами животных).

Таким образом, каждый живой организм выполняет в экосистеме строго определенную функцию в соответствии со своим трофическим уровнем.

## 1.2. Передача вещества и энергии в экосистеме

Ключевым процессом в экосистеме является фотосинтез, в результате которого зеленые растения продуцируют органические вещества из неорганических (углекислого газа и воды) под действием солнечной энергии:



Любые превращения энергии в окружающем нас мире подчиняются законам термодинамики, и фотосинтез не является исключением. Согласно первому закону термодинамики, энергия ниоткуда не возникает и не исчезает бесследно. В результате процесса (1) солнечная энергия преобразуется в энергию химических связей образовавшихся органических соединений. Не случайно В. И. Вернадский назвал зеленые растения трансформаторами солнечной энергии [4]. Таким образом, преобразованная солнечная энергия передается в трофической цепи от организма к организму посредством питания. Все живые организмы являются носителями трансформированной солнечной энергии.

Однако помимо синтеза существуют еще и процессы разложения органических веществ. Примером такого процесса является **клеточное дыхание** – окисление органических веществ до неорганических (углекислого газа и воды), сопровождающееся разрывом химических связей в молекулах органических соединений и выделением тепловой энергии. Этот процесс противоположен по своей сути фотосинтезу:



Процесс дыхания необходим для поддержания жизнедеятельности, построения клеток, создания биомассы живого организма. В то же время этот процесс является подтверждением действия второго закона термодинамики в экосистеме: самопроизвольное протекание процессов возможно лишь при условии превращения концентрированной формы энергии в рассеянную, т. е. в тепловую. Следовательно, на каждом трофическом уровне происходит потеря энергии, поскольку тепло рассеивается в окружающей среде и недоступно для использования.

Значительная часть органических веществ, созданных растениями и потребленных гетеротрофами, разрушается с выделением энергии, обеспечивающей функционирование организма, и лишь небольшая часть органического вещества используется растениями и другими организмами в качестве строительного материала для роста и обновления тканей.

Траты на дыхание во много раз больше энергетических затрат на увеличение массы организма, поэтому к концу пищевой цепи в организме остается совсем немного преобразованной солнечной энергии, около 10 %. Об этом свидетельствует правило десяти процентов Р. Линдемана (1942):

с одного трофического уровня на другой, более высокий, в среднем переходит около 10 % энергии, поступившей на предыдущий уровень [10].

Исходя из этого, потери энергии составляют около 90 % при каждом переходе через трофическую цепь. Например, если калорийность продуцента 1000 Дж, то при попадании в тело фитофага остается 100 Дж, в теле хищника – уже 10 Дж, а если этот хищник будет съеден другим, то на его долю придется лишь 1 Дж. Именно поэтому пищевые цепи не бывают длинными – не более 4–5 звеньев.

Для человека энергетически выгоднее растительное питание (вегетарианство), а наиболее дорого – использование в пищу хищных видов. Так, по энергии, затраченной на рост, 1 кг щуки обходится природе в 7 раз дороже, чем 1 кг говяжьего мяса. В связи с этим плотоядные животные разводятся людьми в редких случаях (например, в пушном звероводстве).

Энергия, затраченная на дыхание, восполняется только за счет поступления новых ее порций, поскольку в экосистемах не может быть круговорота энергии, подобного круговороту веществ. Поток энергии всегда *однонаправлен и необратим*, он неразрывно связан с превращением и перемещением веществ.

В экосистеме в результате деятельности продуцентов в процессе фотосинтеза из минеральных веществ, представляющих собой запасы биогенных элементов, создаются органические вещества, необходимые для роста и жизнедеятельности как самим зеленым растениям, так и гетеротрофам. Продукты жизнедеятельности всех живых организмов, т. е. детрит, перерабатывается, превращается редуцентами в минеральные соединения, которые снова могут быть вовлечены продуцентами в процесс фотосинтеза.

Так осуществляется ***биотический (биогеохимический) круговорот веществ*** – непрерывный процесс создания и разрушения органических веществ в экосистеме, протекающий при участии живых организмов или *живого вещества* [1, 3, 10, 16, 22, 42]. Для жизни биосферы этот круговорот – главный, и он сам является порождением жизни. Изменяясь, рождаясь и умирая, живое вещество поддерживает жизнь на нашей планете, обеспечивая биогеохимический круговорот веществ.

Главными условиями протекания биотического круговорота веществ являются солнечная энергия, биогенные элементы (С, Н, О, Р, N, S и др.), продуценты, консументы, детритофаги и редуценты. Последние превра-

щают мертвое органическое вещество в неорганическое и замыкают биотический круговорот (рис. 2).

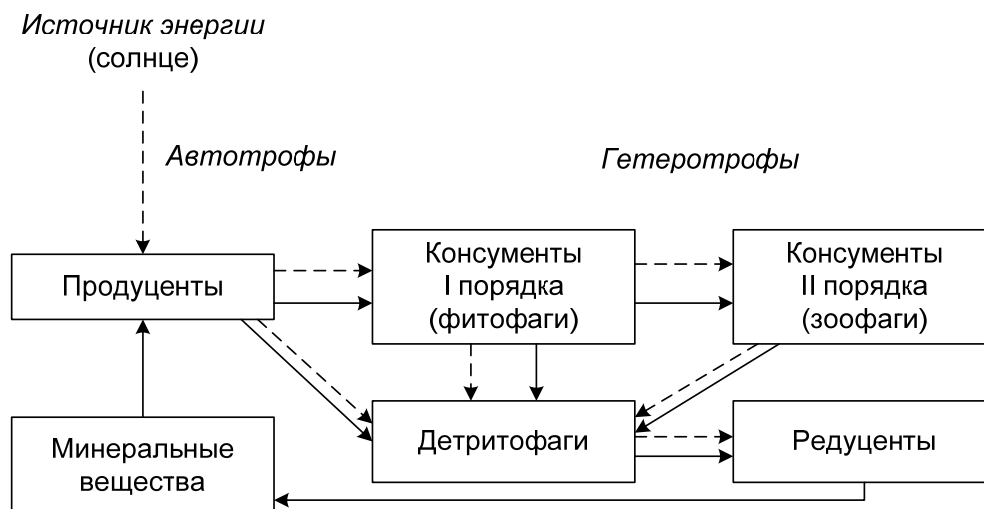


Рис. 2. Схема биотического круговорота веществ в экосистеме:

—→ — перенос вещества; - - → — перенос энергии

Таким образом, химические элементы, поглощенные организмом, впоследствии его покидают, уходя в абиотическую среду, а затем снова попадают в живой организм. При этом в экосистеме действует **закон бережливости К. Бэра**: живые организмы предпочитают использовать для своих нужд химические элементы, уже побывавшие в живом, нежели те, что еще не прошли через живое [14].

Биотический круговорот не является полностью замкнутым, поскольку часть вещества, образуя осадочные породы, выпадает в глубинах земной коры или осаждается на дне океанов в виде труднорастворимых минералов. Несмотря на невысокую степень незамкнутости биотических круговоротов, в экосистемах происходят благоприятные для живых организмов изменения среды обитания: формируется почвенный покров, образуются различные минералы и горные породы.

Для осуществления биотического круговорота веществ необходима согласованная деятельность живых организмов за счет постоянных затрат энергии. При нарушении этой согласованности теряется сбалансированность круговоротов веществ в экосистемах, что является причиной многих негативных изменений в окружающей среде: снижение почвенного плодородия, опустынивание, снижение урожая растений, снижение биологического разнообразия, зарастание водоемов, постепенная деградация природной среды.

В биотическом круговороте участвуют не только биогенные элементы, но также отравляющие и радиоактивные, которые обладают способностью к биоаккумуляции в живых организмах, вызывая различные патологии. В связи с этим необходимо помнить о правиле биологического усиления: накопление ряда веществ, в том числе токсических и радиоактивных, при переходе на более высокий трофический уровень экологической пирамиды десятикратно увеличивается. Например, концентрация пестицидов, попавших в водоем, многократно возрастает в цепи «планктон → планктонофаги → рыбы → водоплавающие птицы».

Таким образом, к принципам функционирования природных экосистем можно отнести поступление извне потока солнечной энергии и безотходное производство.

### **1.3. Особенности антропогенных экосистем**

Природные экосистемы способны поддерживать свое развитие без вмешательства и затрат человека. Именно в природных экосистемах благодаря слаженной деятельности организмов создается биологическая продукция, востребованная человеком, именно здесь происходят процессы самостоятельного очищения воды, воздуха, почвы.

Антропогенные экосистемы, к которым относятся агроэкосистемы и урбосистемы, существуют только при поддержке человека [16].

*Агроэкосистемы* (поля, сенокосы, пастбища), возникающие за счет сельскохозяйственной деятельности человека, имеют сходство с природными экосистемами, так как рост культурных растений осуществляется в результате действия солнечной энергии. Однако подготовка почвы, посев, сбор урожая происходят за счет энергетических затрат человека. В результате наблюдается существенное изменение природных экосистем, что проявляется прежде всего в снижении биологического разнообразия.

К основным чертам агроэкосистем, отличающим их от природных, можно отнести следующие:

- потребление энергии ископаемого топлива (потребление кислорода и выделение углекислого газа при сжигании топлива);
- незначительное видовое разнообразие и короткие цепи питания;
- неполный круговорот веществ (часть питательных элементов выносится с урожаем);

- истощение плодородных земель за счет выноса биогенов с урожаем, расходование большого количества воды и ее загрязнение;
- разрушение среды обитания многих видов живых организмов дикой природы;
- искусственный отбор, в результате которого создаются неконкурентоспособные (в борьбе с природными) виды;
- отсутствие саморегуляции (регуляцию осуществляет человек с целью подавления численности нежелательных видов).

Таким образом, агроэкосистемы, существующие только при поддержке человека, являются неустойчивыми системами. Упрощение природных экосистем человеком – явление очень опасное, поскольку ведет к их постепенной деградации и уничтожению, поэтому нельзя весь природный ландшафт превращать в агроэкосистемы.

Согласно определению, данному Н. Ф. Реймерсом [35], **урбанистическая система**, или **урбосистема**, представляет собой неустойчивую природно-антропогенную систему, состоящую из архитектурно-строительных объектов и резко нарушенных естественных экосистем. К урбосистемам относятся экосистемы городов и поселков городского типа.

В составе урбосистем выделяют несколько зон: промышленные, жилые, лесопарковые. К *промышленным зонам* относятся территории, на которых расположены различные промышленные предприятия, являющиеся главными источниками загрязнения окружающей природной среды. *Жилые зоны* представляют собой территории, на которых сосредоточены жилые дома, административные здания, культурные объекты и др. *Лесопарковые зоны* – это зеленые зоны вокруг городов и городские парки внутри города, которые, по сути, являются зонами отдыха городских жителей. Также эти зоны иногда называют *рекреационными*.

Помимо перечисленных зон урбосистемы включают в себя транспорт и транспортные системы, пересекающие все функциональные зоны города и поэтому оказывающие негативное влияние на среду обитания человека.

Таким образом, урбосистемы представляют собой совокупность живых организмов (в первую очередь, человека), среды их обитания и социальной среды. Данные системы существуют за счет энергии ископаемого топлива, атомной энергии и продукции агроэкосистем. Среди проблем, свойственных урбосистемам, можно назвать высокую плотность населения,

утилизацию промышленных и бытовых отходов, загрязнение окружающей среды, угрожающее здоровью человека. Создавая новую искусственную среду с повышенной комфортностью, т. е. урбосистему, люди стремятся таким образом улучшить условия своей жизни. Однако именно эта среда ведет к отрыву человека от природы и нарушению природных экосистем.

#### **1.4. Состав и границы биосферы**

Термин «биосфера» появился в конце XVIII в. в научной среде школы Ж. Бюффона. Первоначальное понимание биосферы как маленьких бессмертных глобул жизни постепенно заменяется представлениями Э. Зюсса (1875), который рассматривал ее как тонкую пленку жизни на земной поверхности. Большую роль в развитии учения о биосфере сыграли исследования почвоведом В. В. Докучаева, доказавшего единство живых и неживых компонентов в почве и влияние деятельности живых организмов на процессы почвообразования.

Целостная теория биосферы была разработана В. И. Вернадским в начале XX в. Биосфера, согласно его определению, представляет собой область распространения жизни, включающую наряду с живыми организмами и среду их обитания [21]. Ученый представлял биосферу как единство живого и неживого, биотического и абиотического компонентов [22]. Биосфера – это одна из геологических сфер, постоянно меняющаяся под воздействием живых организмов [4].

Абиотический компонент биосферы представлен средой обитания живых организмов, включающей литосферу, гидросферу, атмосферу.

**Литосфера** – каменная оболочка Земли, включающая земную кору толщиной от 6 (под океанами) до 80 км (в районах горных систем). Земная кора состоит из горных пород, из них около 70 % – магматические (граниты, базальты); 12 % – осадочные (известняки, доломиты, гипсы, песчаники, глины); 17 % составляют породы, преобразованные высокотемпературными процессами.

В земной коре также содержатся полезные ископаемые: горючие (уголь, газ, нефть), металлосодержащие минералы (пирит, медный блеск, свинцовый блеск, криолит и т. д.), минералы, включающие соединения неметаллов (апатиты, известняк, фосфориты). Почти половину массы земной коры составляет кислород, который входит в состав различных соедине-

ний металлов и неметаллов. Также распространены такие элементы, как алюминий, железо, кремний, натрий, кальций и др. Жизнедеятельность организмов способствует практически постоянному химическому составу литосферы.

**Гидросфера** – водная оболочка Земли, совокупность морей, океанов, озер, рек, подземных вод, ледников. Основную часть гидросферы составляет Мировой океан (около 98 %), значительно меньшая часть приходится на воды материков – 0,1 %, доля материковых льдов составляет 1,6 %. Максимальная глубина Мирового океана – 11 км.

Химический состав гидросферы формируется благодаря деятельности живых организмов. В большей степени в природных водах распространены анионы  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HSiO}_3^-$  и катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ . Содержание главных ионов в пресных водах составляет 90 ÷ 95 %. Кроме того, присутствуют растворенные газы (кислород, диоксид углерода, сероводород и др.), биогенные вещества. Наличие кислорода в поверхностных водах определяется его поступлением из воздуха, а также в результате фотосинтеза. Углекислый газ находится в воде как в растворенном виде, так и в форме угольной кислоты. Биогенные вещества представлены минеральными и органическими соединениями азота (белки и продукты их распада, которые поступают в водные объекты с очищенными сточными водами), а также фосфора. Неорганические соединения азота, присутствующие в виде ионов  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , могут образовываться при разложении азотсодержащих органических соединений. К микроэлементам, содержащимся в воде, относятся элементы, концентрация которых составляет менее 1 мг/л (F, I, V, Se, Cu, Zn, Mo). В природных водах находятся и органические вещества в виде гумусовых соединений, которые являются результатом разложения растительных остатков.

**Атмосфера** – это газовая оболочка Земли, состоящая из смеси газов, пыли, водяных паров. Атмосфера делится на несколько слоев: тропосферу (высота до 11 км от поверхности Земли), стратосферу (на высоте 11–50 км), мезосферу (50–80 км над Землей), термосферу (80–480 км над Землей), ионосферу (слой заряженных частиц) и экзосферу (самый верхний слой, практически не содержащий воздуха).

Химический состав атмосферы у поверхности Земли представлен в основном азотом (78 %) и кислородом (21 %) и определяется деятельностью живых организмов в процессе дыхания, разложения детрита, дест-



рукции азотсодержащих органических растений и др. В незначительных количествах (менее 1 %) в атмосферном воздухе присутствуют аргон (0,9 %), углекислый газ (0,034 %), пары воды (от 0,2 % в полярных широтах до 2,6 % у экватора), метан (0,00016 %) и др.

Значение атмосферы для жизни на Земле трудно переоценить. От распределения тепла, содержания паров воды в атмосфере, давления зависят погода и климатические условия. Пары воды задерживают солнечное излучение, нагревая таким образом воздух, а также являются источником осадков.

Атмосферные процессы (выпадение осадков, возникновение пыльных бурь, полярного сияния) оказывают значительное влияние на процессы, протекающие в литосфере и гидросфере.

Поскольку биосфера определяется как область существования жизни, должны иметься ее границы. Верхняя граница биосферы определяется озоновым экраном, тонким (в несколько миллиметров) слоем озона на высоте 20–25 км в атмосфере. Озоновый слой является защитой живых организмов от чрезмерной ультрафиолетовой радиации. Гидросфера населена живыми организмами вплоть до самых ее глубин (10–11 км). В литосфере жизнь распространяется на глубину до 3–5 км (например, бактерии в нефтяных месторождениях); глубже жизнь невозможна в связи с увеличением температуры.

Биотическая часть биосферы представлена живыми организмами. В. И. Вернадский назвал всю совокупность живых организмов планеты живым веществом, имеющим тот же химический состав, что и окружающая среда.

Из всего многообразия веществ в биосфере, выделенных и описанных В. И. Вернадским, необходимо отметить следующие:

- *косное вещество*, в образовании которого не участвуют живые организмы (вулканическая лава, метеориты, гранит, базальт);
- *биокосное вещество*, представляющее собой совместный результат взаимодействия живого и косного вещества: океанические воды, почва, некоторые минералы, вещества атмосферы (азот, кислород, углекислый газ);
- *живое вещество* – совокупность всех живых организмов планеты (включая человека), обладающих массой, энергией, информацией и функционирующих в биосфере как единое целое.

Живое вещество находится в непрерывном обмене веществом, энергией, информацией с окружающей его средой и выполняет определенные функции в биосфере.

1. *Газовая функция* живого вещества заключается в участии живых организмов в превращении и миграции газов. В зависимости от природы газов выделяют кислородно-диоксидуглеродную функцию (создание свободного кислорода на планете), диоксидуглеродную (образование угольной кислоты в результате дыхания живых организмов), озонную (образование свободного озона), азотную (создание массы свободного азота за счет деятельности азотредуцирующих бактерий) и др.

2. *Концентрационная функция* состоит в извлечении живыми организмами необходимых для их жизнедеятельности биогенных элементов (углерода, азота, водорода, кислорода и др.) из внешней среды. Эта функция является глобальным следствием питания.

3. *Биохимическая функция*, напрямую связанная с жизнедеятельностью живых организмов, представляет собой химическое превращение живого вещества сначала в биокосное, а затем в косное.

4. *Средообразующая функция* связана с преобразованием среды обитания живыми организмами за счет их участия в различных биохимических процессах. Качественное преобразование абиотической среды под воздействием живых организмов происходит в направлении, благоприятном для дальнейшего развития жизни.

5. *Окислительно-восстановительная функция* заключается в участии живых организмов в химических превращениях веществ, содержащих атомы элементов с переменной степенью окисления (например, перевод железа со степенью окисления +3 в необходимую живому степень окисления +2).

6. *Деструктивная функция* связана с превращением мертвого органического вещества в неорганические соединения и вовлечением последних в биогеохимический круговорот веществ.

## 1.5. Свойства биосферы

Биосфера характеризуется такими свойствами, как целостность, централизованность, ритмичность, устойчивость, саморегуляция и др.

**Целостность и дискретность.** Закон целостности биосферы можно сформулировать следующим образом: биогенный ток атомов между компонентами биосферы связывает их в единую материальную систему, в ко-

торой изменение даже одного звена влечет изменение всех остальных. Другими словами, биосфера представляет собой систему взаимосвязанных экосистем. Изменения в одной из них всегда вызывают изменения в других экосистемах и биосфере в целом. Целостность биосферы обусловлена непрерывным обменом вещества и энергии между ее составными частями. В биосфере развиваются свойства, отсутствующие у ее частей (отдельных экосистем). В то же время многие свойства самих частей являются результатом эволюции биосферы как целого. Свойство целостности биосферы должно лежать в основе рационального природопользования.

**Централизованность** предполагает наличие центрального звена в биосфере. Центром биосферы как глобальной экологической системы является живое вещество, выполняющее разнообразные функции.

**Устойчивость и саморегуляция.** Гомеостаз биосферы – устойчивое динамическое состояние, обусловленное деятельностью живых организмов, которые обеспечивают определенную скорость поглощения и передачи солнечной энергии по трофическим цепям и скорость биогенной миграции атомов. Устойчивость биосферы основана также на разнообразии живых организмов, отдельные виды которых выполняют различные функции в поддержании потоков вещества и распределении энергии, на взаимосвязи биотических и абиотических процессов, на согласовании циклов биогенных элементов. Таким образом, сама жизнь на Земле стабилизирует условия своего существования.

**Ритмичность.** Ритмические изменения – это повторяемость во времени совокупности процессов, развивающихся в одном направлении. Различают *периодические* (ритмы одинаковой длительности) и *циклические* (ритмы переменной длительности) изменения. Например, периодическим изменением является время оборота Земли вокруг оси, циклическим – смена времени года. Периодичность в биосфере проявляется в системе различных процессов: тектонических, климатических, биологических. Циклическость выражается в массопереносе химических элементов в биогеохимических циклах. В биосфере имеет место повторяемость во времени различных явлений. Разные по продолжительности ритмы характеризуются изменением физико-химических параметров окружающей среды: температуры, давления, уровня влажности и т. д. Например, суточной ритмикой обусловлены процессы фотосинтеза и клеточного дыхания у зеленых растений; годовой – изменение скорости и характера почвообразования, се-

зонность сельскохозяйственных работ. Состояние природы в конце ритма никогда не повторяет его начальное состояние, именно поэтому все природные процессы имеют направленное развитие.

**Круговорот веществ и энергозависимость.** Биосфера является открытой динамической системой, развитие которой обусловлено непрерывным поступлением солнечной энергии. И если энергия Солнца может считаться неисчерпаемой, то количество атомов химических элементов, заключенных в различных соединениях, ограничено. В связи с этим биотический круговорот является важным и незаменимым процессом, поскольку обеспечивает неисчерпаемость атомов химических элементов. Все минеральные вещества, извлеченные живыми организмами из окружающей среды, через какое-то время снова возвращаются в среду обитания в результате химических превращений.

**Большое разнообразие.** Биосфера – это глобальная экосистема, поэтому для нее характерно большое разнообразие. Можно назвать следующие причины этого явления:

- 1) существование разных сред жизни (наземной, водной, наземно-воздушной и др.);
- 2) разнообразие природных зон, отличающихся по своим свойствам (климатическим, гидрологическим, почвенным, биотическим и др.);
- 3) существование различных типов почв с характерными для них физико-химическими параметрами;
- 4) множество видов живых организмов.

Реальное число видов на Земле гораздо больше известных и описанных в научной литературе, поскольку до сих пор не учтены многие виды, обитающие в труднодоступных и малоосвоенных частях Земли. На сегодняшний день установлено, что запасы фитомассы составляют 99 % запасов живой биомассы Земли, а биомасса суши в 1000 раз превышает биомассу океана [6].

Большое разнообразие является главным фактором устойчивости биосферы, так как обеспечивает ряд необходимых условий.

1. *Взаимная дополняемость частей.* В сообществах уживаются те виды организмов, которые делят между собой экологические ниши. Например, растения 1-го яруса в лесу перехватывают 70–80 % светового потока, деревьям и кустарникам во 2-м ярусе достаточно 10–20 % света, а наземные

растения и мхи способны осуществлять фотосинтез всего при 0,01–0,02 долях светового потока. Дополняя друг друга, растения более полно используют солнечную энергию.

2. *Взаимозаменяемость видов.* Иногда экологические ниши многих видов частично перекрываются, но снижение активности или даже полное выпадение одного из них неопасно для экосистемы, так как его функцию берут на себя другие.

3. *Регуляторные свойства.* Саморегуляция осуществляется на основе обратных связей. Принцип отрицательной обратной связи заключается в том, что отклонение системы от нормы приводит в действие силы, направленные на возвращение ее в нормальное состояние. Чем разнообразнее биоценозы и сложнее структура популяций, тем успешнее осуществляется их саморегуляция.

4. *Надежность обеспечения функций.* Создание органического вещества, его разрушение, регуляция численности видов – все эти функции обеспечиваются множеством видов, страхующих деятельность друг друга. Например, разложение целлюлозы в почвенных экосистемах могут осуществлять специальные бактерии, плесневые грибы, клещи-сапрофаги, дождевые черви и др.

Не случайно проблема сохранения биологического разнообразия на планете закреплена Конференцией ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992) в соответствующей конвенции [14].

## **1.6. Ноосфера как стадия эволюции биосферы**

В. И. Вернадский развил и обосновал концепцию ноосферы как этапа взаимоотношений человека и окружающей природной среды на основании созданного им же учения о биосфере. В рамках этого этапа человек не только познает закономерности развития природы, но и использует их для гармонизации своих взаимоотношений с биосферой [4].

**Ноосфера** – это новое геологическое явление, обусловленное усиливающимся вторжением человека в природные биогеохимические циклы и в то же время ведущее к более взвешенному и целенаправленному контролю человека над глобальной экосистемой.

Возрастание активности человека ускоряет эволюционные процессы, темпы которых повышаются по мере роста научно-технического, социокуль-

турного развития цивилизации. Дальнейшее неконтролируемое развитие деятельности человека таит в себе опасности, в том числе экологические, поэтому дальнейшая эволюция планеты должна направляться разумом [4].

Возникновение ноосферы как части биосферы В. И. Вернадский рассматривает как природное явление, но гораздо более мощное в своей основе, чем человечество. Мощь его связана не с материей, а с разумом и направленным этим разумом трудом. Для В. И. Вернадского ноосфера – это естественный процесс, один из этапов эволюции биосферы.

Ноосферное развитие – разумно управляемое соразвитие человека, общества и природы, при котором удовлетворение жизненных потребностей человека осуществляется без ущерба интересов будущих поколений.

Под воздействием человеческой деятельности меняется физико-химический состав всех геологических оболочек биосферы. Усиливающиеся процессы урбанизации радикально меняют свойства биосферы. Наконец, человечество выходит на планетарный уровень воздействия на среду своего обитания. В связи с этим человек может и должен взять на себя ответственность за регулирование системы отношений «человек–общество–биосфера».

Среди предпосылок перехода биосферы в ноосферу можно выделить следующие:

- высокий уровень развития науки, средств связи и обмена информацией;
- единство человеческой цивилизации, исключение войн из жизни общества;
- подъем благосостояния всего человечества и равенство людей;
- открытие новых источников энергии;
- разумное преобразование природных экосистем;
- расширение границ биосферы и выход в космос.

В. И. Вернадский считал, что уровень развития научного знания позволит разработать и представить сообществу обоснованную стратегию цивилизационного развития системы «человек–общество–природа». Однако становление ноосферы, сферы разума – процесс длительный, связанный с возникновением противоречий между человеком и природой. Именно в этот период в процессе преодоления возможных противоречий определяются способы и средства целенаправленного, двуединого развития биосферы и общества, обеспечивающие их гармоничное развитие [46].

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

1. Что такое экосистема? Назовите категории организмов, образующих ее трофическую структуру, опишите их роль в экосистеме, перечислите трофические уровни, которые они занимают.
2. Какие изменения происходят с энергией при прохождении по пищевой цепи?
3. Используя законы термодинамики, обоснуйте преимущества вегетарианства для человека.
4. Что такое биотический круговорот веществ и какие компоненты необходимы для его осуществления?
5. Назовите основные отличия антропогенных экосистем от природных. Каковы особенности урбосистем?
6. Дайте определение биосферы. Какие компоненты входят в состав биосферы и что является верхней границей биосферы?
7. Назовите функции живого вещества. Поясните роль живых организмов в преобразовании абиотической окружающей среды и создании условий, благоприятных для жизни.
8. Чем обусловлена целостность биосферы? Дайте ответ, опираясь на другие свойства биосферы.
9. Поясните, каким образом человек нарушает круговороты основных биогенных элементов.
10. Что такое ноосфера? Как представлял себе В. И. Вернадский становление ноосферы?

## Глава 2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА И БИОСФЕРЫ

### 2.1. Среда обитания человека. Антропогенные экологические факторы

Согласно Н. И. Николайкину, Н. Е. Николайкиной и О. П. Мелиховой, а также Н. Ф. Реймерсу, окружающая человека среда состоит из следующих взаимосвязанных компонентов: природной, квазиприродной, искусственной и социальной сред [22, 35].

**Природная среда** – это совокупность абиотических (свет, ветер, химический состав воды, воздуха, почв, атмосферное давление и др.) и биотических (растения, животные, микроорганизмы) факторов естественного происхождения. **Квазиприродная среда** – это искусственно преобразованная человеком среда, не способная к самоподдержанию: пашни, парки, грунтовые дороги, сады, газоны и т. д. Фактически квазиприродная среда является видоизмененной человеком природной средой и не может называться абсолютно искусственной, поскольку указанные объекты могут существовать в природе в первозданном виде.

Искусственный мир, созданный человеком, не существующий в природе и чуждый ей, относится к **искусственной**, или **техногенной**, среде. Без вещественно-энергетического поддержания и непрерывного обновления человеком этот искусственный мир начинает разрушаться. К такому миру относят преобразованное людьми вещество, практически не входящее в природные биогеохимические циклы: асфальт, бетон, синтетические материалы, транспорт, промышленные предприятия, технологии и оборудование. Искусственную среду иногда называют **артеприродной**, характеризующейся резким ухудшением физико-химических и информационных показателей (например, загрязнение окружающей среды).

Среда, создаваемая взаимоотношениями отдельных людей и их групп, отношениями между людьми и материально-культурными ценностями, является **социальной**. Воздействие, оказываемое данными ценностями на человека, включает следующие аспекты:

- 1) экономическая обеспеченность (жильем, пищей, одеждой и др.);
- 2) гражданские свободы (место проживания, передвижения, свободы волеизъявления и т. д.);



- 3) степень уверенности в завтрашнем дне;
- 4) возможность пользоваться культурными объектами (театры, музеи, библиотеки);
- 5) свобода самовыражения;
- 6) доступность мест отдыха;
- 7) комфорт сферы услуг;
- 8) наличие социально-психологического пространственного минимума во избежание психологического стресса и т. д.

Наряду с природной, квазиприродной и искусственной, социальная среда создает окружающую среду современного человека. Все факторы рассмотренных сред неразрывно связаны между собой и определяют качество жизни человека. Эти четыре среды являются подсистемами общей системы окружающей человека среды. Ни одна из подсистем не может быть полностью заменена другой или исключена из системы среды обитания человека; подсистемы могут лишь усиливать или ослаблять действие друг друга. Например, неблагоприятные климатические условия природной среды могут быть улучшены техническими элементами, включенными в искусственную среду.

Человек научился преодолевать природные лимитирующие факторы за счет достижений научно-технического прогресса. Однако при этом усиливается зависимость от элементов других подсистем: квазиприродная и искусственная среды являются источниками различных загрязнений; социальная среда – психологических стрессов и нервного истощения. В связи с этим ни в коем случае нельзя говорить об обретении человеком независимости от природы. Напротив, в процессе усиливающегося давления на среду жизни люди становятся более зависимыми друг от друга, обретают общую судьбу через кардинально измененную ими природу. Согласно В. И. Вернадскому, люди становятся единым целым, объединенным с природной средой [4].

**Антропогенные факторы.** Воздействия на окружающую природную среду, производимые человеком, относятся к антропогенным экологическим факторам. Природу этих воздействий составляет хозяйственная деятельность людей. Несмотря на то, что человек как биологический вид испытывает на себе воздействие различных экологических факторов, он сам является источником более мощных воздействий как на живые орга-

низмы, так и на природную среду. Особенностью этих воздействий являются осознанность, целенаправленность и высокая интенсивность.

Воздействие живых организмов на окружающую среду лимитируется ограниченностью энергетических ресурсов: зеленые растения для создания органических соединений используют всего 1 % от падающего светового потока, а консументы, питающиеся организмами предыдущих трофических уровней – в десятки и сотни раз меньше.

На протяжении всей истории своего существования человечество постоянно расширяло спектр доступных источников энергии и наращивало темпы ее потребления. Эпоха первобытного общества с характерным для нее минимальным биологическим энергопотреблением (энергия собственных мышц) длилась 200 тыс. лет. При переходе к традиционному земледелию и скотоводству, когда появился дополнительный источник энергии – мускульная энергия домашнего скота, продолжительность эпохи резко сократилась до 1000 лет. Начиная с VIII–XI вв., человек открыл механические преобразователи энергии – водяные колеса и ветряные мельницы, использующие силу воды и ветра. Потребление энергии возросло пятикратно, а продолжительность эпохи снова снизилась. Технические возможности расширились, давление на природу усилилось. Однако по мере развития науки и техники человечество вновь стало остро испытывать потребность в энергии. Были открыты новые энергоносители, первым из которых стал каменный уголь. С этого момента началась эпоха химической теплоэнергетики на невозобновимых ресурсах с 10-кратным потреблением энергии, сопровождающимся глобальным загрязнением окружающей среды и уничтожением ресурсов. Эпоха химической теплоэнергетики еще не завершена, но вместе с ней развивается другая – эпоха ядерной энергетики с 20-кратным потреблением энергии и еще более мощным давлением на окружающую среду.

Таким образом, люди, открывая все новые и новые источники энергии, преодолевают природные лимитирующие факторы и приспособляются к самым сложным природным и климатическим условиям. У человека, благодаря его технической и энергетической обеспеченности, появилась возможность осваивать природные ресурсы всех географических зон. Другими словами, он превратился в мощный экологический фактор не только по степени, но и по масштабам своего воздействия.

Негативное воздействие человека на окружающую среду проявляется в самых разных действиях: загрязнение водоемов и атмосферного воздуха, сокращение разнообразия видов живых организмов, вырубка лесов на больших территориях, уничтожение плодородных земель и их опустынивание, истощение запасов подземных вод и др.

Антропогенные воздействия носят целенаправленный характер и осуществляются сознательно. Например, для изменения среды обитания необходима энергия, технические средства, предметы быта, для производства которых расходуются материальные и энергетические ресурсы.

Постепенно природные экосистемы в связи с освоением человеком новых территорий превращаются в антропогенные, доминирующим видом в которых является человек. Антропогенные системы являются неустойчивыми, так как благодаря активной деятельности человека происходят изменения физических, химических и биологических характеристик среды. Для поддержания антропогенных систем необходимы дополнительные средства, силы, энергия.

Главной особенностью антропогенных факторов на данном этапе развития человечества являются глобализация и интенсификация их воздействия на природную среду. Масштабы технической мощи человека стали сопоставимы с процессами, протекающими в биосфере. Например, в результате работы горнодобывающих предприятий в течение года на поверхность Земли доставляется больше различных материалов, чем уносится в море всеми реками в процессе водной эрозии. Широкомасштабная деятельность человека не только нарушает развитие биосферных процессов, но и постепенно отчуждает человечество от природы.

Другой особенностью человека как экологического фактора является его взаимодействие с окружающей средой посредством *культуры* – специфического способа организации и развития человеческой деятельности, представленного в продуктах материального и духовного труда [28].

Таким образом, деятельность человека способствует изменению многих физико-химических параметров биосферы, обеспечивающих возможность жизни на Земле. Однако эти изменения влекут за собой негативные последствия для других живых организмов и природной среды.

## 2.2. Экологические проблемы. Экологические кризисы

Интенсивная хозяйственная деятельность человека, вызвавшая изменение всех характеристик биосферы, явилась источником многих негативных последствий в функционировании природных экосистем. Данные последствия называются экологическими проблемами.

**Экологическая проблема** представляет собой противоречия в системе «общество – природа», отражающиеся на человеке и условиях его жизнедеятельности. На самых ранних этапах развития человечества, в эпоху мускульной энергетики, а затем механоэнергетики возникающие экологические проблемы не отличались масштабностью и поэтому не оказывали значительного влияния на устойчивость биосферы. Затем, начиная с первой промышленной революции и далее в процессе становления техносферы, человечество, как отмечал В. И. Вернадский, «становится могучей геологической силой», преобразующей среду обитания всех живых организмов [4, с. 480].

Во второй половине XX в. вследствие быстрого роста численности населения планеты и мощного техногенного воздействия на биосферу произошло резкое обострение всех экологических проблем. Это обострение, по сути, представляет собой экологический кризис.

**Экологический кризис** – это напряженное состояние во взаимоотношениях между человеком и природой, характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений биоресурсному потенциалу планеты. В более широком понимании экологический кризис является критической фазой в развитии биосферы, при которой происходит качественное обновление живого вещества (вымирание одних видов и появление других). Экологический кризис – это всегда результат нарушения равновесного состояния в экосистеме под воздействием антропогенных факторов (или под влиянием природных стихийных явлений).

Экологический кризис носит обратимый характер, поскольку в случае своевременного принятия мер, необходимых для решения экологических проблем, состояние системы вновь обретает равновесие.

**Экологическая катастрофа** – это необратимое явление, представляющее собой одно из аномальных состояний природы, вызванных природными или антропогенными факторами. Примерами природных аномалий являются длительная засуха, массовый мор скота и др. Зачастую подобные аномалии происходят в результате вмешательства человека в при-

родные процессы и приводят к остро неблагоприятным экономическим последствиям и массовой гибели населения определенного района.

Ученые выделяют три антропогенных экологических кризиса в истории человеческой цивилизации [23, 35].

***Первый антропогенный экологический кризис (кризис консументов)*** произошел 10–50 тыс. лет назад в результате уничтожения человеком-охотником крупных млекопитающих (мастодонтов, гигантских ленивцев, мамонтов, некоторых видов лошадей и верблюдов и т. д.). Считается, что в этот период охотники, владевшие метательным оружием в виде копий с каменными наконечниками, истребили крупных животных. Одним из путей выхода из кризиса консументов называется переход к примитивному земледелию и скотоводству (неолитическая революция).

***Второй антропогенный экологический кризис (кризис продуцентов)*** был связан с массовым истреблением доступных ресурсов древесины (150–250 лет назад), использовавшейся в качестве топлива и строительного материала. Основные пути выхода из кризиса продуцентов – промышленная революция, предполагающая использование ископаемого топлива в производстве, а также новые технологии в сельском хозяйстве.

***Третий (современный) антропогенный экологический кризис*** – кризис истощительного природопользования, многоотходных технологий и загрязнения окружающей среды. Образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека отходы не могут быть переработаны природными организмами-разлагателями (редуцентами), так как эти отходы являются биологически неразложимыми. По этой причине настоящий кризис носит название кризиса редуцентов. Выходом из этого кризиса, очевидно, является безотходное производство.

Существует несколько причин современного кризиса.

1. *Низкий уровень экологического сознания людей.* В настоящее время в обществе доминирует антропоцентрический тип экологического сознания, основанный на представлениях об исключительности человека, его ценности для окружающей природной среды. Согласно антропоцентризму, цель взаимодействия с природой – удовлетворение прагматических потребностей, а дальнейшее развитие природы мыслится как процесс, подчиненный развитию человечества. Человек легкомысленно относится и пренебрегает законами развития биосферы, бездумно вмешивается в природные процессы. Отсюда варварское истребление природных ресурсов в силу потребительского характера современного общества.

2. *Демографическая проблема*, заключающаяся в быстром росте численности населения Земли. Сейчас на нашей планете живет около 8 млрд человек. По мнению ученых, это значительно больше допустимого для биосферы населения людей. При этом каждому человеку нужны крыша над головой, свет, тепло, еда, одежда. До сих пор большинство этих потребностей удовлетворяется за счет жесточайшей эксплуатации природы, что приводит к деградации природных экосистем.

3. *Развитие научно-технического прогресса и ускорение роста энергетики* за счет использования ископаемого топлива и других невозобновимых природных ресурсов. Такое развитие способствует разрушению природных экосистем, ресурсному истощению, загрязнению окружающей среды, нарушению устойчивости биосферы в целом.

4. *Несовершенство промышленных, сельскохозяйственных технологий и очистных сооружений*. Низкий уровень технологий, используемых в промышленном и сельскохозяйственном производстве, приводит к образованию огромного количества разнообразных отходов, загрязнению окружающей среды. Ситуация усугубляется отсутствием очистных сооружений или их недостаточной мощностью.

К проявлениям современного экологического кризиса относятся загрязнение окружающей среды и истребление природных ресурсов.

***Загрязнение окружающей среды*** непосредственно связано с научно-техническим прогрессом и отражает последствия антропогенной деятельности. Загрязнение проявляется в изменении качественного и количественного состава атмосферного воздуха, гидросферы, литосферы. К основным источникам загрязнения относятся предприятия энергетики, промышленное производство (машиностроение, металлургия, нефтехимические и горнодобывающие предприятия), сельское хозяйство.

***Истощение природных ресурсов*** происходит вследствие хищнического изъятия ресурсов биосферы и проявляется в катастрофическом обеднении запасов недр и органического мира, резком снижении плодородия почвы и опустынивании, сокращении площадей лесов и запасов пресных подземных вод. За последние сто лет человек уничтожил больший объем органической продукции, чем было создано за сотни миллионов лет до этого. Вследствие разрушения экосистем гибнут десятки видов живых организмов: например, только обитателей тропических широт исчезло более ста видов [14, 17].

## 2.3. Виды антропогенных загрязнений

**Загрязнение** – это привнесение в какую-либо экосистему несвойственных ей живых или неживых компонентов (физических и химических), нарушающих процессы круговорота веществ, потоки энергии и информации. Результатом загрязнения является снижение продуктивности или полное разрушение экосистемы.

Загрязнения можно разделить на следующие виды:

- *химическое (ингредиентное, вещественное)* загрязнение представляет собой внесение веществ, чуждых природным биогеоценозам (тяжелые металлы, ядохимикаты, нефтепродукты и др.);
- *физическое (параметрическое)* загрязнение связано с изменением качественных параметров окружающей среды (тепловое, шумовое, электромагнитное, радиационное);
- *биологическое* загрязнение – это привнесение в окружающую среду патогенных микроорганизмов, способных вызвать эпидемиологические ситуации (болезнетворные бактерии и вирусы).

**Химическое загрязнение.** Деятельность человека сопровождается образованием огромного количества отходов, большая часть которых относится к экотоксикантам, способным вызывать острые и хронические отравления, тяжелые патологии органов и систем человеческого организма, в том числе и онкологические. Ежегодно в атмосферный воздух выбрасывается до 400 млн т оксида углерода, 100 млн т оксидов азота, 150 млн т твердых веществ. Среди химических загрязнителей, отличающихся наибольшей опасностью, можно выделить тяжелые металлы и галогенорганические соединения [20, 23, 33, 38, 45].

К тяжелым относятся металлы, атомная масса которых больше 55, например, ртуть, медь, железо, никель, свинец, цинк, ванадий, кадмий и др. Тяжелые металлы обладают высокой токсичностью. Они способны накапливаться в организме, в результате чего их негативное воздействие многократно усиливается. Некоторые тяжелые металлы (медь, цинк, марганец, железо, кобальт) в микроскопических количествах необходимы для нормальной деятельности организма. Однако превышение их нормативных значений вызывает токсический эффект и представляет угрозу для здоровья. Большая же часть тяжелых металлов не является необходимой для функционирования организма. Среди них наиболее опасными являются ртуть, свинец, кадмий.

Источниками поступления тяжелых металлов в окружающую среду являются предприятия металлургии, машиностроения, горнодобывающей и энергетической промышленности.

Кроме тяжелых металлов, особо опасными химическими загрязнителями являются стойкие органические соединения, обладающие высокой токсичностью, длительным периодом полураспада (в воздухе – 2–5 дней, в воде – 4–6 месяцев), способностью к биоаккумуляции, склонностью к трансграничному переносу. К стойким органическим загрязнителям относятся диоксины, бензопирен, пестициды. Диоксины практически не выводятся из почвы, водной и организменной сред, долго сохраняются в окружающей среде, легко переносятся по цепям питания и представляют опасность даже в очень малых количествах.

Опасность многих химических загрязнителей усугубляется, как было сказано выше, способностью к *биоаккумуляции*, т. е. к накоплению в организме. Благодаря биоаккумуляции поступление в организм даже незначительных количеств ядовитого вещества в течение определенного времени приводит к превышению допустимой его концентрации и возникновению различных патологий [43].

Биоаккумуляция происходит в связи с отсутствием биodeградации вещества, т. е. невозможности его разрушения в химических процессах (тяжелые металлы невозможно расщепить в силу их элементарности, хлорорганические соединения не перерабатываются ввиду отсутствия необходимых для этого ферментов). Кроме того, и тяжелые металлы, и хлорорганические соединения очень плохо выводятся из организма вследствие образования прочных связей с белками (тяжелые металлы) и жирами (органические соединения).

В объектах окружающей среды одновременно присутствует множество химических загрязнителей, суммарный токсический эффект которых во много раз превышает действие каждого из них. Это явление получило название *синергизма*. Синергетическим эффектом обладают галогенированные углеводороды, которые настолько ослабляют иммунную систему, что организм становится легко уязвимым для болезнетворных бактерий.

В настоящее время в биосфере циркулирует огромное количество химических соединений антропогенного происхождения. Среди них есть вещества, порождающие мутации (мутагены), вызывающие раковые заболевания (канцерогены) и врожденные уродства (тератогены). В табл. 1 при-



ведены основные химические загрязнители и их негативные воздействия на организм человека [7].

Таблица 1

Характеристика основных химических загрязнителей

Загрязнитель	Источник	Воздействие на организм
1	2	3
<i>Монооксид углерода (угарный газ)</i>	Неполное сгорание топлива, сигаретный дым, газовые плиты, выхлопные газы автомобилей	В результате очень быстрого связывания с железом гемоглобина крови вызывает кислородное голодание и анемию; провоцирует приступы коронарной недостаточности, стенокардии, нарушение обменных процессов организма, функционального состояния центральной нервной системы
<i>Оксиды азота и серы</i>	Авто- и авиатранспорт, металлургические предприятия, теплоэлектростанции, газовые котельные	Вызывает резкое раздражение дыхательных путей и легких; провоцирует воспалительные процессы в органах дыхательной системы, возможное головокружение, потерю сознания, одышку, кашель, насморк
<i>Озон</i>	Выбросы промышленных предприятий, выхлопы автотранспорта	Вызывает раздражение верхних дыхательных путей, слизистой оболочки глаз, воспалительные процессы в органах дыхательной системы, головную боль, быструю утомляемость
<i>Свинец</i>	Выхлопы автотранспорта, дым сигарет, припой, выращенные вблизи дорог плоды, автомобильные аккумуляторы, масляные краски на свинцовой основе	Характеризуется замещением кальция в костной ткани, замедлением роста и развития детей, нарушением синтеза гемоглобина и витамина D, повышенной возбудимостью, психическими заболеваниями, ослаблением иммунитета, поражением печени и почек
<i>Ртуть</i>	Химические удобрения, пестициды, промышленные отходы, люминесцентные лампы, взрывчатые вещества, фотопленки, водоземulsionные краски, пластмассы, загрязненная рыба	Вызывает аллергические реакции, нарушение мозговой деятельности, снижение остроты зрения, катаракту, ослабление иммунной системы, депрессивные состояния, врожденные уродства, поражение почек, психические отклонения (болезнь Минамата)

Окончание табл. 1

1	2	3
<i>Кадмий</i>	Металлургия, удобрения, дым сигарет, дым из печных труб	Характерны подавление антител, замещение цинка в ферментах, сердечные заболевания, гипертония, нарушение метаболизма кальция, потеря цинка организмом, поражение почек; является одним из самых опасных экотоксикантов; медленно выводится из организма (0,1 % в сутки)
<i>Мышьяк</i>	Пирометаллургия, сжигание топлива, тепловые электростанции, удобрения и ядохимикаты, мышьяксодержащие антисептики	Приводит к появлению металлического привкуса во рту, расстройствам пищеварительной системы, развитию острой сердечно-сосудистой и почечной недостаточности; обладает канцерогенным эффектом
<i>Нитраты</i>	Азотсодержащие удобрения	Приводят к нарушению обмена веществ, возникновению аллергии, патологий сердечно-сосудистой и нервной систем; обладают канцерогенным воздействием
<i>Формальдегид</i>	Древесностружечные плиты (ДСП), клеи, ковровые покрытия	Вызывают заболевания печени и почек, бесплодие, мутации, врожденные дефекты у детей, раковые заболевания
<i>Бензопирен</i>	Сжигание углеводородного топлива	Обладает мощным канцерогенным эффектом
<i>Пестициды</i>	Ядохимикаты	Приводят к заболеваниям печени и почек, бесплодию, мутациям, врожденным дефектам у детей, раковым заболеваниям
<i>Винилхлорид</i>	Производство поливинилхлорида (ПВХ)	Вызывает угнетение центральной нервной системы, поражение пищеварительной, репродуктивной и сердечно-сосудистой систем; является сильным мутагеном и канцерогеном
<i>Диоксины</i>	Целлюлозно-бумажная промышленность, мусоросжигательные заводы, производство полимерных материалов	Вызывает патологические состояния кожи (хлоракне), нарушение функции печени, эндокринной и репродуктивной системы; является сильнейшим мутагеном, канцерогеном, тератогеном

Следует отметить, что атмосферный путь поступления химических загрязнителей в организм человека доминирует, поскольку суточное потребление воздуха (15–20 кг) выше, чем воды (2–5 кг) и пищи (1,5–2,5 кг).

**Физическое загрязнение.** По мере развития научно-технического прогресса и расширения техносферы в окружающей среде стали появляться опасные факторы воздействия невещественной природы, к которым относятся физические загрязнители. Среди них самыми распространенными на сегодняшний день являются шум и излучение (электромагнитное, ионизирующее, тепловое).

**Шум** – неблагоприятно воздействующее на человека сочетание звуков различной частоты и интенсивности, беспорядочно изменяющееся во времени.

*Источники:* транспорт, промышленные предприятия, энергетические установки, компрессорные станции, строительные предприятия, бытовая техника.

*Характеристика воздействия на человека и окружающую среду:* резко повышает утомляемость, снижает умственную активность, способствует повышению артериального давления и возникновению заболеваний сердечно-сосудистой и пищеварительной систем. Поражаются органы слуха. Допустимая граница шума – 80 дБ; шум в 130 дБ вызывает болевые ощущения. Сильные звуки для человека приравниваются к физическому наркотику. По официальным данным в России около 35 млн человек подвержены существенному, превышающему нормативы воздействию.

**Электромагнитное излучение** – электромагнитные волны, возбуждаемые ускоренно движущимися различными излучающими объектами и заряженными частицами.

*Источники:* высоковольтные линии электропередач, радио- и телевышки, электротранспорт, бытовые приборы, мобильные телефоны, медицинское оборудование, электрические промышленные установки.

*Характеристика воздействия на человека и окружающую среду:* при длительном воздействии электромагнитного поля радиочастотного диапазона на организм человека происходят нарушения сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем, что проявляется в частых головных болях, повышенной утомляемости, слабости, нарушении сна, треморе, повышенном потоотделении и др. Возможно поражение эндокринной и репродуктивной систем, изменение состава крови.

**Ионизирующее излучение (радиоактивное загрязнение)** – излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды (образование заряженных ионов). К ионизирующим относят альфа-, бета-, гамма-частицы, рентгеновское излучение.

*Источники:* испытания ядерного оружия, предприятия атомной промышленности, медицинское и технологическое оборудование, шлакоотвалы с радиоактивными веществами, могильники радиоактивных отходов.

*Характеристика воздействия на человека и окружающую среду:* к соматическим проявлениям относятся лучевая болезнь (в острой или хронической форме), лейкозы, ожоги, катаракты, раковые заболевания костей, легких, щитовидной железы. Генетические проявления заключаются в возникновении мутагенных заболеваний. Сильное мутагенное, эмбриотоксическое и тератогенное воздействие.

**Тепловое (инфракрасное) излучение** – периодическое или длительное повышение температуры среды относительно ее естественного уровня. Особое значение имеет тепловое загрязнение водоемов.

*Источники:* сброс воды из систем охлаждения предприятий в водоемы.

*Характеристика воздействия на человека и окружающую среду:* вызывает резкое снижение концентрации кислорода в водоеме, что приводит к гибели водных обитателей. Происходит миграция некоторых видов в места с более благоприятными условиями, нарушаются цепи питания, сокращается биоразнообразие. Усиливается рост растений и их цветение, что также способствует снижению концентрации кислорода.

Таким образом, шумовое, электромагнитное и ионизирующее излучения воздействуют на человека непосредственно, в то время как влияние теплового излучения опосредовано через деградацию водных экосистем, сокращение биоразнообразия, ухудшение качества окружающей среды.

**Биологическое загрязнение.** Подобный вид загрязнения связан с появлением в экосистемах нехарактерных для них видов живых организмов, ухудшающих условия существования природных биоценозов и негативно воздействующих на организм человека. Чаще всего к таким живым организмам относят патогенные микроорганизмы, возбудители различных инфекционных заболеваний. Источниками данных организмов являются сточные воды пищевой и кожевенной промышленности, бытовые свалки, канализационные сети, из которых они попадают в почву и подземные воды. Например, возбудители кишечной палочки были обнаружены в подземных водах на глубине до 300 м [16].

В последние годы в связи с ухудшением санитарно-эпидемиологических условий среды обитания человека в некоторых странах Азии и Африки все чаще случаются вспышки заболеваний домашнего скота, вызванных возбудителями чумы, холеры, оспы и др. Большую опасность в наши дни представляют цитомегаловирус, вирус лихорадки Чикунгунья (передающийся при укусе особого вида комаров), вирус геморрагической лихорадки с почечным синдромом (мышинная лихорадка). Подавление перечисленных вирусов сильно затруднено.

Новая биологическая опасность связана с развитием биотехнологий и генной инженерии. В случае несоблюдения санитарно-гигиенических требований к исследованиям подобного рода возможна утечка созданных в лаборатории биологических веществ и микроорганизмов в природную среду, характер воздействия которых на другие организмы в естественных условиях до конца не изучен.

Проблемой биологического загрязнения является также быстрая выработка устойчивости у патогенных микроорганизмов к антибактериальным и другим препаратам, что может привести к резкому росту численности возбудителей и, следовательно, к развитию эпидемий.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

1. Перечислите и охарактеризуйте компоненты окружающей среды современного человека.
2. Каковы особенности социальной среды человека?
3. В чем заключается особенность человека (человечества) в целом как экологического фактора?
4. Что такое экологический кризис? В чем его отличие от экологической катастрофы?
5. Перечислите и охарактеризуйте основные антропогенные кризисы в истории человечества.
6. Каковы причины и проявления современного экологического кризиса?
7. Что понимают под загрязнением окружающей среды?
8. Какие виды загрязнений Вы знаете? Приведите примеры.
9. Перечислите и охарактеризуйте основные химические загрязнители.
10. Что представляет собой физическое загрязнение? Приведите примеры.
11. Охарактеризуйте биологическое загрязнение.

## Глава 3. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ

### 3.1. Природные ресурсы и их классификация

Жизнедеятельность человека, его территориальное расселение, создание производственной среды во многом зависят от состояния природных ресурсов, их количества и качества.

Под *природными ресурсами* понимают природные объекты и явления, используемые человеком для создания материальных благ, которые не только обеспечивают поддержание жизни человека, но и способствуют повышению ее качества.

Природные ресурсы очень многообразны по своему происхождению, назначению, областям и способам использования, поэтому необходима их систематизация. Существующие классификации подразделяют природные ресурсы в соответствии с такими признаками, как источник происхождения, сфера использования, степень истощаемости [13, 16].

*По источникам происхождения* выделяют следующие виды ресурсов:

- *биологические* – все живые организмы с заключенным в них генетическим материалом: промысловые объекты, культурные растения, домашние животные, живописные ландшафты и др.;
- *минеральные* – вещества литосферы, пригодные для использования в качестве минерального сырья (соединения металлов и неметаллов) или топлива;
- *энергетические* – энергия Солнца, атомных, топливных, термальных, ветровых и других источников энергии.

*По сфере использования* различают следующие ресурсы:

- *земельный фонд* – все земли биосферы, различающиеся по своему назначению (сельскохозяйственные, городские и других населенных пунктов, земли промышленности, транспорта и др.);
- *лесной фонд* – часть земельного фонда с лесными угодьями (для сельского хозяйства, строительства, организации особо охраняемых территорий);
- *водные ресурсы* – совокупность подземных и поверхностных вод, используемых в разных целях;
- *ресурсы фауны* – обитатели всех видов природных экосистем, которые может использовать человек без нарушения экологического равновесия;
- *полезные ископаемые* – рудные, нерудные, топливно-энергетические ресурсы, используемые человеком в хозяйственно-производственной деятельности.

Особенно актуальна классификация природных ресурсов *по степени истощаемости*. Под истощением природных ресурсов понимают несоответствие между безопасными нормами изъятых из природных экосистем и недр Земли природных ресурсов и потребностями человечества. Выделяют *неисчерпаемые* ресурсы (солнечная энергия, ветер, приливы) и *исчерпаемые*, имеющие количественные ограничения. Исчерпаемые ресурсы могут быть *возобновимыми* (чистый воздух, вода, плодородная земля, флора, фауна) и *невозобновимыми* (полезные ископаемые). Невозобновимые ресурсы имеют ограниченные запасы в земной коре, поэтому эти ресурсы конечны и не возобновляются. Наиболее полная классификация природных ресурсов представлена в табл. 2 [9].

Таблица 2

### Классификация природных ресурсов

Основание классификации	Природные ресурсы
1	2
По происхождению	Ресурсы природных комплексов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• водные;</li> <li>• земельные;</li> <li>• минеральные;</li> <li>• биологические</li> </ul>
	Ресурсы природно-территориальных комплексов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• горнопромышленные;</li> <li>• водохозяйственные;</li> <li>• лесохозяйственные;</li> <li>• сельскохозяйственные;</li> <li>• селитебные</li> </ul>
По сферам использования	Производственные: <ul style="list-style-type: none"> <li>• промышленные: <ul style="list-style-type: none"> <li>– энергетические (ископаемое топливо);</li> <li>– неэнергетические (минеральные, земельные, водные, лесные)</li> </ul> </li> <li>• сельскохозяйственные: <ul style="list-style-type: none"> <li>– агроклиматические;</li> <li>– земельно-почвенные;</li> <li>– растительные;</li> <li>– водные</li> </ul> </li> </ul>

1	2
	<p>Потенциально-перспективные (в настоящее время либо не используются, либо используются в недостаточной степени):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• солнечная энергия;</li> <li>• энергия морских приливов и отливов;</li> <li>• гидрогеологические ресурсы;</li> <li>• энергия спонтанных химических реакций, естественного атомного распада и т. п.</li> </ul> <p>Рекреационные:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• природные;</li> <li>• историко-культурные</li> </ul>
По заменимости	<p>Заменимые (замена ископаемого топлива на альтернативные источники энергии)</p> <p>Незаменимые:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• воздух;</li> <li>• свет;</li> <li>• пресная вода</li> </ul>
По исчерпаемости	<p>Исчерпаемые:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• возобновимые: <ul style="list-style-type: none"> <li>– вся биота</li> </ul> </li> <li>• относительно возобновимые: <ul style="list-style-type: none"> <li>– плодородные почвы;</li> <li>– некоторые виды минерального сырья (поваренная соль);</li> <li>– леса с древостоями спелого возраста;</li> <li>– водные региональные ресурсы</li> </ul> </li> <li>• невозобновимые: <ul style="list-style-type: none"> <li>– минеральные и земельные ресурсы</li> </ul> </li> </ul> <p>Неисчерпаемые:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• гидросфера (вода);</li> <li>• атмосфера (воздух), климат;</li> <li>• энергия приливов и отливов;</li> <li>• энергия ветра;</li> <li>• энергия недр;</li> <li>• солнечное излучение</li> </ul>

Безусловно, человек может заменить дефицитные ресурсы на те, запасы и распространенность которых достаточно велики. Однако такая замена сопровождается, как правило, понижением качества ресурса. На ос-



новании этого можем заключить, что ограниченность и истощаемость природных ресурсов являются важнейшими лимитирующими факторами выживания человека как биосоциального вида.

Одним из показателей, косвенно определяющих качество окружающей среды человека, является **ресурсообеспеченность** (в широком смысле этого слова). Она представляет собой соотношение между величиной природных ресурсов и масштабами их использования и выражается либо возможной продолжительностью использования конкретного ресурса, либо его запасами на душу населения. Ресурсообеспеченность зависит от природных особенностей территории: богата она или бедна природными ресурсами. Еще большее влияние на ресурсообеспеченность имеет интенсивность использования ресурсов обществом.

Потребление природных ресурсов обусловлено тем, что человек с целью преодоления лимитирующих факторов для своего выживания и победы в конкурентной борьбе начал создавать антропогенные системы, требующие для своего сохранения и развития еще большие количества разнообразных ресурсов.

### 3.2. Экологические проблемы отдельных отраслей промышленности

**Воздействие теплоэнергетики на окружающую среду.** Работа предприятий энергетической промышленности приводит к истощению запасов невозобновимых ресурсов и загрязнению окружающей среды. При этом в среду обитания человека поступают особо токсичные вещества – ксенобиотики, повышается расход атмосферного кислорода транспортом и энергетическими установками, наблюдается тепловое загрязнение среды обитания, появляется опасность возникновения техногенных катастроф. При сжигании углеродсодержащего топлива (угля, нефти, газа и др.) в атмосферный воздух поступают различные продукты сгорания (табл. 3).

Таблица 3

Удельные выбросы загрязняющих веществ при сжигании топлива, г/кВт·ч

Загрязняющее вещество	Вид топлива			
	Каменный уголь	Бурый уголь	Мазут	Природный газ
SO <sub>2</sub>	6,0	7,70	7,40	0,002
NO <sub>x</sub>	21,0	3,45	2,45	1,900
Твердые частицы	1,4	2,40	0,70	0,000

При сжигании **каменного угля** образуется в 5–10 раз больше оксидов азота, чем при сжигании других видов топлива (см. табл. 3); при этом диоксида серы выделяется меньше, чем при сжигании мазута. Исключение – **бурые угли**, сернистость которых существенно выше, поэтому при их сгорании выделяются большие количества диоксида серы. Кроме того, при сжигании бурого угля образуется гораздо больше твердых частиц, чем при сгорании каменного угля.

Радиоактивность золы приводит к рассеиванию радиоактивных элементов через дымовые трубы и к разносу радиоактивной пыли с золоотвалов. При сжигании бурых углей на тепловых электростанциях (ТЭС) в выбросах возрастает содержание радия-226 и свинца-210, причем последний накапливается в золе. После сжигания угля концентрация свинца-210 в золе увеличивается в 5–10 раз, а радия-226 – в 3–6 раз.

Теплоэлектростанции, использующие в качестве топлива мазут, размещаются ближе к центрам нефтеперерабатывающей промышленности. Отдельные ТЭС располагаются в районах добычи нефти. В основном мазут на ТЭС используется как вспомогательное топливо и доставляется железной дорогой.

При сжигании **нефти** образуются большие количества диоксида серы, однако твердых частиц образуется существенно меньше, чем при использовании углей. Сгорание **мазута** характеризуется более высокой концентрацией оксидов азота, чем сжигание газа, но меньшей, чем сгорание углей. Также процесс сопровождается выделением оксидов металлов и кремния ( $V_2O_5$ , NiO,  $MnO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$ , MgO), некоторые из которых относятся к I и II классам опасности (табл. 4). Относительно высока вероятность образования бензопирена – чрезвычайно опасного канцерогенного вещества.

Таблица 4

Характеристика состава золы уноса, образующейся при сжигании мазута, с указанием класса опасности

Вещество	Содержание, мас. %	Класс опасности
$V_2O_5$	30,0–36,0	I
NiO	8,0–10,0	I
$MnO_2$	1,0	II
$PbO_2$	0,5	I
$Cr_2O_3$	0,5–1,0	I
ZnO	0,5–2,5	II
$Al_2O_3$	10,0	IV
$Fe_2O_3$	3,0–10,0	IV
MgO	1,0–3,0	III
$SiO_2$	10,0	IV

При использовании жидкого топлива практически решается проблема золоотвалов, которые на угольных ТЭС занимают значительные территории и являются источником постоянных загрязнений атмосферы в районе станции, а также близлежащих территорий из-за уноса части золы ветром. Жидкое топливо широко используется для работы транспорта, в химической промышленности, в том числе в производстве пластмасс, смазочных материалов, предметов бытовой химии и т. д.

**Природный газ** – наиболее экологически чистое из традиционных видов топлива: при его сжигании вообще не выделяются твердые вещества, выбросы оксидов серы ничтожны. Доля потребления природного газа в общем объеме энергоресурсов составляет 48 % в целом по стране. При использовании природного газа выбрасывается в 10 раз меньше оксидов азота, чем при сжигании угля, и в 1,3 раза меньше, чем при сжигании мазута. Именно по этой причине с 80-х гг. прошлого столетия на многих ТЭС, находящихся в экологически неблагоприятных местах, наметилась тенденция перехода с угля на природный газ.

Энергетический сектор является крупнейшим загрязнителем окружающей среды. Предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК) выбрасывают в атмосферу почти половину всех вредных веществ. Электроэнергетика занимает первое место среди всех отраслей хозяйственного комплекса страны по объему загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух от стационарных источников, и до 70 % общего объема парниковых газов. При этом объекты теплоэнергетики размещаются, как правило, либо в городах, либо поблизости, что усиливает отрицательное действие их выбросов. Расчеты, проведенные профессором А. М. Алпатовым в 1983 г., позволяют заключить, что по выбросу ряда токсичных металлов (мышьяк, уран, кобальт, кадмий) теплоэнергетика далеко опередила их мировое производство (табл. 5) [32].

Таблица 5

Сравнительный объем производства металлов и неметаллов, тыс. т/год

Элемент	Мировое производство	Количество металла, образующегося при сжигании топлива
Мышьяк	40	255,0
Уран	30	204,0
Никель	400	357,0
Кобальт	13	153,0
Свинец	2800	51,0
Кадмий	13	2,6
Серебро	8	1,0

Увеличение объемов сжигания топлива сопровождается все большим расходом кислорода. До середины XIX в. его содержание в атмосфере оставалось более или менее постоянным. Поглощение кислорода в естественных окислительных процессах компенсировалось фотосинтезом. Поглощая из воздуха 55 млрд т кислорода, Мировой океан выделяет в атмосферу 61 млрд т. В результате воздушная оболочка Земли ежегодно получает из океана 6 млрд т кислорода.

В настоящее время этот баланс нарушен прежде всего процессами сжигания топлива. Особенно много кислорода затрачивают развитые промышленные страны. Например, США, где проживает лишь 5 % населения мира, потребляют свыше 30 % общемирового производства энергии. Получается, что страна расходует кислорода больше, чем его производит растительность этой страны. Таким образом, уровень общего благосостояния ведущей индустриальной державы строится в значительной мере на потреблении кислорода, продуцируемого за пределами ее территории.

За весь период человеческой деятельности на процессы горения израсходовано 273 млрд т кислорода, в том числе за последние 50 лет – 246 млрд т. Однако это пока не привело к заметному уменьшению концентрации кислорода в атмосфере. Но если основным источником энергии по-прежнему будет служить ископаемое топливо, проблема кислородного голодания может обостриться ко второй половине XXI в.

Еще одной острой проблемой являются выбросы золы. Зола – это окисленные в результате горения пылевидные частицы осадочных пород земли (песок, глинозем и др.), включенные в уголь, содержащие разнообразные металлы и естественные радионуклиды. При сжигании угля в составе золы находится значительно больше металлов, чем их добывается из недр Земли: магния в 1,5 раза, молибдена – в 3, урана и титана – в 10, алюминия, йода и кобальта – в 15, ртути – в 50, ванадия, стронция, бериллия, циркония – в сотни раз, галлия и германия – в тысячу раз. Даже зола экологически более чистого топлива – мазута – содержит большое количество веществ наиболее опасных классов.

Мощными загрязнителями окружающей среды становятся золошлаковые отвалы и сточные воды ТЭС. Всего объектами теплоэнергетики в отвалах накоплено 1,2 млрд т золошлаков. Многочисленные золошлакоотвалы являются источниками загрязнения подземных вод [32].

**Экологические проблемы транспорта.** Отмечают следующие воздействия транспортного комплекса на окружающую среду:

- отчуждение площадей территорий под дороги и объекты транспортной инфраструктуры, эрозионные процессы, осушение, рубка лесов, карьерная разработка строительных материалов;
- изъятие природных минеральных, водных, энергетических ресурсов;
- технологическое и транспортное загрязнение окружающей среды (воздуха, воды, почвы, биоты) вредными веществами, шумом, вибрациями, теплотой, электромагнитными и ионизирующими излучениями, источниками которых являются предприятия транспорта и дорожного хозяйства, дороги как линейные сооружения (транспортные потоки).

Известно, что вдоль автотрасс, железных дорог и выходящих на поверхность нефтегазотрубопроводов земля на большой площади загрязняется соединениями свинца, серы, нефтепродуктами и другими веществами. Особенно опасна придорожная полоса шириной до 200 м по обе стороны вдоль наиболее напряженных магистралей. Приземный слой воздуха вблизи автодорог загрязнен пылью, состоящей из частиц асфальта, резины, металла, свинца, и другими веществами, часть которых обладает канцерогенным и мутагенным действиями. В связи с этим категорически запрещается выращивать сельхозпродукцию вдоль дорог, собирать грибы, ягоды, пасти скот, особенно молочный (известны случаи отравления детей молоком коров, пасшихся недалеко от дорог).

Фактором ухудшения качества среды обитания стало шумовое воздействие железнодорожных и шоссейных магистралей, особенно с высокой плотностью движения. Например, вдоль автомагистралей, на которых частота движения составляет несколько тысяч транспортных единиц в час, шумовое давление достигает 80–85 дБ при санитарной норме в 55 дБ.

Неблагоприятное воздействие на людей и другие живые организмы оказывают электромагнитные поля, возникающие вдоль магистральных линий электропередач, особенно высоковольтных. Установлено, что у людей возникает головная боль, возрастает утомляемость, повышается раздражимость, слабеет оперативная память, ухудшается деятельность сердечно-сосудистой системы. Многие птицы и насекомые вблизи таких линий теряют ориентацию в пространстве и гибнут, налетая на провода.

Автомобиль забирает из атмосферного воздуха его самый ценный для живых организмов компонент — кислород, а взамен выбрасывает в него ядо-

витые выхлопные газы и углеводороды (из-за испарения топливных баков). Так, современный автомобиль для сжигания 1 кг бензина расходует 12 м<sup>3</sup> воздуха (~ 2,5 м<sup>3</sup> кислорода). Для сравнения: взрослый человек в сутки потребляет 15,5 м<sup>3</sup> воздуха, в котором содержится около 3 м<sup>3</sup> кислорода.

К вредным и токсичным веществам, образующимся при работе двигателей внутреннего сгорания можно отнести монооксид углерода СО; диоксид углерода, или углекислый газ СО<sub>2</sub>, углеводороды, к числу которых относится крайне токсичный бензопирен С<sub>20</sub>Н<sub>12</sub>; диоксид серы, образующийся при окислении содержащейся в моторном топливе серы; галогениды свинца; оксиды азота, которые образуются при окислении азотсодержащих соединений топлива; твердые частицы: углерод, оксиды металлов, диоксид кремния, асфальты и др. (табл. 6).

Таблица 6

Состав основных примесей в выбросах автотранспорта, кг на тонну топлива

Компонент выбросов	Двигатель	
	Бензиновый	Дизельный
Оксиды:		
углерода	395,0	9,0
азота	20,0	33,0
серы	1,6	6,0
Углеводороды	34,0	20,0
Альдегиды, органические кислоты	1,4	6,0
Твердые частицы, сажа	2,0	16,0

Автомобиль загрязняет атмосферный воздух не только токсичными компонентами отработанных газов, парами топлива, но и продуктами износа шин, тормозных накладок. Кроме того, в городские водоемы и почву попадают топливо и масла, моющие средства и грязная вода после мойки, сажа. Наибольший ущерб здоровью наносят машины, стоящие в непосредственной близости от жилых зданий. Количество выделяемых в окружающую среду вредных веществ зависит от численности и структуры автомобильного парка, а также от технического состояния автомобилей и в первую очередь их двигателей. Так, из-за отсутствия регулировки карбюратора бензинового двигателя внутреннего сгорания выбросы оксида углерода могут возрасти в 4–5 раз. На состав отработанных газов двигателя большое влияние оказывает режим работы автомобиля в городских условиях. Низкая ско-

рость движения и частые ее изменения, многократные торможения и разгоны способствуют повышенному выделению вредных веществ.

**Экологические проблемы черной и цветной металлургии.** Крупным загрязнителем окружающей среды является *черная металлургия*. На ее долю приходится 15 % всех промышленных выбросов в атмосферу и до 10 % промышленных сточных вод. Одним из основных источников загрязнения воздушного бассейна является агломерационное производство: на его долю приходится около трети пыли, выбрасываемой металлургическим комбинатом. Удельный выход пыли на 1 т агломерата составляет 20 кг. В состав пыли входят оксиды железа, алюминия, марганца, кальция, мышьяка. Агломерационное производство дает наибольшую долю выбросов диоксида серы (более 60 %). Основным загрязнителем водоемов является доменное производство, которое сопровождается выработкой твердых отходов – шлаков и шламов. В составе шлаков встречаются до 30 химических элементов.

Особенности воздействия *цветной металлургии* на окружающую среду в первую очередь связаны с используемым в отрасли сырьем. Одна из особенностей руд цветных металлов заключается в том, что они содержат относительно небольшую долю основного металла. Содержание меди в рудах очень редко превышает 5 %, свинца и цинка – 6–7 %, а молибдена – всего 0,1–0,2 %. Балластная, неиспользуемая часть сырья переходит в твердые и газообразные отходы. Тенденция вовлечения в переработку все более бедного природного сырья вызывает увеличение отходов (газообразных, твердых и жидких).

При имеющихся различиях в технологии, выбросах, воздействии на природу и человека можно выделить общие для отрасли проблемы. Предприятия отрасли являются источником поступления в окружающую среду различных канцерогенных веществ, в особенности тяжелых металлов. Все производства выбрасывают в атмосферу диоксид серы, доля которого составляет около 20 % от всех промышленных выбросов. Кроме оксидов кремния, алюминия, кальция, железа, марганца, шлаки могут содержать медь, никель, кобальт, свинец, кадмий, редкие металлы.

Сточные воды цветной металлургии содержат в своем составе грубодисперсные примеси, ионы тяжелых металлов, сульфаты, фториды, хлориды. Вследствие высокой токсичности этих элементов сохранение водных объектов может оказаться под угрозой даже при глубокой очистке сточных вод.

**Экологические проблемы машиностроения.** Машиностроение – сложная и разветвленная отрасль промышленности, включающая в себя не-

сколько сотен различных видов производств. Каждое из них имеет свои технологические особенности и специфику воздействия на окружающую среду. Однако можно выделить несколько общих направлений указанного воздействия. В воздушный бассейн попадает пыль различного химического и гранулометрического состава, сернистый ангидрид, оксид углерода, оксиды азота, сероводород. Кроме того, выбрасываются масляный и сварочный аэрозоли, растворители ароматического ряда (бензол, толуол, ксилол, ацетон), углеводороды эфирного ряда.

При сварке выделяются особенно вредные для человека пары окислов железа и цинка, аэрозоли марганца, кремния, а также фторидов, окислов азота. Применяемые в производстве теплоизоляционные и звукопоглощающие материалы могут быть источником асбестовой пыли. Из гальванических ванн в воздух поступают токсичные испарения, в частности свинцовые. В красочных цехах преобладают испарения органических растворителей лакокрасочных материалов.

Машиностроение вносит существенный вклад в загрязнение водных ресурсов. Отличаются своей токсичностью сточные воды травильных отделений и гальванических цехов. Состав твердых отходов машиностроительных предприятий характеризуется сравнительной однородностью – черные и цветные металлы, шлак, окалина, древесина, пластмасса, бумага, картон. Утилизируются главным образом металлы, централизованно сдаваемые предприятиями вторчермета.

К числу специфических для машиностроения и металлообработки видов загрязнения следует отнести промышленные шумы и вибрации.

Высокотехнологичные отрасли машиностроения также не являются экологически чистыми. В выбросах этих производств имеются незначительные по объему, но разнообразные высокотоксичные вещества. Отходы производства полупроводников и элементной базы для электронно-вычислительной техники содержат тяжелые металлы, соединения кремния, германия, мышьяка.

**Экологические проблемы нефтеперерабатывающей промышленности.** Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) вырабатывают горючие и смазочные материалы, твердые и жидкие смеси парафинов, битумы, электродный кокс, ароматические углеводороды. Основными загрязняющими веществами, которые выбрасывают в атмосферу предприятия нефтепереработки, являются углеводороды, диоксид серы, оксиды углерода и азота. Из специфических элементов можно выделить пентаоксид ванадия, метилмеркаптан, а также фтористые соединения.



Со сточными водами НПЗ в поверхностные воды поступает значительное количество нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, соединений азота, фенолов, солей тяжелых металлов. Большой проблемой нефтеперерабатывающих заводов являются токсичные отходы, состоящие из химически активных газов, образующихся при эксплуатации очистных сооружений, из резервуарных осадков, сернисто-щелочных стоков.

В городах, где расположены НПЗ, отмечается высокий уровень загрязнения почв нефтепродуктами. Влияние прослеживается на расстоянии до 1 км.

**Экологические проблемы химической промышленности.** Химическая промышленность представляет собой сложный производственный комплекс, в составе которого можно выделить следующие отрасли:

а) основная химия, включающая горно-химическую, производство кислот, солей, щелочей, удобрений;

б) промышленность полимерных материалов, в том числе органический синтез.

В настоящее время химические отрасли промышленности производят свыше 500 тыс. различных соединений. Подавляющая часть новых производимых веществ не имеет природных аналогов, многие из них потенциально опасны, особенно с точки зрения генетики. В процессе переработки сырья образуется большое количество побочных продуктов, которые часто накапливаются в виде отходов. Многие из них требуют полного уничтожения в силу своей высокой токсичности (соли тяжелых металлов, цианиды, некоторые органические соединения).

Для производств неорганической химии можно выделить три основных загрязнителя – оксиды серы, азота и взвешенные частицы. Фиксируется около 400 ненормируемых загрязнителей, имеющих широкий диапазон опасных свойств (например, аммиак, хлороводород, фтороводород и др.). Некритериальные загрязнители незначительны по объему, но представляют собой серьезную проблему для очистных сооружений. Предприятия отрасли создают высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв диоксинами и диоксиноподобными веществами.

Основными выбросами производств органической химии являются углеводороды и оксиды углерода. Имеются и токсичные вещества, выбросы которых могут образовываться в небольших количествах, но быть летучими – бензол, стирол, акрилонитрил. Среди потенциально опасных полициклических ароматических соединений можно выделить пирен, бензо[ghi]пе-

рилен, флюорантен и др. Несмотря на то, что химическая промышленность относится к категории особо загрязняющих окружающую среду, именно она вносит и наиболее существенный вклад в решение природоохранных проблем. В отрасли производятся различные реагенты, без которых невозможна очистка газов и сточных вод, подготовка питьевой и технической воды.

**Экологические проблемы добывающей промышленности.** Масштабы добычи полезных ископаемых в мире стремительно нарастают и, как следствие, влекут за собой рост числа шахт, карьеров, рудников, угольных разрезов, нефтяных и газовых скважин, образования отвалов, хранилищ отходов обогащения. Однако из всего объема добываемого минерального сырья используется лишь 5–10 %, остальное же идет в отходы. При этом негативное влияние горнодобывающих производств на окружающую среду значительно и разнообразно. Увеличение технической оснащенности добывающей промышленности сопровождается все более глубоким проникновением в земные недра. Вследствие происходящего воздействия на литосферу меняется облик целых регионов.

Если говорить более предметно, то добывающая промышленность воздействует на природную среду следующим образом:

- а) происходит нарушение земель, образование антропогенных форм рельефа;
- б) изменяется водный баланс территории;
- в) происходит загрязнение атмосферы, связанное со взрывными работами при открытой добыче;
- г) изменяется ландшафт, образуются техногенные ландшафты.

Степень воздействия добывающей промышленности на окружающую среду зависит от способа (открытый или закрытый) и технологии добычи, вида добываемого ресурса, природных условий территорий, где идет добыча.

При добыче, например, открытым способом необходимо постоянно проводить взрывные работы. В результате в атмосферу поднимается колоссальное количество пыли, превышающее предельно допустимую концентрацию (ПДК) в десятки и сотни раз. Это приводит к угнетенному состоянию растительности, а часто и к ее гибели. В процессе добычи руды происходит перемещение большого количества пород, резко меняется рельеф территории. После обработки рудного месторождения остаются огромные карьеры, а рядом с ними вырастают «горы» из отвалов песчаников, известняков и других вынутых пород. Образуется рельеф, созданный человеком.

### 3.3. Особенности загрязнения атмосферного воздуха

Техногенные загрязнения отличаются многообразием видов примесей и многочисленностью источников их выбросов. При этом наиболее устойчивые зоны с повышенным содержанием загрязнений возникают в местах активной жизнедеятельности человека.

В атмосферу примеси поступают в виде газов и паров, твердых и жидких частиц. Газы и пары образуют с воздухом смеси, а твердые и жидкие частицы – аэрозоли (дисперсные системы), которые подразделяются на пыль (с размером твердых частиц более 1 мкм), дым (с размером твердых частиц менее 1 мкм), туман (с размером жидких частиц менее 10 мкм). Аэрозоли – это чаще всего полидисперсные системы, т. е. содержащие частицы разного размера.

В табл. 7 представлена обобщающая информация о загрязнителях, поступающих в атмосферный воздух в результате работы предприятий различных отраслей промышленности.

Таблица 7

Вещества-загрязнители, поступающие в атмосферный воздух  
из разных антропогенных источников

Источник	Аэрозоль	Газообразные выбросы
Котлы и промышленные печи	Зола, сажа	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, альдегиды, бензопирен
Нефтеперерабатывающая промышленность	Пыль, сажа	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, углеводороды, меркаптаны, альдегиды, кетоны, кислоты
Химическая промышленность	Пыль, сажа	H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , CO (в зависимости от процесса), кислоты, щелочи, летучие органические вещества, растворители и т. д.
Металлургия и коксохимия	Пыль, оксиды железа	SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, фтористые и цианистые соединения, органические вещества, бензопирен
Горная промышленность	Пыль, сажа	CO, фтористые соединения, органические вещества (в зависимости от процесса)
Пищевая промышленность	Пыль	H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> , различные органические вещества
Промышленность строительных материалов	Пыль	CO, органические вещества

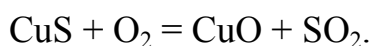
Таким образом, в атмосферу поступают тысячи разнообразных токсичных соединений, ряд которых вызывает следующие глобальные экологические последствия:

- кислотные осадки;
- разрушение озонового слоя;
- парниковый эффект;
- смог.

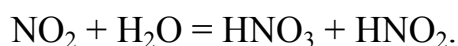
**Кислотные осадки** содержат в своем составе серную и азотную кислоты. Серная кислота образуется в результате взаимодействия сернистого газа с парами воды в воздухе:



Источниками сернистого газа являются в основном теплоэлектростанции и металлургические комбинаты. В первом случае происходит сжигание каменного угля, содержащего серу, при горении которой образуется сернистый газ  $\text{SO}_2$ . На металлургических предприятиях при обжиге серо-содержащей руды также выделяется сернистый газ:

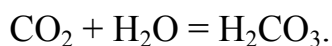


Азотная кислота является результатом взаимодействия диоксида азота ( $\text{NO}_2$ ), образующегося при горении жидкого топлива (бензина, керосина), с парами воды:



Повышение концентрации оксидов азота в атмосферном воздухе является следствием работы любых видов транспорта, использующих жидкие углеводороды.

Показателем кислотности является величина pH, значения которой варьируются от 0 до 14: нейтральная среда характеризуется  $\text{pH} = 7$ , щелочная –  $\text{pH} > 7$ , кислая –  $\text{pH} < 7$ . В действительности среда с  $\text{pH} = 7$  для природных объектов маловероятна в связи с присутствием в воздухе углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), который при растворении в воде дает слабую угольную кислоту:



Вследствие вышеописанного процесса и родниковая, и озерная вода, а также кожные покровы человека имеют среду, чуть подкисленную угольной кислотой с  $\text{pH} = 5,6$ . Именно это значение  $\text{pH}$  соответствует физиологически нейтральной среде.

Однако кислотные осадки характеризуются  $\text{pH} < 5,6$ . Установлено, что максимальная кислотность осадков в Западной Европе соответствовала  $\text{pH} = 2,3$  [16]. В промышленно развитых зонах мира выпадают осадки, кислотность которых превышает нормальную в 10–1000 раз [1, 17].

Кислотные осадки представляют собой экологическое бедствие планетарного масштаба. Закисляется огромное количество пресноводных водоемов (больше всего страдают озера Канады, Швеции, Норвегии, Финляндии), гибнет флора и фауна, развиваются патогенные микроорганизмы, происходит полное разрушение водных экосистем.

Результатом выпадения кислотных осадков является снижение плодородия почв, ведущее к сокращению урожайности сельскохозяйственных культур. Под действием кислотных осадков в почве растворяются соединения тяжелых металлов и алюминия, которые не только усваиваются зелеными растениями и почвенными организмами, но еще и мигрируют в подземные воды, загрязняя их и делая непригодными к употреблению.

Негативное влияние кислотных осадков проявляется в снижении устойчивости лесов к засухам и болезням, прогрессирующей коррозии металлических конструкций, разрушении различных архитектурных сооружений и памятников культуры.

**Парниковый эффект** – явление повышения температуры приземного слоя воздуха в результате накопления в нем парниковых газов (углекислый газ, пары воды, диоксид азота, метан, фреоны и др.).

Парниковые газы препятствуют тепловому (инфракрасному) излучению с поверхности Земли, поэтому атмосферный воздух, насыщенный этими газами, по своему действию можно уподобить крыше теплицы: он пропускает солнечные лучи внутрь, но не выпускает тепло наружу. Чем выше концентрация парниковых газов, тем больше проявляется этот тепличный эффект.

Количество ежегодно сжигаемого органического топлива растет, поэтому в воздухе постоянно увеличивается содержание углекислого газа, основного компонента парниковых газов. Кроме того, в результате сокращения площади лесов и сильного загрязнения Мирового океана углекислый газ не усваивается продуцентами в полной мере, что также способствует его накоплению в атмосфере.

Другим парниковым газом, повышенное содержание которого наблюдается в последние годы в приземном слое воздуха над морями Арктики (Баренцево, Карское, Восточно-Сибирское, Чукотское, Лаптевых), является метан. Главный источник этого газа – таяние полярных льдов. По одной из версий высокая концентрация метана обусловлена более интенсивным его выделением биотой в теплеющем океане. Метан как парниковый газ в десятки раз сильнее углекислого газа.

В атмосферном воздухе большую часть (99,9 %) составляют газы, молекулы которых являются прозрачными для солнечных лучей: азот (78,0 %), кислород (21,0 %), аргон (0,9 %). И лишь менее 0,1 % приходится на долю парниковых газов. Однако даже незначительное нарушение этого баланса может привести к катастрофическим изменениям окружающей среды: таяние ледников и затопление наземных экосистем, заболачивание обширных территорий, изменение режима выпадения осадков, изменение траекторий движения циклонов и антициклонов, гибель многих живых организмов из-за невозможности их адаптации к изменившимся климатическим условиям и т. д.

О решении проблемы парникового эффекта на международном уровне будет сказано ниже, в гл. 7.

**Разрушение озонового слоя.** Озоновый слой (экран) представляет собой подвижный слой атмосферы толщиной 2,5–3,0 мм с высокой плотностью на высоте 20–25 км, предохраняющий живые организмы от вредного влияния ультрафиолетового излучения Солнца. Насыщенность атмосферы озоном постоянно меняется, достигая максимума в приполярной области. В 1985 г. английский ученый Дж. Фармен обнаружил над Антарктидой пространство с пониженным содержанием озона (до 50 %), получившее название озоновой дыры. С тех пор результаты постоянно проводимого экологического мониторинга подтверждают уменьшение озонового слоя практически по всей планете. Установлено, что в районах с пониженным содержанием озона отмечается рост заболеваемости раком кожи.

Как считают ученые, причиной истончения озонового слоя являются выбросы фреонов (хлорфторуглеродов), используемых в качестве хладагентов в холодильниках, рефрижераторах, кондиционерах. Фреоны, обладая высокой летучестью, поднимаются в атмосферу, разлагаются с образованием оксида хлора, взаимодействующего с озоном.

По данным международной экологической организации «Гринпис», главными виновниками загрязнения атмосферы фреонами являются США (30,85 %), Япония (12,42 %), Великобритания (8,62 %), Россия (8 %) [16].

Разрушают озоновый слой не только фреоны. Оксиды азота, содержащиеся в выхлопных газах реактивных самолетов, также вступают в реакцию с озоном, уменьшая таким образом его содержание.

Количество поступающих в атмосферу озоноразрушающих веществ постоянно растет, поэтому все чаще появляются так называемые блуждающие дыры в северных, южных и даже средних широтах.

Проблема защиты озонового экрана включает различные аспекты: от международно-правовых до технических. В 1987 г. в Монреале (Канада) был подписан протокол о 50 %-м сокращении производства фреонов к 1997 г. В России введен жесткий контроль над ввозом и вывозом озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции [13].

Учеными признается важность создания крупномасштабного производства фреонов нового поколения – с коротким циклом существования, способных к саморазрушению в тропосфере, не достигая озонового слоя.

**Смог.** До недавнего времени смог не числился в списке глобальных экологических проблем. Однако процессы урбанизации, интенсификации промышленного производства и энергетики, резкое увеличение количества транспортных средств способствуют ускоренному образованию смога на больших территориях, что позволяет отнести это явление к глобальным последствиям химического загрязнения окружающей среды.

Смогом считается ядовитая смесь дыма, тумана и пыли, образующаяся в безветренную погоду. При этом в зависимости от времени года различают зимний и летний виды смога.

Зимний смог (лондонский тип) возникает в зимнее время в крупных городах с развитой промышленностью. Образованию этого вида смога предшествуют отсутствие ветра и температурная инверсия (повышение температуры воздуха с высотой), что приводит к нарушению циркуляции атмосферного воздуха и невозможности рассеивания скапливающихся в приземном слое загрязняющих веществ: пыли и продуктов сгорания топлива. В результате образуются туманные завесы.

Летний смог (лос-анджелесский, или фотохимический, тип) образуется летом при воздействии солнечных лучей на воздух, насыщенный продуктами сгорания автомобильного топлива и газообразными выбросами

промышленных предприятий – оксидами азота и углеводородами. В результате фотохимических реакций образуются еще более токсичные соединения – фотооксиданты (озон, органические перекиси и др.).

Смог оказывает негативное воздействие не только на организм человека (сильные аллергические реакции, обострение бронхолегочных заболеваний, ухудшение общего состояния и др.), но и на все остальные живые организмы.

Особое место среди компонентов смога занимает пыль, образование которой происходит возрастающими темпами (до 10 % в год). Запыленность атмосферы способствует увеличению облачности. Частицы пыли, оседая на ледниках, снижают их отражательную способность, что негативно влияет на тепловой баланс Земли. Установлено, что запыленность урбанизированных территорий может достигать 400 мкг/м<sup>3</sup> [44]. Длительное вдыхание воздуха, насыщенного пылью, ведет к снижению иммунитета человека, возникновению патологий дыхательной системы. Кроме того, пыль усугубляет негативное воздействие смога.

В настоящее время среди наиболее эффективных способов борьбы со смогом можно выделить лишь сокращение выбросов загрязняющих веществ за счет внедрения малоотходных технологий, эффективных очистных сооружений на предприятиях и уменьшения числа автотранспорта.

### 3.4. Санитарно-защитные зоны

Исходя из Санитарных норм и правил 2.2.1/2.1.1.1200–03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», любые объекты, которые являются источниками выбросов вредных веществ в окружающую природную среду, а также источниками шума, вибрации, ультразвука, электромагнитных волн, радиочастот, статического электричества, необходимо отделять от жилой застройки **санитарно-защитными зонами** (СЗЗ). В связи с этим СЗЗ стали обязательными составными компонентами промышленного предприятия или иного объекта, являющегося источником химического, биологического или физического воздействий на окружающую среду и здоровье человека [24].

Санитарно-защитная зона – это специально выделенная зона между промышленным предприятием и районом проживания населения, обеспечивающая пространство для безопасного рассеивания вредных выбросов. Обязательными условиями для СЗЗ являются ее озеленение и соответствие специальным гигиеническим требованиям. В зависимости от concentra-



ции объектов на данной территории, их мощности, условий эксплуатации, характера и количества выбрасываемых в атмосферу токсических веществ для предприятий, производств и иных объектов установлены следующие минимальные размеры СЗЗ: предприятия 1-го класса опасности – 1000 м; 2-го – 500 м; 3-го – 300 м; 4-го – 100 м; 5-го – 50 м [24].

СЗЗ является полосой, отделяющей промышленное предприятие от селитебной территории. *Селитебная*, или жилая, зона – район населенного пункта, в пределах которого размещены жилые дома и запрещено строительство промышленных, транспортных и иных предприятий, загрязняющих окружающую человека среду.

Санитарно-защитную зону нельзя рассматривать как резервную территорию предприятия и использовать для расширения промышленной площадки. На территории СЗЗ можно размещать объекты с производствами меньшего класса вредности, чем производство, для которого установлена СЗЗ, а также пожарное депо, гаражи, склады, административные здания, магазины, предприятия общественного питания, научно-исследовательские лаборатории, поликлиники, водопроводные и канализационные насосные станции, стоянки для общественного и индивидуального транспорта, линии электропередач, нефте- и газопроводы, объекты технического водоснабжения. На территории СЗЗ нельзя размещать детские учреждения, школы, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения, стадионы и спортивные площадки, жилые здания.

С целью создания благоприятного микроклимата, обогащения воздуха кислородом, эффективного рассеяния вредных веществ территории предприятий и санитарно-защитных зон стараются насадить зелеными растениями. При этом обычно выбирают древесные, кустарниковые, цветочные и газонные растения в зависимости от климатического района, характера производства и эффективности данной породы для очистки воздуха, а также ее устойчивости к вредным газам. Установлено, что наиболее стойкими являются, например, акация белая, атлант высокий, клен ясенелистный (американский). Эффективность озеленения характеризуют следующие данные: хвоя одного гектара елового леса улавливает 32 т пыли, листва букового леса – 68 т. При отсутствии озеленения загрязнение воздуха диоксидом серы, сероводородом и диоксидом азота на расстоянии 500 м от предприятия в 2 раза ниже, чем непосредственно у источника загрязнения, а при наличии озеленения – ниже в 3–4 раза [26].

### 3.5. Загрязнение водных ресурсов

Природные воды могут содержать различные загрязнители, которые делятся на следующие виды:

- **химические** – кислоты, щелочи, поверхностно-активные вещества (ПАВ), фенолы, диоксины, дибензофураны и др. Возможно разделение по типу (органические или неорганические) и воздействию на организмы (токсичные или нетоксичные). Обычно с течением времени подобные загрязнители сорбируются, связываются в нерастворимые безопасные соединения, окисляются и восстанавливаются, но чаще всего полностью ликвидировать все последствия не удастся;

- **биологические** – вирусы, бактерии, чуждые данной экосистеме виды; подобные загрязнения носят временный характер;

- **механические** – твердые взвешенные частицы и более крупные отходы (в этом случае говорят о засорении), песок, глина, ил;

- **физические** – радионуклиды, тепловое загрязнение. Радиоактивное загрязнение крайне опасно из-за больших периодов полураспада радиоактивных частиц и неспособности экосистем к самоочищению от этого типа загрязнений. Тепловое загрязнение возникает из-за сбросов воды, используемой для охлаждения механизмов (атомные электростанции (АЭС), заводы черной и цветной металлургии). Повышение температуры приводит к размножению бактерий и микроорганизмов, изменению газового состава вод, поглощению сероводорода из воздуха. Одновременно происходит «цветение» воды – эвтрофикация, а также бурное развитие микрофлоры и микрофауны, что приводит к развитию других видов загрязнения.

Существуют различные механизмы загрязнения поверхностных вод. Описание основных из них представлено ниже.

1. *Сброс в водоемы неочищенных сточных вод* (коммунальных, промышленных, бытовых и дренажных). При использовании на производстве хлорорганических растворителей образуются диоксины, которые в качестве отходов целлюлозно-бумажных комбинатов, предприятий электронной и радиопромышленности сбрасываются затем в водоемы. Подобные сбросы приводят к гибели населяющих эти водоемы живых организмов. Из жилых и общественных зданий в водоем поступают коммунальные стоки, в них преобладают органические загрязнители и микроорганизмы, которые могут спровоцировать вспышку эпидемии.

2. *Смыв дождями удобрений и ядохимикатов в водоемы.* Удобрения, применяемые в сельском хозяйстве, более чем наполовину смываются осадками

в реки и озера. Входящие в состав удобрений пестициды, нитраты, фосфор, калий, остатки селитры, аммоний, азот полностью уничтожают биоценоз реки.

3. *Осаждение газодымовых выбросов.* Твердые несгоревшие частицы, зола, пыль, аэрозоли осаждаются на водную поверхность и территории водосбросных бассейнов. Такие загрязнения наиболее опасны в индустриально развитых областях, вблизи ТЭС и т. д.

4. *Нефтяное загрязнение.* Аварии нефтеналивных танкеров, нефтепромыслов в прибрежных зонах, на буровых платформах, сбросы балластных вод с судов приводят к загрязнениям, имеющим тяжелые последствия для биосферы. Продукты разложения нефти чрезвычайно токсичны. Кроме того, нефтяная пленка перекрывает доступ света и кислорода в воду, в результате чего гибнут водоросли и планктон, а впоследствии и другие живые организмы пищевой цепи. Также причиняется вред морским птицам: из-за осаждения нефти и нефтепродуктов на перьях они больше не могут плавать и летать.

Качество воды оценивают по ряду показателей, представленных в табл. 8.

Таблица 8

Оценка качества воды

Показатель	Краткая характеристика
1	2
Температура	Зависит от времени года и от температуры тех грунтов, с которыми соприкасается вода
Запах	Характеризуется интенсивностью, измеряемой в баллах. Вызван присутствием в воде летучих пахнущих веществ
Вкус (привкус)	Появляется в связи с ростом концентрации органических и неорганических веществ в воде
Мутность	Препятствует уничтожению микроорганизмов, стимулирует рост бактерий
Цветность	Характеризует интенсивность окраски воды, обусловлена присутствием гумусовых веществ и соединений железа
Наличие взвешенных веществ	Вызвано присутствием в воде глины, песка, частиц силикатных пород
Окисляемость	Обусловлена присутствием в воде органических веществ и легко окисляющихся неорганических соединений. Выражается массой кислорода, потраченного на окисление веществ, содержащихся в 1 л воды
Химическая потребность в кислороде	Дает представление о содержании в воде органических веществ, способных окисляться сильными окислителями (например, дихроматом калия)

1	2
Жесткость	Обусловлена присутствием в воде растворимых солей кальция и магния (гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов)
Реакция среды – pH	Для большинства природных вод pH соответствует среде, близкой к нейтральной (6,8–7,3)
Сухой остаток	Характеризует солесодержание и количество коллоидно-растворимых в воде веществ; определяется выпариванием фильтра
Растворенный кислород	Концентрация кислорода зависит от степени загрязненности воды и температуры

Кроме поверхностных, происходит загрязнение и подземных (грунтовых) вод, проявляющееся в первую очередь в промышленных районах. Источники загрязнения разнообразны: просачивание сточных вод из временных хранилищ и отстойников, прудов-накопителей, по затрубному пространству неисправных скважин, через карстовые воронки. Загрязнение не ограничивается площадью конкретного предприятия или хранилища отходов, а распространяется по течению потока на расстояние 25–30 км от источника загрязнения. Это создает опасность для питьевого водоснабжения расположенных рядом населенных пунктов. Необходимо отметить тот факт, что загрязнение грунтовых вод негативным образом сказывается на состоянии всех компонентов биосферы.

### 3.6. Загрязнение почвы

Почва, верхний слой земной коры, представляет собой биокосную систему, основанную на динамическом взаимодействии между минеральными веществами, детритом, редуцентами и почвенными организмами.

В процессе развития и формирования почвы проходят несколько этапов. Молодые почвы – это результат выветривания материнских горных пород или переноса отложения осадков (аллювия). На этих субстратах поселяются микроорганизмы, лишайники, травы, мхи и т. д. На следующих этапах развития биоценоз почвенной экосистемы усложняется, зарождаются различные взаимодействия между минеральными веществами и живыми организмами. В результате формируется зрелая почва, свойства которой зависят от состава материнской породы и климата.

Можно выделить следующие функции почвы в биосфере:

- источник информации о геохимических процессах в литосфере прошлого и настоящего;
- аккумулятор энергии: в почве происходят процессы гумусообразования и биогенной аккумуляции;
- гарант устойчивого функционирования биогеоценозов;
- своеобразный протектор, который связывает загрязнение и переводит загрязняющие вещества в безопасное состояние;
- фильтр, регулирующий состав природных вод.

Почву можно уподобить живому организму, внутри которого постоянно и одновременно протекают химические, физические и биологические процессы.

Минеральный состав почв складывается в основном из кварца ( $\text{SiO}_2$ ) и алюмосиликатов – оксидов алюминия и кремния ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) в различных соотношениях. В зависимости от размеров частиц различают песчаные, суглинистые и глинистые почвы. От механического состава почв зависит интенсивность переноса и накопления в почве органических и минеральных веществ.

Органический компонент почв представлен гумусовыми веществами, образующимися в результате разложения детрита. Питаясь, почвенные организмы оставляют после себя некоторое количество неусвоенных отходов. Гумус – это остаток органического вещества после потребления детрита. Плодородие почв определяется содержанием в них гумуса.

Различают следующие виды антропогенного воздействия на почвы:

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

**Эрозия почв** – разрушение и снос верхних, наиболее плодородных горизонтов и подстилающих пород ветром (ветровая эрозия) или потоками воды (водная эрозия).

*Ветровая эрозия* представляет собой выдувание, перенос и отложение мельчайших почвенных частиц ветром и происходит в засушливых зонах, на почвах, содержащих множество пылевидных частиц и лишенных растительности.

Под *водной эрозией* понимают разрушение почв под действием временных водных потоков. Например, при *плоскостной* водной эрозии происходит смыв поверхностного слоя почвы талыми водами и дождями в более низкие места. *Струйчатая* эрозия развивается при дружном таянии снега весной и под влиянием сильных ливней на склонах, лишенных растительности. *Селевые потоки и оползни* – формы водной эрозии, протекающей в горах. *Овражная* эрозия развивается на склонах, лишенных древесной растительности.

К эрозионным процессам относят также *промышленную* эрозию (разрушение сельскохозяйственных земель при строительстве и разработке карьеров), *военную* эрозию (воронки, траншеи) и др. При этом потери почвы не компенсируются естественными почвообразовательными процессами, почва утрачивает плодородие. Образование плодородного гумусового горизонта мощностью 20–25 см происходит в течение нескольких тысячелетий, а для его разрушения при ускоренной эрозии требуется от 10 до 30 лет.

Усиление природного засоления почв в процессе хозяйственной деятельности человека носит название ***вторичного засоления*** и развивается при неумеренном поливе орошаемых земель в засушливых районах.

***Заболачивание*** почв наблюдается в сильно переувлажненных районах (Западно-Сибирская низменность, зона вечной мерзлоты). Заболачивание ухудшает агрономические свойства почв и снижает производительность лесов.

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

Почвенный покров агроэкосистем необратимо нарушается при ***отчуждении земель*** для нужд несельскохозяйственного пользования: строительства промышленных объектов, городов, прокладки дорог и т. д.

Главные источники ***загрязнения*** почвы – это промышленные предприятия, теплоэнергетика, сельское хозяйство и транспорт.

Среди основных загрязнителей почвы можно назвать следующие:

- мусор, отходы и выбросы производства;
- засоление, которое происходит при бессистемном поливе растений, отсутствии дренажа с накоплением солей в орошаемых почвах;
- токсичные тяжелые металлы, обладающие способностью к аккумуляции в живых организмах;
- радиоактивные вещества ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{131}\text{I}$  и др.);

- пестициды, которые используются для борьбы с вредителями в сельском хозяйстве;

- минеральные и органические удобрения;

- нефть и нефтепродукты.

Химический состав почвы оказывает влияние на состояние здоровья человека через воду, растения и животных. Недостаток или избыток некоторых элементов в почве может привести к эндемическим заболеваниям. Например, эндемический зоб – заболевание, развивающееся при недостатке йода в почве; недостаток фтора способствует развитию кариеса, а его избыток – развитию флюороза, заболевания костной системы.

Высокие концентрации в почве различных химических соединений (экоотоксикантов) пагубно влияют на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов. При этом теряется способность почвы к самоочищению от патогенных микроорганизмов, что чревато тяжелыми последствиями для человека, растительного и животного мира. Например, в сильно загрязненных почвах возбудители тифа могут сохраняться до полутора лет, а в незагрязненных – в течение двух-трех суток.

Большую опасность для почв представляют избыточные концентрации растворимых в воде солей. По степени вредности их располагают в следующем порядке:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaCl}_2 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4$ . Содержание  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (даже 0,005 об. %) вызывает гибель растений в засоленной почве. В кислых заболоченных и торфяно-болотных почвах вредным для растений является избыточное содержание водорастворимых соединений железа (II), марганца, алюминия. Анализ водных вытяжек при выявлении причины засоления почв дополняют анализом грунтовых вод. В табл. 9 дана классификация почв по содержанию токсичных солей.

Таблица 9

Классификация почв по их засолению

Степень засоления	Тип засоления, мас. %			
	Хлоридный	Сульфатно-хлоридный	Содово-хлоридный	Содово-сульфатный
Незасоленные	0,03	0,05	0,10	0,15
Слабозасоленные	0,10–0,30	0,05–0,12	0,10–0,15	0,15–0,20
Среднезасоленные	0,10–0,30	0,12–0,35	0,15–0,30	0,25–0,35
Сильнозасоленные	0,30–0,60	0,35–0,70	0,30–0,50	0,35–0,60
Очень сильно засоленные	0,60	0,70	0,50	0,60

Практически все из вышеперечисленных солей ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и т. д.) могут встречаться в почвах на обочинах дорог в результате применения противогололедных средств ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ) либо оседания пыли, содержащей не только продукты сгорания бензина, но и продукты амортизации самих машин и дорог.

Можно отметить несколько негативных тенденций, характеризующих изменения земельных ресурсов. Первая – уменьшение сельскохозяйственных площадей в связи с развитием транспортной сети, расширением городских ландшафтов, развитием некоторых производств, опустыниванием, засолением, заболачиванием и т. д. Следующая тенденция – сокращение лесохозяйственных площадей из-за процессов урбанизации. Еще одна тенденция – нарушение структуры и свойств земель вследствие развития городских хозяйств, возрастающего загрязнения, увеличения свалок и промышленных захоронений.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

1. Дайте определение природных ресурсов.
2. Перечислите основные типы классификации природных ресурсов.
3. Назовите виды природных ресурсов согласно классификации по источникам и местоположению.
4. Назовите виды природных ресурсов согласно классификации по принципу исчерпаемости и возобновимости. В чем условность такой классификации?
5. Опишите экологические проблемы теплоэнергетики.
6. Какие токсичные вещества образуются при работе двигателей внутреннего сгорания?
7. Перечислите факторы негативного воздействия транспорта на окружающую среду.
8. Каковы особенности негативного воздействия металлургической промышленности на окружающую среду?
9. Каковы последствия работы предприятий добывающей промышленности для окружающей природной среды?
10. Что такое санитарно-защитная зона? Каковы ее размеры для предприятий разных классов опасности?



11. В чем состоит сущность парникового эффекта?
12. Как возникают кислотные осадки? Какое воздействие они оказывают на экосистемы?
13. Почему происходит разрушение озонового экрана? Как решается эта проблема?
14. Перечислите виды загрязнения природных вод.
15. Каковы функции почвы в биосфере? Перечислите виды антропогенного воздействия на почвы.
16. Почему при попадании в почву экотоксикантов теряется ее способность к самоочищению?

## Глава 4. МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 4.1. Экологические принципы рационального природопользования и охраны окружающей среды

В 1974 г. американский ученый-эколог и общественный деятель Б. Коммонер в работе «Замыкающийся круг» изложил четыре глобальных закона социальной экологии, сформулированных в форме афоризмов [27]. Эти законы легли в основу рационального природопользования.

Первый закон – *«Все связано со всем»* – утверждает, что воздействие на любую природную экосистему способно вызвать трудно прогнозируемые и негативные последствия (например, осушение болот способствует обмелению рек). Этот закон тождествен принципу единства Вселенной, утверждающему существование сложной системы взаимосвязей между обществом и природой. Воздействие на один компонент природной экосистемы неизбежно вызывает изменение других ее элементов, что зачастую приобретает характер цепной реакции и приводит к необратимому нарушению экологического равновесия.

Второй закон – *«Все должно куда-то деваться»* – содержит положение о том, что человек живет в замкнутом пространстве биосферы, поэтому все, что берется от природы для создания продуктов, явлений, процессов, ей же и возвращается. В сущности, этот закон является разъяснением фундаментального закона сохранения материи: вещества, извлекаемые из недр Земли, превращаются в другие соединения и материалы, а затем возвращаются в окружающую среду в качестве отходов. В результате того, что накапливается огромное количество отходов, происходит глобальное загрязнение биосферы.

Третий закон – *«Природа знает лучше»* – указывает на связь знаний человека о природе и антропогенного воздействия на нее. В процессе длительной эволюции биосферы, сопровождавшейся жестким естественным отбором, существующие на данном этапе развития организмы и их сообщества представляют собой оптимальные системы, требующие улучшений.

Человек должен знать, что любое необдуманное вмешательство в природные процессы и системы приведет к их ухудшению. Следовательно, человек должен стремиться к изучению природных экосистем, живых организмов и их взаимосвязей между собой и с окружающей средой. Человек должен осознать себя как одного из множества биологических видов и научиться объективно оценивать последствия своей деятельности в биосфере.

Четвертый закон – «*Ничто не дается даром*» – говорит о том, что экологические системы на Земле представляют собой неделимое целое и все, что человек извлекает из них, должно быть компенсировано. Следовательно, потребление природных ресурсов не может быть безграничным.

Законы Б. Коммонера основаны на всеобщей связи явлений и процессов в природе. Развитие любой природной системы возможно лишь за счет использования материальных, энергетических и информационных ресурсов окружающей ее среды.

Согласно определению Ю. Н. Куражковского, *природопользование* – это регулирование всех типов использования природных ресурсов для хозяйства и охраны [36]. Н. Ф. Реймерс определял *природопользование* как совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению. Под *рациональным природопользованием* он понимал систему деятельности, призванную обеспечить экономную эксплуатацию природных ресурсов и наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей. Нерациональное природопользование не обеспечивает сохранение природно-ресурсного потенциала, ведет к ухудшению качества природной среды, сопровождается нарушением экологического равновесия, истощением и разрушением природных экосистем [35].

***Рациональное природопользование*** – это комплексное, научно обоснованное использование природных богатств, при котором достигается максимально возможное сохранение природно-ресурсного потенциала при минимальном нарушении способности экосистем к самовосстановлению. Цели рационального природопользования заключаются в следующем:

- соответствие антропогенной нагрузки естественному ресурсному потенциалу региона;
- предотвращение, снижение и ликвидация возможных вредных последствий антропогенного воздействия на природную среду;

- изучение законов природы и ее компонентов в их взаимодействии;
- прогнозирование изменений природы под влиянием деятельности человека;
- регуляция воспроизводства человека и дальнейшее улучшение существования человеческого общества.

Очевидно, что нерациональное природопользование в конечном счете ведет к экологическому кризису и даже к экологической катастрофе, в то время как экологически сбалансированное (рациональное) природопользование создает предпосылки для выхода из кризисной ситуации.

**Охрана окружающей среды** – это новая форма взаимодействия человека и природы, появившаяся в современных условиях прагматичного отношения к природе и ее богатствам. Она представляет собой систему государственных и общественных мер (технологических, экономических, административно-правовых, политических и др.), направленных на гармоничное взаимодействие общества и природы, сохранение и воспроизводство природных ресурсов и экосистем для будущих поколений.

Охрана окружающей среды тесно связана с природопользованием и базируется на принципах, отраженных в Законе Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (2002 г.) [41]:

- соблюдение прав человека на благоприятную окружающую среду;
- охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов;
- приоритет охраны жизни и здоровья человека, сохранения природных экосистем;
- презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной деятельности человека;
- платность природопользования и возмещение вреда окружающей природной среде и здоровью человека;
- участие граждан в принятии решений, касающихся их прав на благоприятную окружающую среду;
- научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов;
- международное сотрудничество Российской Федерации в области охраны окружающей среды.

В работе «Охрана окружающей среды и рациональное природопользование» авторы сформулировали следующие *правила рационального природопользования и охраны природы* [11]:

- прогнозирование (предвидение и максимально возможное предотвращение негативных последствий природопользования);
- повышение интенсивности освоения природных ресурсов;
- множественное значение объектов и явлений природы (с учетом интересов разных отраслей хозяйства);
- комплексность (использование природных ресурсов разными отраслями народного хозяйства);
- региональность (учет местных условий);
- косвенное использование и охрана (использование или охрана одного объекта природы может приводить к косвенной охране другого, а может наносить ему вред);
- единство использования и охраны природы (охрана природы должна осуществляться в процессе ее использования);
- приоритет охраны природы над ее использованием (приоритет экологической безопасности над экономической выгодой).

Выход из экологического кризиса, в основе которого лежит рациональное природопользование, предполагает пять направлений деятельности:

- 1) совершенствование технологий (создание экологически чистых технологий, внедрение малоотходных и ресурсосберегающих технологий);
- 2) развитие и совершенствование экономического механизма охраны окружающей среды;
- 3) административно-правовой подход к природопользованию;
- 4) эколого-просветительское – формирование экоцентрического экологического сознания;
- 5) международно-правовое – гармонизация международных отношений в области охраны окружающей среды.

## **4.2. Методы защиты биосферы**

**Охрана земли.** Почва – важнейший природный ресурс. Среди основных мероприятий по охране почв можно отметить следующие [37]:

- защита почв от эрозии: агротехнические мероприятия, снегозадержание, лесомелиорация, гидротехнические сооружения, создание ветроустойчивого поверхностного слоя;

- охрана почв от засоления и заболачивания: дренаж территории, создание лесополос по каналам, гипсование, трехъярусная вспашка;
- защита почв от загрязнения: установка очистных сооружений, разумное использование химикатов при обработке почв;
- закрепление и освоение почв;
- рекультивация земель – процесс восстановления разрушенных земель.

**Утилизация твердых отходов.** Согласно определению Н. Ф. Реймерса, отходы – это непригодные для производства данной продукции виды сырья, неупотребимые остатки материалов, полуфабрикатов или вещества и энергия [35].

**Свойства отходов.** По агрегатному состоянию отходы подразделяются на твердые, жидкие, газообразные. По источнику образования отходы можно классифицировать как промышленные и бытовые.

**Промышленные отходы** (отходы производства) – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции и полностью или частично утратившие свои потребительские свойства. К твердым промышленным отходам зачастую относят также медицинские, горные, сельскохозяйственные отходы.

**Бытовые (коммунальные) отходы** – твердые материалы, не утилизируемые в быту, образующиеся в результате амортизации предметов быта и самой жизни людей. Твердые бытовые отходы (ТБО) можно подразделить на домашние, коммерческие, учрежденческие и другие городские отходы.

По степени воздействия на окружающую среду все отходы подразделяются на пять классов опасности (табл. 10).

Таблица 10

Классификация отходов

Степень вредного воздействия опасных отходов на окружающую среду	Критерий отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей среды	Класс опасности отходов	Пример
1	2	3	4
Очень высокая	Экологическая система необратимо разрушена. Период восстановления отсутствует	I класс (чрезвычайно опасные)	Ртутьсодержащие лампы, фенолы

Окончание табл. 10

1	2	3	4
Высокая	Экосистема сильно разрушена. Период восстановления – не менее 30 лет после полного устранения источника воздействия	II класс (высокоопасные)	Нефтеотходы, отходы химических производств
Средняя	Экосистема нарушена. Период восстановления – не менее 10 лет после снижения вредного воздействия источника	III класс (умеренно опасные)	Масла и нефтеотходы, лаки, краски, эмали
Низкая	Экосистема нарушена. Период восстановления – не менее 3 лет	IV класс (малоопасные)	Осадки и шламы, аккумуляторы, котельные шлаки
Очень низкая	Экосистема практически не нарушена	V класс (практически неопасные)	Лом металлов, строительные отходы, бумага, стекло и др.

Определить токсичность отходов значительно сложнее, чем воздуха или воды, поскольку отходы воздействуют на живые организмы опосредованно, через почву. Основным параметром, определяющим вредность того или иного химического соединения в почве, является его предельно допустимая концентрация в почве (ПДК<sub>п</sub>) – максимальное количество данного вещества в миллиграммах на килограмм пахотного слоя сухой почвы, которое гарантирует отсутствие прямого или опосредованного негативного воздействия на организм человека, его потомство и санитарные условия жизни населения. При обосновании ПДК<sub>п</sub> учитываются шесть лимитирующих показателей вредности: органолептический (запах, привкус, пищевая ценность, фитотест растений и т. д.), общесанитарный (влияние на самоочищение почвы), фитоаккумуляционный (накопление вещества в растениях), водно-миграционный, воздушно-миграционный, санитарно-токсикологический.

Значения ПДК<sub>п</sub> некоторых веществ с соответствующими лимитирующими признаками приведены в табл. 11.

Таблица 11

Значения ПДК<sub>п</sub> токсичных соединений в почве

Вещество	ПДК <sub>п</sub> , мг/кг	Лимитирующий признак
Бензопирен	0,02	Общесанитарный
Свинец	32,00	Общесанитарный
Хром шестивалентный	0,60	Общесанитарный
Кадмий	5,00	Общесанитарный
Ртуть	2,10	Фитоаккумуляционный
Мышьяк	2,00	Фитоаккумуляционный
Хлорофос	0,30	Фитоаккумуляционный
Карбофос	2,00	Фитоаккумуляционный
Бензин	0,10	Воздушно-миграционный

Токсичность отходов оценивается не только по значению ПДК<sub>п</sub>, но и по их растворимости в воде. Чем выше концентрация токсичного соединения в отходах  $C_i$  и чем выше его растворимость  $S_i$ , тем опаснее отходы. Для интегральной оценки опасности отходов нужно знать индексы токсичности  $K_{T_i}$  составляющих данные отходы веществ (мг/кг):

$$K_{T_i} = \frac{\text{ПДК}_{\text{П}_i}}{C_i + S_i}. \quad (3)$$

Чем меньше  $K_{T_i}$ , тем опаснее вещество. Отходы – многокомпонентные системы, содержащие не одно токсичное соединение. В связи с этим выбирают три наиболее токсичных соединения, содержащихся в отходах, и рассчитывают индекс токсичности  $K_a$  как среднеарифметическое индивидуальных индексов. Например, к чрезвычайно опасным относятся отходы с индексом токсичности менее 2 мг/кг; к высокоопасным – отходы, для которых  $K_a$  составляет 2,1–16,0 мг/кг; умеренно опасные отходы характеризуются индексом токсичности от 16,1 до 30,0 мг/кг [44].

При выборе способа утилизации отходов важно знать некоторые их характеристики: химический состав, влажность, теплотворную способность, плотность, растворимость и т. д. В зависимости от фракционного состава эти свойства меняются в очень широком диапазоне.



Важнейшим свойством отходов является плотность. Низкая плотность ограничивает возможности транспортировки твердых отходов и определяет стоимость сбора и перевозки. Например, приблизительная плотность отходов гостиниц составляет  $170 \text{ кг/м}^3$ , жилых домов –  $200 \div 300 \text{ кг/м}^3$ , рынков – до  $500 \text{ кг/м}^3$ . Среднегодовые значения плотности твердых бытовых отходов для городов составляют  $190 \div 230 \text{ кг/м}^3$  [7].

Для эффективной утилизации отходов необходимо также знать, как давление сжатия отходов влияет на величину их плотности (т. е. на степень уплотнения). Это компрессионная характеристика твердых отходов, которая зависит от их состава, влажности и абсолютной величины давления сжатия. Чем больше начальная плотность отходов (из-за влажности или состава), тем меньше возможная степень их уплотнения. Кроме того, уплотненные отходы после снятия давления стремятся восстановить свой объем, а степень восстановления будет также зависеть от состава и свойств ТБО. Свойства отходов, определяющие компрессионные характеристики (самоуплотнение и т. п.), вызваны механической связностью за счет волокнистых фракций (текстиль, бумага) и сцеплением за счет влажных липких компонентов. Именно эта связность способствует (вместе с гравитационными силами) самоуплотнению ТБО в состоянии покоя.

**Размещение отходов.** Твердые отходы чаще всего размещаются на поверхности земли на санкционированных и несанкционированных свалках или полигонах. *Санкционированные свалки* – это разрешенные органами исполнительной власти на местах территории для размещения твердых промышленных и бытовых отходов в соответствии с нормативными требованиями и эксплуатируемые с отклонениями от требований санитарно-эпидемиологического надзора. Они являются временными и разрешаются до окончания строительства полигонов или заводов для утилизации отходов. Временные шламохранилища (отвалы для твердых промышленных отходов) также относятся к свалкам. По санитарной классификации свалки являются объектами I класса опасности и имеют санитарно-защитную зону не менее 1 км, в пределах которой не допускается жилищное строительство, размещение спортивных сооружений, парков, детских дошкольных учреждений, школ, предприятий пищевой промышленности и т. д.

*Полигон* – природоохранное сооружение для централизованного сбора и обезвреживания отходов, обеспечивающее защиту от загрязнения ат-

мосферы, почв, поверхностных и грунтовых вод, препятствующее распространению патогенных микроорганизмов. Полигоны для токсичных промышленных отходов I и II классов опасности имеют такие же санитарные ограничения и такой же размер СЗЗ, как и свалки.

К основным особенностям полигонов относятся уплотнение отходов, позволяющее увеличить нагрузку на единицу площади, послойное укрытие отходов, меры по предотвращению проникновения сточных вод полигонов в почву и подземные воды, сбор биогаза (при необходимости).

Работы на полигонах полностью механизированы; после их закрытия производится рекультивация участка.

При выборе участка под полигон важны такие показатели, как характер грунтов и расположение грунтовых вод. Лучшими для основания полигонов являются глины и тяжелые суглинки. Грунтовые воды должны залегать на достаточной глубине, выходы подземных вод в виде родников и ключей должны отсутствовать. Необходим учет и природных особенностей выбранной местности: доминирующие ветры, количество осадков, температурный режим, глубина промерзания грунта.

Для уменьшения проникновения влаги на полигон предпринимаются следующие меры:

- выбор участка с минимумом поверхностных и грунтовых вод;
- уклон укрытия для стока дождевых вод;
- озеленение законченной засыпки участка;
- влагонепроницаемость покрытия;
- уплотнение отходов для уменьшения выщелачивания;
- дренаж грунтовых и поверхностных вод.

При разложении отходов за счет аэробных процессов образуются газы, прежде всего диоксид углерода, и повышается температура разлагающихся отходов. После исчерпания запасов свободного кислорода начинаются анаэробные процессы разложения, сопровождающиеся выделением метана, оксида углерода и диоксида углерода. В зависимости от состава отходов при анаэробном разложении могут выделяться сероводород и аммиак. На отработанных участках крупных полигонов экономически оправдано применение системы газосбора только при вместимости не менее 1 млн т ТБО, когда максимальная часовая выработка газа на 2–3-й год после изоляции составит  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  [7, с. 279].

После закрытия полигона участок рекультивируют для дальнейшего использования путем изоляции грунтом. Последующая эксплуатация участка может быть разрешена не ранее, чем через год.

Срок службы полигона может быть увеличен измельчением либо прессованием (брикетированием) отходов до их захоронения. Совместное применение этих методов – наиболее оптимальный вариант, так как измельчение улучшает качество брикетов. *Измельчение* достигается рубкой или растиранием, при этом объем отходов уменьшатся на 50 %, облегчается их складирование, снижается пожароопасность. Перед измельчением отходы обычно сортируют. Измельчение проводят молотковыми дробилками ударного типа или мельницами с размалывающими колесами или шарами.

*Брикетирование* отходов представляет собой прессование их в крупные блоки, которые затем складываются, сжигаются или используются при строительстве. Метод брикетирования обладает рядом преимуществ:

- увеличивается срок службы полигона в 2–3 раза;
- облегчается эксплуатация (брикеты складываются, как кирпичи);
- исключается ветровой разнос мусора;
- не привлекаются мухи, птицы, грызуны;
- возрастает пожарная безопасность;
- отсутствует просачивание воды внутрь брикетов;
- выделение газов пренебрежимо мало.

Отходы прессуются в брикеты на специальных площадках – перегрузочных станциях. После прессования брикеты перевозятся к полигонам большегрузными машинами.

***Промышленные методы утилизации отходов.*** Наибольшее распространение получили следующие методы утилизации: компостирование с целью получения азотных удобрений и биотоплива; сжигание на мусоросжигательных заводах; ферментация (получение биогаза); предварительная сортировка, утилизация и реутилизация ценных веществ из отходов; пиролиз ТБО – высокотемпературный нагрев (около 1700 °С) без доступа воздуха.

1. *Компостирование ТБО.* На мусоросжигательных заводах осуществляется промышленная переработка твердых бытовых отходов в компост – органическое удобрение, образующееся при разложении растительных и животных остатков микроорганизмами. Для его приготовления используют навоз, помет птиц в смеси с торфом, городской мусор, опавшие листья де-

ревьев, солому и др. В процессе компостирования в органической массе повышается содержание легкоусвояемых растениями соединений фосфора и азота, обезвреживается патогенная микрофлора, уменьшается содержание целлюлозы и пектина. Удобрения становятся сыпучими, что облегчает внесение их в почву.

В специальных компостных установках процесс разложения контролируется: создается температура до 70 °С, обеспечивающая уничтожение микробов, спор и семян сорных растений.

Если отходы содержат большие количества тяжелых металлов, это создает опасность загрязнения компоста, поэтому осуществляют предварительную очистку отходов от тяжелых металлов.

2. *Сжигание твердых отходов.* Термические методы обезвреживания твердых отходов представлены *огневым* способом (собственно сжиганием) с образованием газообразных соединений и золы и *термодеструкцией* (пиролизом) с получением твердых, жидких, газообразных продуктов.

В зависимости от состава и степени подготовки твердых отходов сжигание осуществляется следующими способами:

- слоевое сжигание неподготовленных отходов в мусоросжигательных котлоагрегатах;
- слоевое или камерное сжигание подготовленных отходов;
- сжигание в кипящем слое для ликвидации промышленных отходов.

*Слоеое сжигание* в топке мусоросжигательного котла приводит к образованию летучих продуктов; увеличение температуры способствует газификации отходов и образованию горящего кокса. Температура сжигания – 800 ÷ 1000 °С.

Сжигание твердых отходов в печах является неэкологичным способом их утилизации, поскольку при этом загрязняется атмосферный воздух и теряется образующаяся тепловая энергия. При сжигании многокомпонентного мусора образуются суперэкоотоксиканты: диоксины, фосген, синильная кислота, а также золы и шлаки неизвестного состава с непредсказуемыми свойствами. Высокотемпературный способ обезвреживания отходов может быть использован только в случае очистки отходящих газов и утилизации тепла. На мусоросжигательных заводах, где установлены паровые или водогрейные котлы со специальными топками, происходит дожигание отходящих газов при температуре не менее 1000 °С, так как при

низких температурах возможен синтез диоксинов. Диоксины – вещества класса полихлорированных полициклических соединений, являющиеся канцерогенами, мутагенами и тератогенами.

В 1995 г. Правительством РФ была принята специальная долгосрочная программа «Защита окружающей природной среды от диоксинов и диоксиноподобных токсикантов», предусматривающая мероприятия по контрольному мониторингу и предложения по предотвращению загрязнения окружающей среды диоксинами. Согласно Программе, следует избегать применения хлорсодержащих материалов в быту, сжигания несортированного мусора, горения уличных свалок и опавших листьев. Именно из-за диоксиновой опасности в Европе и США были закрыты многие мусоросжигательные заводы, а на оставшихся введена многоступенчатая система очистки.

*Сжигание в псевдооживленном слое* заключается в подаче горючих газов (воздуха) через слой инертного материала (например, песка), поддерживаемого колосниковой решеткой. При критической скорости потока газа инертный слой переходит во взвешенное состояние, напоминающее кипящую жидкость. Поступившие в реактор отходы интенсивно перемешиваются с инертным слоем. Температура в реакторе составляет  $800 \div 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  в зависимости от материала инертного слоя, так как процессы в псевдооживленном слое проводят при температурах, не приводящих к расплавлению или спеканию реагирующих материалов. Данный метод обладает рядом преимуществ по сравнению со слоевым сжиганием: интенсивное перемешивание твердой фазы, небольшое гидравлическое сопротивление слоя, отсутствие движущихся и вращающихся частей, возможность автоматизации процесса обезвреживания, возможность сжигания отходов с повышенной влажностью.

Для обезвреживания подготовленных отходов, т. е. отходов, прошедших сортировку и измельчение, используется метод пиролиза.

*Пиролиз* – термохимический процесс, при котором разложение органической части отходов и получение полезных продуктов происходит при высоких температурах в специальных реакторах.

*Окислительный пиролиз* – процесс термического разложения отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Газообразные продукты разложения отходов смешиваются с продуктами сгорания топлива или части отходов, затем смесь газов сжигают в обычных топочных устройствах. В результате окислительного

пиролиза образуется твердый углеродсодержащий остаток – кокс, который затем можно использовать в качестве твердого топлива. Температура процесса –  $600 \div 900$  °С. При сжигании газов пиролиза дымовые газы в меньшей степени загрязнены летучей золой и сажей, чем при прямом сжигании отходов, что позволяет упростить систему очистки. Например, при пиролизе токсичный шестивалентный хром превращается в малотоксичный трехвалентный.

*Сухой пиролиз* – процесс термического разложения отходов, твердого или жидкого топлива без доступа кислорода. В результате сухого пиролиза образуются пиролизный газ с высокой теплотой сгорания, жидкие продукты (деготь, нерастворимые масла, органические соединения) и твердый углеродсодержащий остаток (пирокарбон).

Пиролиз позволяет обезвреживать твердые и пастообразные отходы без их предварительной подготовки, отходы с повышенной влажностью, отходы, содержащие различные углеводородные и полимерные материалы, например, автомобильные шины. При сухом пиролизе возможно получение горючего газа, который может использоваться как топливо.

**3. Переработка ТБО.** Организация двухступенчатой системы сбора и переработки отходов предполагает транспортировку отходов не на свалки, а на мусороперерабатывающие заводы (МПЗ) в черте города, где отходы сортируют, измельчают, уплотняют, прессуют, извлекают из них полезные материалы, а остатки направляют на свалки.

Из поступивших на МПЗ твердых промышленных и бытовых отходов выделяется металл (магнитная сортировка), затем отходы измельчаются и поступают на компостирование. После увлажнения субстрата (до 45–60 %) из него выделяются цветные металлы, стекло, песок, камни и другие некомпостируемые материалы. Часть из них (остатки пластика, резины) смешивается с такими же промышленными материалами и подвергается пиролизу с получением горючего газа и пирокарбона или вывозится на полигоны.

Мусороперерабатывающие заводы мощностью более 40 тыс. т/год, как и мусоросжигательные заводы, отнесены к предприятиям I класса опасности с санитарно-защитной зоной не менее 1000 м; МПЗ мощностью до 40 тыс. т/год – ко II классу опасности с СЗЗ 500 м; предприятия по компостированию отнесены к III классу опасности с СЗЗ 300 м.

**Защита воздушной среды.** Основные источники загрязнения воздушной среды – промышленность и автотранспорт. Решение проблемы по-

лучения чистого воздуха, по мнению авторов, заключается в создании очистных сооружений и переходе к технологиям, менее чувствительным для окружающей среды (например, замена традиционного топлива в автомобилях на другое, менее токсичное).

К мероприятиям, направленным на предотвращение и предупреждение загрязнения воздуха, относятся совершенствование существующих и внедрение новых технологий, улучшение состава топлива, рациональное размещение источников вредных выбросов [37].

В настоящее время существуют различные системы очистки газов от вредных примесей (рис. 3).

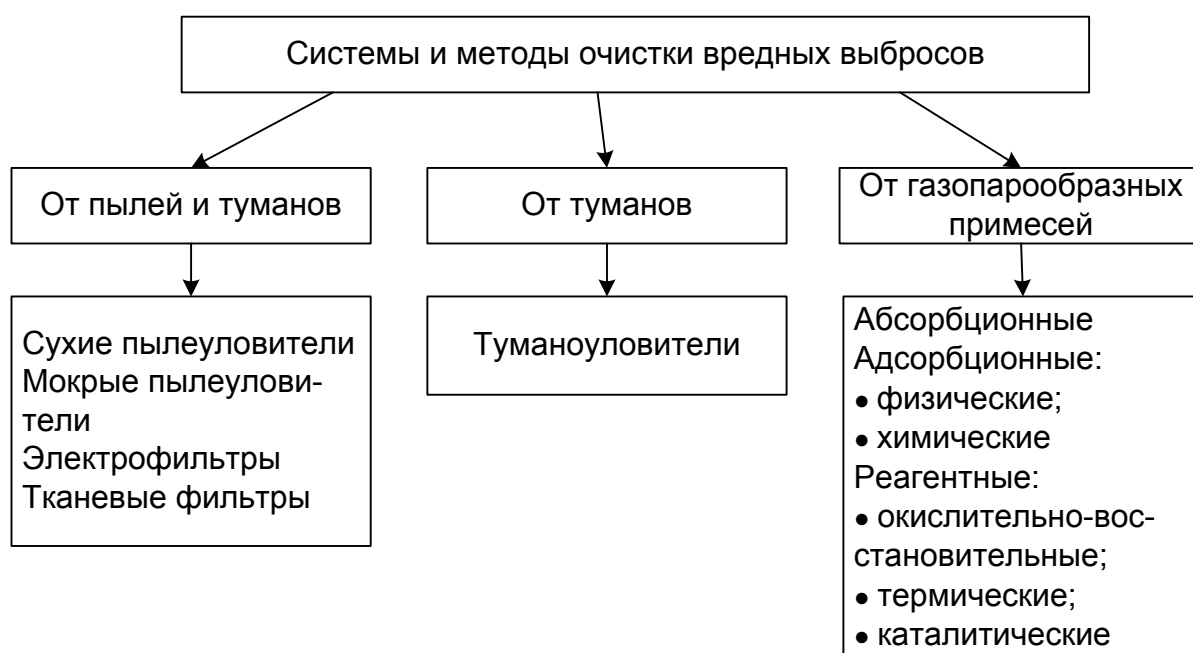


Рис. 3. Системы и методы очистки вредных выбросов

Для выбора очистного устройства и расчета системы очистки необходимо знать его эффективность, гидравлическое сопротивление и производительность.

Общая эффективность очистки определяется по формуле:

$$\eta = \frac{C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}}{C_{\text{вх}}}, \quad (4)$$

где  $C_{\text{вх}}$  и  $C_{\text{вых}}$  — массовые концентрации примеси в газе до и после прохождения очистки.

Если несколько аппаратов соединены последовательно, то общая эффективность очистки будет рассчитываться по формуле

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1) / (1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n), \quad (5)$$

где  $\eta_1, \eta_2, \eta_n$  – эффективность очистки 1-го, 2-го,  $n$ -го аппаратов.

Рассмотрим основные методы очистки вредных выбросов от пылей.

**Сухие пылеуловители.** Устройства, работа которых основана на использовании силы тяжести, представляют собой *пылевые камеры, газоходы*. Частицы пыли под действием силы тяжести движутся к дну аппарата или газохода. На них также действуют сила движущегося газа и сопротивление газовой среды, которое зависит от ряда факторов, в том числе от размера частиц. Пылевые камеры целесообразно применять только для улавливания крупных частиц пыли (рис. 4).

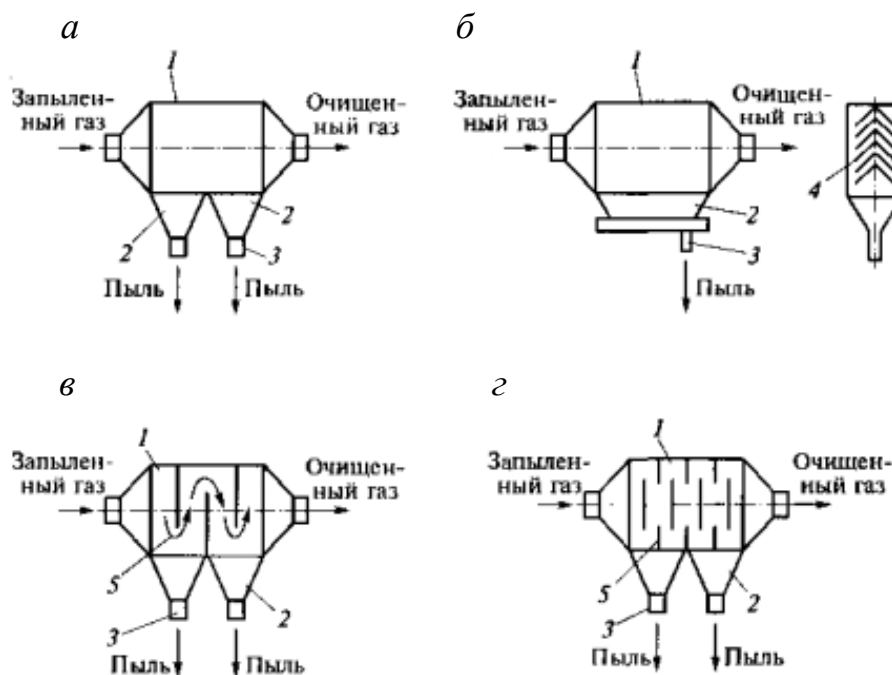


Рис. 4. Пылеосадительные камеры:

а – полая; б – с горизонтальными полками; в, г – с вертикальными перегородками;  
1 – корпус; 2 – бункер; 3 – штуцер для удаления; 4 – полки; 5 – перегородки

Аппараты, основанные на использовании центробежной силы, представляют собой *циклоны, жалюзийные и инерционные пылеуловители*. При повороте газового потока или его криволинейном движении (вращении) на частицы помимо сил тяжести и газового потока действует сила инерции. Под ее влиянием частицы стремятся двигаться прямолинейно, т. е. выбрасываются из этого потока. Это явление использовано в циклонах, батарейных цикло-



нах, жалюзийных пылеуловителях и др. (рис. 5). Подобные аппараты применяются в основном для отделения относительно крупных частиц ( $> 10$  мкм).

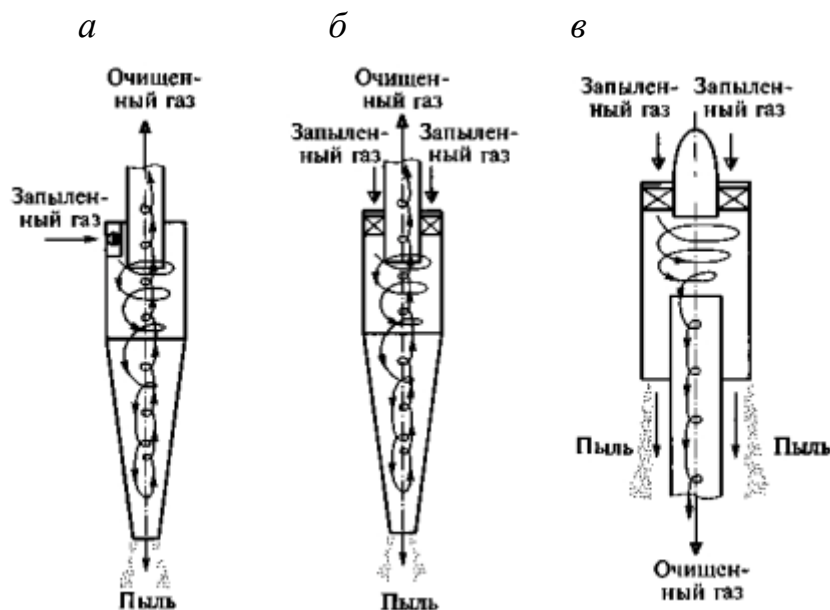


Рис. 5. Тангенциальные и осевые циклоны с реверсивным и прямым потоком:

*а* – циклон с тангенциальным вводом; *б* – осевой циклон с реверсивным потоком;

*в* – осевой прямоточный циклон

Запыленный газ вводится со значительной скоростью в цилиндрическую часть циклона через патрубок по касательной или по спирали к внутренней поверхности корпуса. В аппарате газ совершает вращательно-поступательное движение и направляется по спирали вниз вдоль корпуса аппарата, вращаясь сначала в кольцевом пространстве между наружной цилиндрической поверхностью циклона и центральной выходной трубой, а затем в корпусе циклона, образуя внешний вращающийся вихрь. При этом развиваются центробежные силы, под воздействием которых частицы пыли (капли), взвешенные во вращающемся газовом потоке, отбрасываются к стенкам корпуса циклона как цилиндрической, так и конической его частей. Приблизившись к конусу циклона, газовый поток поворачивается и движется вверх, к выходной трубе, образуя внутренний вращающийся вихрь. Частицы пыли (капли), достигшие стенок циклона, перемещаются вместе с газами вниз, откуда через пылеотводящий патрубок выносятся из циклона.

**Мокрые пылеуловители.** Принцип действия этих аппаратов основан на интенсивном дроблении орошающей жидкости газовым потоком, движущимся с высокой скоростью (рис. 6). При соприкосновении частиц

с каплями жидкости или другой мокрой поверхностью под действием одного или нескольких физических факторов (инерционный удар, броуновская и турбулентная диффузия) частицы смачиваются, тонут, в результате чего улавливаются. При мокром улавливании газы очищаются от крупных частиц (более 3–5 мкм). Одним из наиболее эффективных аппаратов мокрой очистки является скруббер Вентури, который представляет собой трубу с плавным сужением на входе газа (конфузор) и плавным расширением на выходе (диффузор). В последние годы разработаны скоростные (турбулентные) мокрые пылеуловители, в которых движущийся с большой скоростью газ дробит жидкость на мелкие капли. Частицы легче сталкиваются с мелкими каплями и достаточно полно улавливаются (даже возгоны).

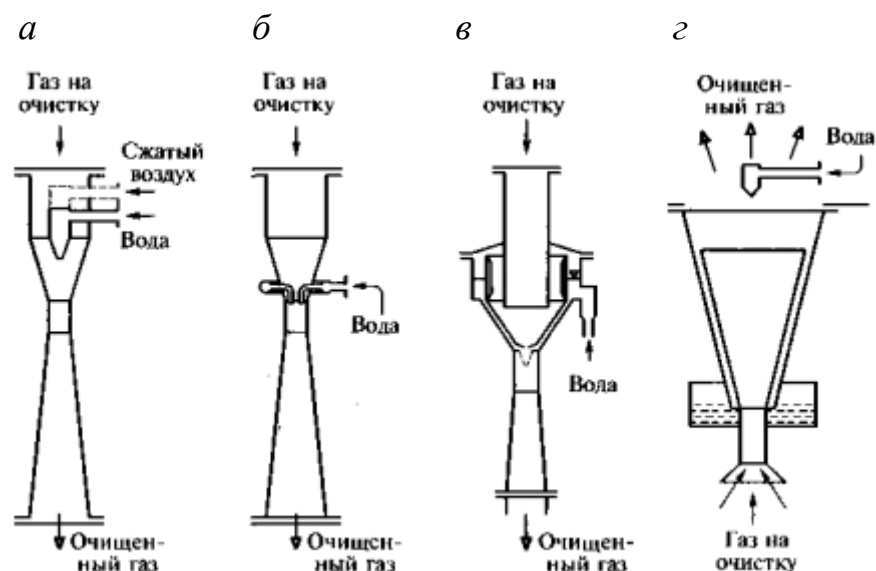


Рис. 6. Виды скрубберов Вентури с мокрой системой очистки:

*а* – с инжектором; *б* – Иматра-Вентури; *в* – с дополнительным потоком; *г* – Бег-Вентури

Преимуществами мокрых пылеуловителей по сравнению с сухими являются возможность очистки газов от пыли при высокой температуре; относительно малые габариты некоторых видов очищающих установок; уменьшение опасности взрывов и пожаров, возникающих от загорания сухой пыли; возможность очистки от пыли влажных и содержащих липкие вещества газов; низкие капитальные затраты в большинстве случаев, несмотря на то, что эксплуатационные затраты могут быть и выше.

К числу недостатков мокрых пылеуловителей можно отнести ухудшение условий рассеяния в атмосфере влажных очищенных газов, особенно содержащих агрессивные компоненты; необходимость обработки и удале-

ния большого количества стоков и шлама; большие затраты энергии (особенно для турбулентных пылеуловителей); необходимость (при агрессивных газах) применения антикоррозионных и в ряде случаев дорогостоящих и дефицитных конструктивных материалов для изготовления аппаратуры.

**Электрофильтры** – это аппараты для отделения пыли в электростатическом поле, широко применяемые для улавливания частиц пыли и тумана любых размеров, в том числе и около 1 мкм. Эффективность улавливания в электрофильтрах даже такой мелкой пыли весьма высока (до 99 %). В настоящее время в данных устройствах успешно очищают газы, нагретые до 450–500 °С, содержащие агрессивные компоненты (например, 30 % и более сернистого ангидрида).

**Тканевые фильтры.** В этих аппаратах запыленный газ пропускают через фильтровальную ткань, и частицы пыли под действием инерционного удара, диффузии и других механизмов осаждения задерживаются на ее волокнах. При малых скоростях фильтрации можно добиться высокой степени очистки газов (более 99 %). В последние годы в связи с выпуском более термо- и кислотостойких синтетических волокон (по сравнению с применявшимися натуральными волокнами (шерсть, хлопок)) область применения тканевых фильтров заметно расширилась. Для фильтрации запыленных газов применяют также специальный картон, вату, слои волокнистых или зернистых материалов (песок, гравий, кокс).

Далее рассмотрим адсорбционные и реагентные методы очистки, которые применяют при очистке вредных выбросов от газопарообразных примесей.

**Метод адсорбции.** Адсорбция – это поглощение газового компонента поверхностью твердого тела. Если между молекулами адсорбированного вещества и адсорбента не происходит никаких химических реакций и не образуется химических связей, то такой процесс называют *физической адсорбцией*.

Адсорбированное на твердой поверхности вещество можно полностью удалить при обратном процессе – десорбции – путем изменения условий, например, при повышении температуры или понижении давления. Адсорбент применяют повторно в циклическом процессе, а отделенное вещество используют по назначению.

*Химическая адсорбция*, или *хемосорбция*, представляет собой процесс, при котором между адсорбированным веществом и поверхностью адсорбента происходит химическая реакция. При этом выделяется теплота, значительно превосходящая теплоту физической адсорбции.

Иногда связывание вещества на поверхности бывает настолько сильным, что вернуть хемосорбированное вещество обратно в газовую фазу не представляется возможным.

В адсорбере полочного типа (рис. 7) очищаемый газ проходит через адсорбент, на поверхности которого сорбируется загрязнитель. Насыщение слоя адсорбента происходит с места ввода очищаемого газа и далее по мере его продвижения. Степень адсорбции достигает практически 100 %. Когда адсорбент насыщается, загрязняющее вещество начинает проходить через его слой и появляется в газовом потоке на выходе. В это время адсорбер должен быть отключен и поставлен на регенерацию.

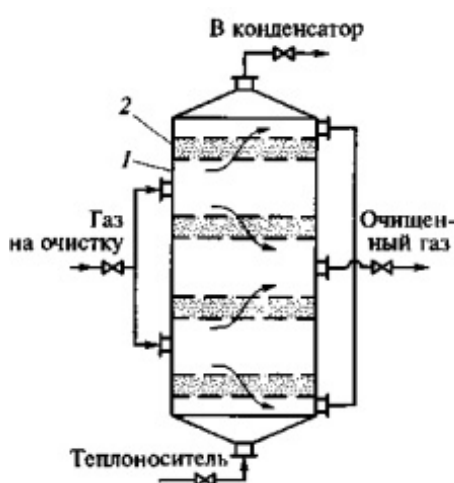


Рис. 7. Адсорбер полочного типа с неподвижными слоями адсорбента:

1 – корпус; 2 – слой адсорбента

**Реагентные методы очистки** включают в себя следующие процессы:

- химическое окисление и восстановление;
- термоокисление;
- каталитическое окисление.

*Химическое окисление* или *восстановление* применяются в тех случаях, когда загрязняющее вещество с помощью этих реакций можно перевести в безвредное соединение или получить промежуточный продукт, более пригодный для дальнейшей переработки. В процессе окисления чаще всего используют атмосферный кислород.

*Термоокисление* часто применяют в нефтехимических производствах. Выбросы этих предприятий содержат органические вещества, которые могут быть сожжены с образованием диоксида углерода, воды и других нетоксичных веществ. Полнота сгорания зависит от температуры, при которой оно происходит. Газы и пары полностью сгорают при температуре выше 800 °С.

В процессе горения для предотвращения образования сажи необходим 2–3 %-й избыток воздуха.

*Каталитическое окисление* применяют в тех случаях, когда концентрация горючих веществ в газе невелика или когда требуется предварительный нагрев до 800 °С. Катализаторы гарантируют весьма быстрое и полное протекание реакции горения даже при относительно низких температурах. Горение на поверхности катализатора протекает без образования пламени и не зависит от температуры зажигания.

Катализаторы представляют собой металлы в элементарном состоянии либо оксиды или соли, нанесенные на инертные носители. Чаще всего применяют платину и другие металлы семейства платины, а также железо, хром, кобальт, никель, ванадий, медь, молибден. Катализаторы чувствительны к присутствию в сжигаемых газах некоторых веществ, которые действуют как каталитические яды.

Каталитический реактор составляют камера сгорания, собственно реактор и теплообменник. Данные реакторы могут быть с неподвижным слоем (рис. 8, а–в), псевдоожиженным слоем катализатора (рис. 8, г–е) и с движущимся слоем (рис. 8, ж).

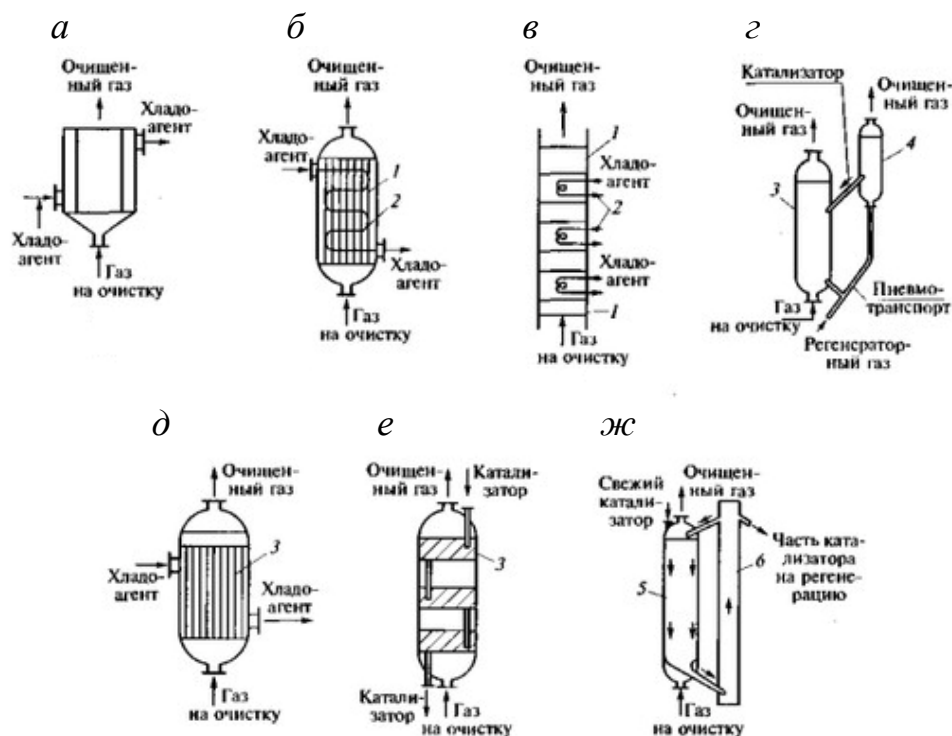


Рис. 8. Схемы каталитических реакторов:

а – с неподвижным слоем; б – с неподвижным слоем и охлаждением; в – многослойный катализатор; г, е – с псевдоожиженным слоем; д – с псевдоожиженным слоем и охлаждением; ж – с движущимся слоем катализатора; 1 – корпус; 2 – холодильник; 3 – взвешенный слой; 4 – регенератор; 5 – движущийся слой; 6 – элеватор

Процессы каталитической очистки газов протекают при малых концентрациях удаляемых примесей, при этом достигается высокая степень очистки.

**Защита водных ресурсов.** Основной задачей охраны водных ресурсов является защита вод морей, океанов, рек, озер от загрязнения.

Для предотвращения загрязнения водоемов идеальным способом является переход к замкнутым циклам производства, которые основаны на следующих принципах:

- создание на предприятиях единой системы водного хозяйства;
- водоотведение и очистка сточных вод перед их повторным использованием;
- водообеспечение, в основном за счет очищенных производственных городских сточных вод;
- утилизация извлеченных из сточных вод ценных компонентов.

Экономия воды может быть достигнута сокращением водяного охлаждения за счет других способов охлаждения (например, воздушного) [36].

**Характеристика сточных вод.** Сточные воды (СВ) предприятий по составу подразделяются на 3 вида:

- производственные – использованные или сопутствующие технологическому процессу, которые в свою очередь можно разделить на загрязненные и нормативно чистые;
- бытовые – от санитарных узлов и пищеблоков, душевых установок;
- атмосферные – дождевые, талые, а также поверхностные после полива территорий.

Характер загрязнения производственных сточных вод в основном определяется отраслевой принадлежностью предприятия, составом перерабатываемых материалов, сырья и видом выпускаемой продукции. Все многообразие производственных сточных вод по характеру основных загрязнений можно отнести к 3 группам:

- содержащие минеральные примеси (металлургия, машиностроение, производство строительных материалов, минеральных кислот, удобрений и т. д.);
- содержащие органические примеси (мясная, рыбная, консервная, пищевая промышленность и т. д.);
- содержащие органоминеральные примеси (нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, текстильная промышленность).

Поверхностные стоки промышленных предприятий и населенных пунктов формируются за счет дождевых, талых и поливочных вод. К основным

факторам, определяющим объемы стоков, относятся интенсивность выпадения атмосферных осадков и их продолжительность, общая площадь городской территории и характер ее застройки, рельеф местности.

Концентрации загрязняющих веществ в поверхностном стоке колеблются в широких пределах и зависят от профиля предприятий. В целом преобладают взвешенные ( $130 \div 1130$  мг/л), органические вещества, нефтепродукты, биогенные элементы, тяжелые металлы.

Загрязненность сточных вод органическими веществами, как известно, характеризуется тремя показателями: биохимическая потребность в кислоте (БПК), химическая потребность в кислороде (ХПК), общее содержание органического углерода (ООУ).

*Биохимическая потребность в кислороде* – опосредованный показатель содержания органических веществ, характеризующий необходимое количество кислорода для микробного окисления биологически окисленных органических веществ. Различают БПК<sub>полн</sub>, БПК<sub>20</sub>, БПК<sub>10</sub>, БПК<sub>5</sub>, соответственно обозначающие, какое количество кислорода израсходовано на полное окисление органических веществ, на окисление в течение 20, 10 и 5 суток.

*Химическая потребность в кислороде* – также опосредованный показатель, характеризующий необходимое количество кислорода для химического окисления всех органических и восстановленных неорганических (аммонийный азот, сульфиды, сульфиты т. д.) веществ.

*Общее содержание органического углерода* характеризует суммарную концентрацию органических веществ.

Если в одной и той же пробе определить эти характеристики, то они выстроятся в убывающий ряд: ХПК > ООУ > БПК.

Способность сточных вод к биохимической очистке характеризуется биохимическим показателем Б, т. е. отношением БПК<sub>полн</sub>/ХПК. По биохимическому показателю и токсичности промстоки подразделяются на 4 группы:

1)  $B > 0,2$  – сточные воды пищевой, нефтехимической и других отраслей промышленности, органические загрязнения которых не токсичны для микробоценозов;

2)  $0,02 \leq B \leq 0,10$  – промстоки коксохимических, азотнотуковых, содовых и некоторых других производств. Эти воды после предварительной механической очистки могут быть направлены на биохимическое окисление;

3)  $0,001 \leq B \leq 0,010$  – промстоки процессов сульфирования, хлорирования, производства масел и ПАВ, сернокислотного производства, чер-

ной металлургии, тяжелого машиностроения и др. После предварительной очистки на локальных очистных сооружениях данные стоки могут быть направлены на биохимическое окисление;

4)  $B < 0,001$  – промстоки этой группы в основном загрязнены минеральными (дисперсными) веществами и подлежат преимущественно механической очистке.

**Методы очистки сточных вод.** Существует два основных пути очистки сточных вод: разбавление и очистка их от загрязнений. Разбавление не освобождает воды от загрязнений, а лишь ослабляет негативное воздействие СВ на конкретном участке водоема.

Методы очистки СВ можно разделить на следующие группы:

- *механические*: процеживание, отстаивание, фильтрование, центрифугирование;
- *физико-химические*: флотация, коагуляция, ионный обмен, экстракция, сорбция, ректификация, дистилляция, дезодорация, обратный осмос, электрохимические;
- *химические*: нейтрализация, аэрация, барботирование, озонирование, хлорирование;
- *биохимические*: разложение, окисление;
- *термические*: концентрирование при нагреве, огневое обеззараживание;
- *радиационные*: коагуляция, деструкция, обеззараживание.

По сути, эти методы могут быть рекуперационными и деструктивными. Рекуперационные предусматривают извлечение из сточных вод ценных веществ и последующую их переработку, деструктивные – разрушение загрязняющих веществ путем их окисления или восстановления с последующим образованием газов или осадков.

**Механическая очистка.** Для удаления взвешенных примесей из сточных вод используют гидромеханические процессы – процеживание, отстаивание (гравитационное и центробежное) и фильтрование. Выбор метода зависит от размера взвешенных частиц.

**Процеживание.** Во избежание засорения труб и каналов сточные воды процеживают через решетки из металлических прутьев с зазором 5–25 мм, установленных под углом 60–75° на пути движения сточных вод для извлечения из них крупных примесей. Решетки могут быть неподвижными и подвижными. Наибольшее распространение получили неподвижные решетки. Совмещенные с дробилками для измельчения крупных примесей решетки называются коммуторами.



Для удаления более мелких частиц применяют сита – барабанные или дисковые – с диаметром отверстий сетки 0,5–1,0 мм. При вращении барабана сточная вода фильтруется через его внешнюю или внутреннюю поверхность в зависимости от способа подвода (снаружи или внутрь). Производительность сита зависит от диаметра и длины барабана, а также от свойств примесей. Для разделения взвешенных веществ на фракции могут быть использованы фракционаторы с диаметром отверстий в сетке 60–100 мкм. При разделении 50–80 % взвешенных частиц остается в грубой фракции (рис. 9). Задержанные крупные примеси при удалении направляются в специальные контейнеры-накопители.

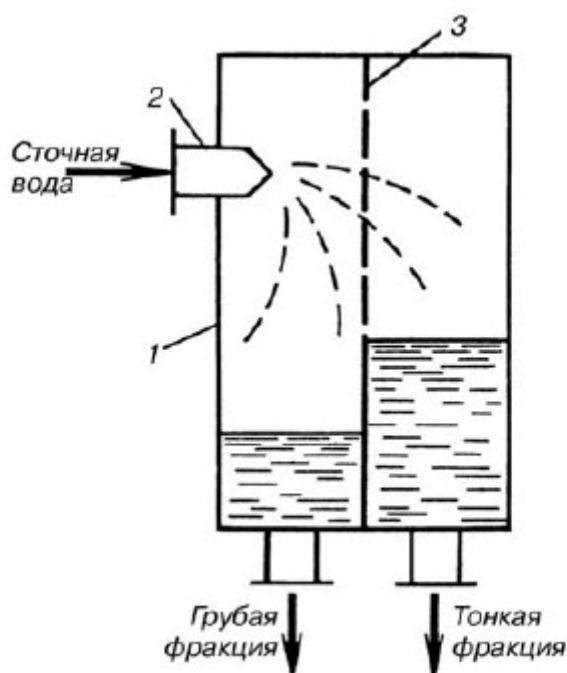


Рис. 9. Фракционатор:

1 – корпус; 2 – сопло; 3 – сетка

Решетки и сита довольно быстро забиваются примесями и требуют систематической очистки.

*Отстаивание.* Следующий этап очистки – удаление твердых частиц со средним размером 0,25–1,00 мм (песок и некоторые другие примеси) путем осаждения под действием сил тяжести. Для проведения процесса используют песколовки, отстойники и осветлители.

Песколовки применяют для предварительного выделения минеральных и органических загрязнений.

Горизонтальные песколовки – резервуары с прямоугольным или трапециевидным поперечным сечением, скорость воды в них не превышает 0,3 м/с.

Вертикальные песколовки имеют прямоугольную или круглую форму; в них сточные воды движутся с вертикальным восходящим потоком со скоростью 0,05 м/с. Чаще всего используются горизонтальные песколовки.

Отстойники бывают периодического и непрерывного действия. По направлению движения воды они делятся на горизонтальные, вертикальные и радиальные. Эффективность отстаивания составляет в среднем до 60 %. Принципиальные схемы основных видов отстойников показаны на рис. 10.

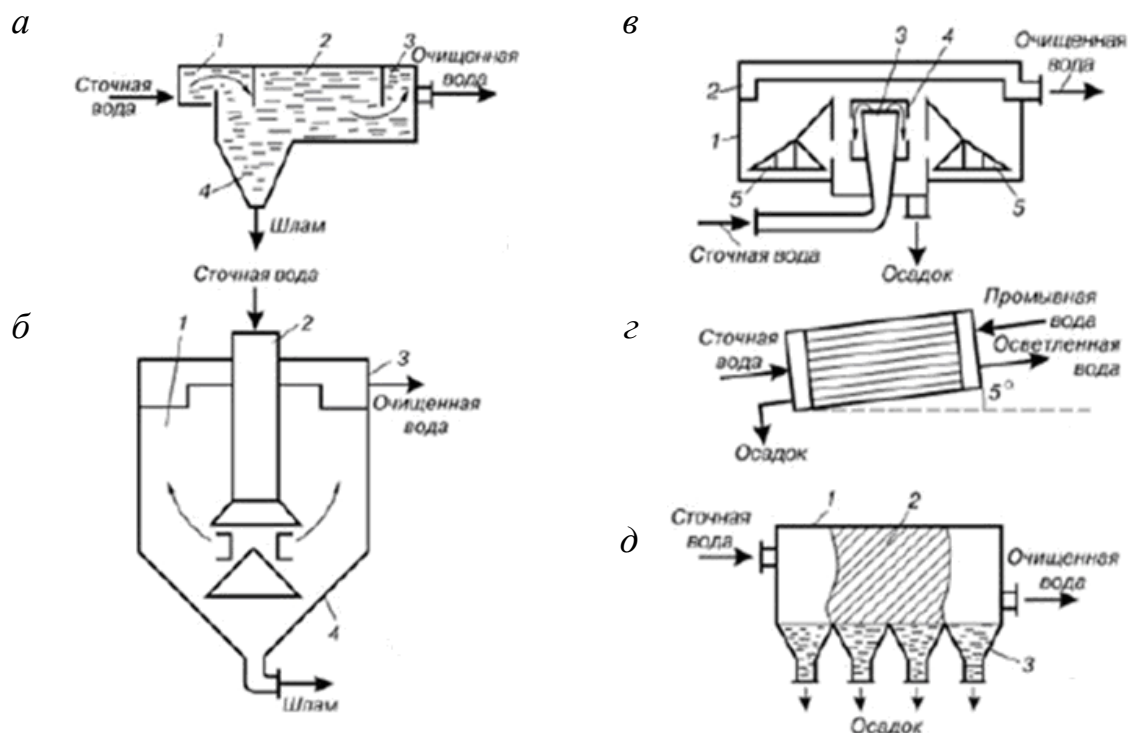


Рис. 10. Отстойники:

- а – горизонтальный: 1 – входной лоток; 2 – отстойная камера; 3 – выходной лоток; 4 – прямоток; б – вертикальный: 1 – цилиндрическая часть; 2 – центральная часть; 3 – желоб; 4 – коническая часть; в – радиальный: 1 – корпус; 2 – желоб; 3 – распределительное устройство; 4 – успокоительная камера; 5 – скребковый механизм; г – трубчатый отстойник; д – с наклонными пластинами: 1 – корпус; 2 – пластины; 3 – шламолулавливатель

В осветлителях одновременно с отстаиванием происходит фильтрация сточных вод через слой взвешенных частиц. Процесс осаждения происходит в ламинарном потоке жидкости со скоростями от 0,1 до 0,2 м/с.

*Физико-химические методы* относятся к более тонким методам очистки.

*Флотация* используется для удаления из сточных вод нерастворимых диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются. В некоторых случаях флотацию используют и для удаления растворенных веществ, например, ПАВ. Этот процесс иногда называют

«пенная сепарация» или «пенное концентрирование». Флотация используется также для выделения активного ила после биохимической очистки.

Флотация сопровождается аэрацией сточных вод, снижением концентрации поверхностно-активных и легкоокисляемых веществ, бактерий и микроорганизмов. Все это способствует успешной дальнейшей очистке сточных вод. Сущность процесса флотации заключается в слипании всплывающего пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей и ее подъеме в образующийся на поверхности пенный слой при условии, что вес частицы не должен превышать суммарной подъемной силы пузырька и силы слипания. Присутствие в воде ПАВ (реагентов-собирателей) делает процесс более эффективным. ПАВ, адсорбируясь на частицах, понижают их смачиваемость, т. е. делают их гидрофобными. В качестве реагентов-собирателей используют масла, жирные кислоты и их соли, меркаптаны, амины и т. д.

К преимуществам этого метода очистки можно отнести непрерывность процесса, широкий диапазон применения, небольшие капитальные и эксплуатационные затраты, селективность выделений примесей по сравнению с отстаиванием, большую скорость процесса, более низкую влажность получаемого шлама (90–95 %) и высокую степень очистки (95–98 %), возможность рекуперации удаляемых веществ.

*Коагуляция и флокуляция.* Процессы коагуляции и флокуляции применяют для выделения из воды взвешенных твердых частиц, если скорость их естественного осаждения слишком мала. Значительная часть этих частиц находится в коллоидном состоянии. Устойчивость каждой такой частицы обеспечивается отрицательным зарядом ее поверхности, благодаря которому частицы отталкиваются друг от друга.

Одноименный поверхностный заряд препятствует их слипанию и образованию более крупных частиц. Добавление коагулянта способствует образованию частиц с положительными зарядами. Они взаимодействуют с частицами, имеющими отрицательный заряд. Происходит сближение частиц и их укрупнение. В качестве коагулянтов широко применяются соли алюминия и железа. При добавлении в воду они образуют положительно заряженные частицы. В ходе реакции гидролиза образуется нерастворимый гелеобразный гидроксид алюминия или трехвалентного железа.

Флокуляция – процесс агрегации взвешенных частиц при добавлении в сточные воды высокомолекулярных соединений, называемых флокулянтами. Флокулянт способствует объединению отдельных укрупненных частиц, образуя между ними мостиковые связи. В результате появляются

крупные разветвленные флоккулы. Процесс флокуляции ускоряется при медленном перемешивании, когда соединение флокул происходит постепенно.

При быстром перемешивании флоккулы отдаляются друг от друга и при повторном соединении редко достигают оптимального размера и прочности. Применяют природные (крахмал, декстрин) и синтетические (полиакриламид, диоксид кремния) флокулянты.

Перспективным методом очистки сточных вод от ряда тяжелых металлов является электрокоагуляция – образование труднорастворимых гидроксидов металлов при прохождении СВ через электрокоагулятор, оснащенный блоком электродов, на которые подается постоянный электрический ток. Под влиянием электрического поля дисперсные системы СВ становятся менее устойчивыми, они довольно быстро коагулируют с труднорастворимыми гидроксидами алюминия или железа, которые образуются на электродах и затем переходят в воду. Далее сточные воды поступают в отстойник, где в течение 30–45 мин образуются крупные частицы (500–1000 мкм), которые выпадают в осадок.

*Осмоз* – это самопроизвольное проникновение растворителя в раствор, отделенный от него полупроницаемой перегородкой, через которую может поступать растворитель, но не может проходить растворенное вещество.

В промышленных установках осмоса загрязненный раствор пропускают через фильтр, разделенный полупроницаемой мембраной. В результате проведения процесса в одной части аппарата образуется высококонцентрированный раствор, а из другой выходит очищенная вода.

Можно искусственно создать избыточное давление на фильтре с полупроницаемой мембраной и вызвать тем самым процесс обратного осмоса.

Для изготовления мембран наиболее часто применяют ацетатцеллюлозу, триацетат и полиамидные полимеры. Мембраны подвержены старению – через один год эксплуатации их пропускная способность снижается на 40 %.

*Адсорбционная очистка.* Адсорбцию широко применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если концентрация этих веществ невелика и они биологически не разлагаются или являются сильно токсичными. Локальные установки целесообразны, если вещество хорошо адсорбируется при небольшом удельном расходе адсорбента.

Преимуществами этого метода являются высокая эффективность очистки (до 80–95 %), возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ, а также их рекуперации. В качестве сорбентов используют

активные угли, синтетические сорбенты и некоторые отходы производства (золу, шлаки, опилки и т. п.). Сорбенты должны быть относительно крупнопористыми (с эффективным радиусом адсорбционных пор в пределах 0,8–5,0 нм), иметь высокую адсорбционную емкость, высокую селективность и малую удерживающую способность при регенерации. Используют мелкозернистые адсорбенты с размерами частиц 0,25–0,50 мм и высокодисперсные угли с размерами зерен не менее 40 мкм.

При фильтровании сточной воды через слой адсорбента в одной колонне процесс очистки ведут периодически до проскока, а затем адсорбент выгружают и регенерируют. При непрерывном процессе две колонны работают последовательно, третья отключена на регенерацию (рис. 11).

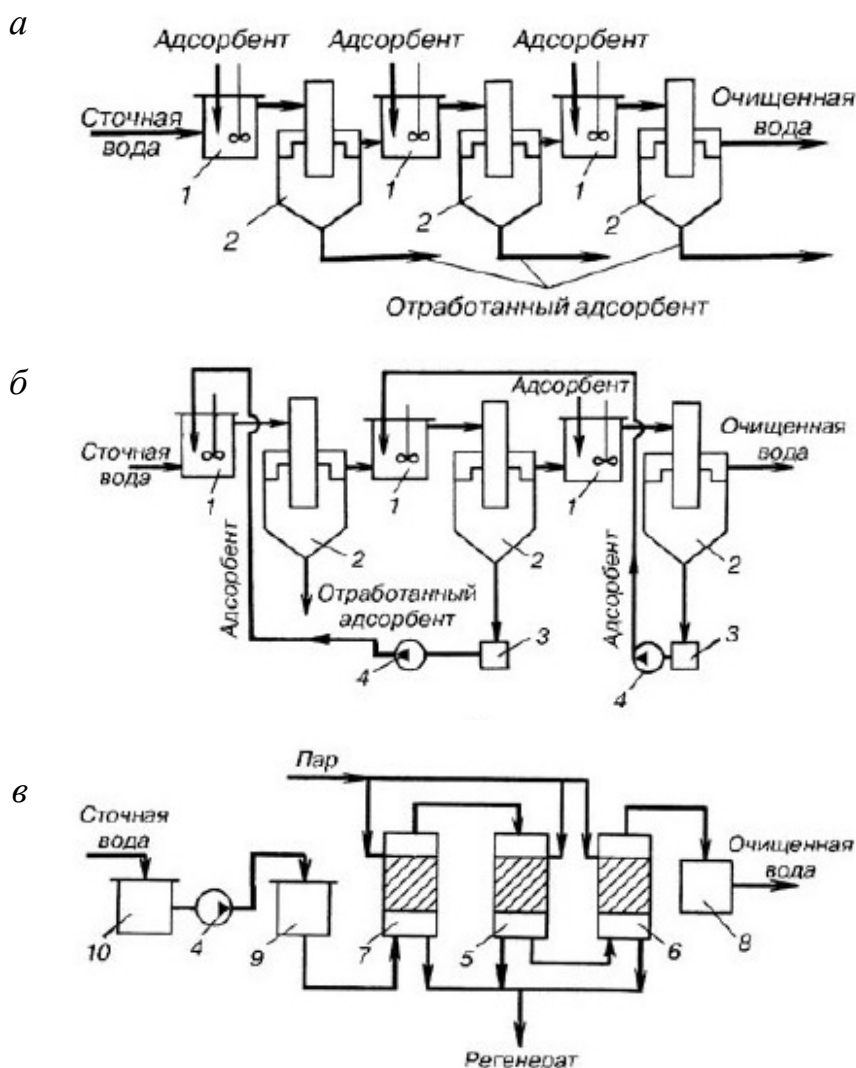


Рис. 11. Схемы адсорбционных установок:

- а – с последовательным введением адсорбента;  
 б – с противоточным введением адсорбента; в – непрерывной адсорбционной установки: 1 – смеситель; 2 – отстойник; 3 – приемник адсорбента; 4 – насос;  
 5–7 – колонны; 8 – емкость; 9 – фильтр; 10 – усреднитель

*Экстракция.* Жидкостная экстракция применяется для очистки сточных вод, содержащих фенолы, масла, органические кислоты, ионы металлов и др. Экстракция выгодна, если стоимость извлекаемых веществ окупает все затраты на проведение процесса. В общем случае для большинства веществ при их концентрации выше 3–4 г/л экстракция предпочтительнее адсорбции.

Очистка сточных вод экстракцией состоит из трех стадий: интенсивного смешивания сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем), разделения экстракта и рафината (в условиях развитой поверхности контакта между жидкостями образуются две жидкие фазы: экстракт, содержащий извлекаемое вещество и экстрагент, и рафинат, содержащий сточную воду и экстрагент), регенерации экстрагента и рафината. Эффективность процесса зависит от правильности выбора экстрагента и скорости его подачи в воду. При выборе растворителя следует учитывать его селективность, физико-химические свойства, стоимость и способы регенерации. При содержании в сточной воде нескольких примесей сначала извлекают один из компонентов – наиболее ценный или наиболее токсичный. При этом для каждого компонента может использоваться разный экстрагент.

*Термические методы очистки сточных вод.* Для обезвреживания минерализованных сточных вод в основном используют термические методы, которые позволяют выделить из стоков соли (кальция, магния, натрия и др.) с получением условно чистой воды, пригодной для оборотного водоснабжения.

Процесс может быть проведен в две стадии: концентрирование и выделение сухих веществ. Во многих случаях вторая стадия заменяется захоронением концентрированных растворов. Предъявляются следующие требования к установкам термического обезвреживания: обеспечение снижения концентрации вредных веществ в очищаемой воде до значений, меньших ПДК; незначительная чувствительность к составу стоков; надежность и экономичность в работе; высокая производительность.

При использовании *термоокислительных методов* все загрязняющие органические вещества полностью окисляются кислородом воздуха при высоких температурах до нетоксичных соединений. К этим методам относятся метод жидкофазного окисления, метод парофазного каталитического окисления и пламенный, или огневой, метод.

Метод жидкофазного окисления основан на окислении органических веществ, растворенных в воде, кислородом при температуре 100–350 °С и давлении 2–28 МПа (для увеличения растворимости  $O_2$  в воде и, следовательно, интенсификации процесса). Отличительными чертами метода являются высокая производительность без предварительного концентрирования, отсутствие в продуктах окисления вредных органических веществ, легкость комбинирования с другими методами и безопасность при его применении. Среди недостатков можно отметить неполное окисление некоторых химических веществ, а также значительные капитальные затраты и высокую коррозию оборудования в кислых средах.

В основе метода парофазного каталитического окисления лежит гетерогенное каталитическое окисление кислородом воздуха при высокой температуре летучих органических веществ, находящихся в промышленных стоках. Процесс протекает весьма интенсивно в паровой фазе в присутствии медно-хромового, цинк-хромового, медно-марганцевого или других катализаторов.

Степень очистки достигает 99,98 % при высокой производительности. Основной недостаток – возможность отравления катализаторов соединениями фосфора, фтора, серы, что требует предварительного удаления из сточных вод каталитических ядов.

Наиболее эффективным и универсальным является так называемый огневой метод, заключающийся в распылении сточных вод непосредственно в топочные газы, нагретые до температуры 900–1000 °С. При этом вода полностью испаряется, а органические примеси сгорают. Минеральные вещества, содержащиеся в воде, образуют твердые или расплавленные частицы, которые затем улавливаются. Огневой метод может быть использован для обезвреживания небольшого объема сточных вод, содержащих высокотоксичные органические вещества, очистка от которых другими способами невозможна или неэффективна, однако он нецелесообразен для обезвреживания стоков, содержащих только минеральные вещества. Кроме того, данный метод предпочтителен, если имеются горючие отходы, которые можно использовать как топливо.

Для проведения процесса огневого обезвреживания в зависимости от консистенции и состава сточных вод используют печи различной конструкции: камерные, шахтные, циклонные и с псевдоожиженным слоем. Камерные и шахтные печи (используются для сжигания сульфидных щело-

ков, сточных вод анилинокрасочной промышленности и др.) малопроизводительны, громоздки и капиталоемки. Наиболее эффективны циклонные печи и печи с псевдоожиженным слоем (рис. 12).

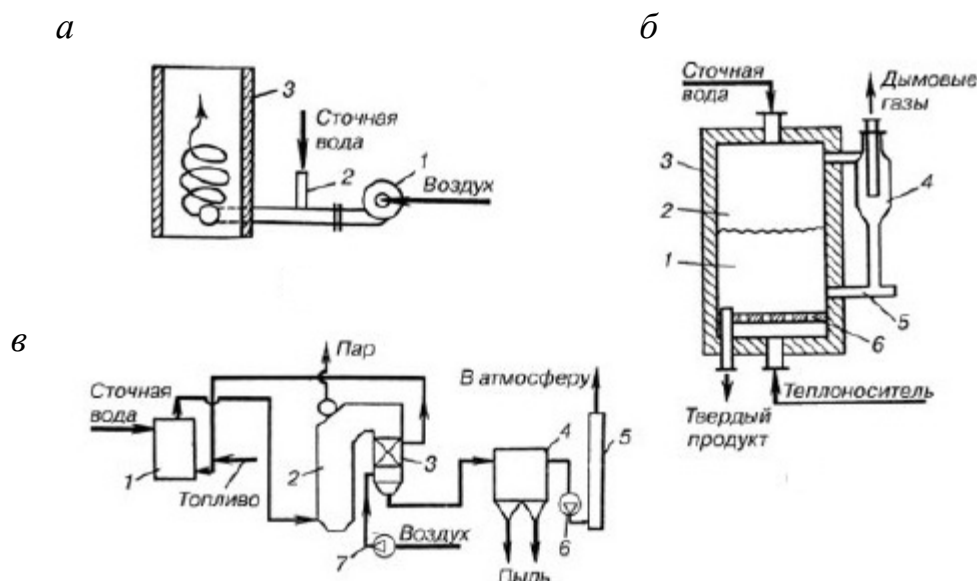


Рис. 12. Схемы устройств для огневого обезвреживания сточных вод:

- а – циклонная печь: 1 – воздуходувка; 2 – питающее устройство; 3 – печь;  
 б – печь с псевдоожиженным слоем: 1 – плотная фаза ожиженного слоя;  
 2 – разбавленная фаза; 3 – печь; 4 – циклон; 5 – труба для возврата материала;  
 6 – газораспределительная решетка; в – печь с котлом-утилизатором: 1 – печь;  
 2 – котел-утилизатор; 3 – воздухоподогреватель; 4 – аппарат сухой очистки газов;  
 5 – труба; 6 – дымосос; 7 – воздуходувка

*Химические методы очистки.* Основными способами химических методов очистки являются нейтрализация, окисление-восстановление и осаждение малорастворимых соединений.

*Нейтрализация* применяется для обработки сточных вод, содержащих кислоты и щелочи. Предварительная нейтрализация таких стоков является обязательной перед их сбросом в водоем. Реакция нейтрализации происходит между ионами водорода и гидроксид ионами:



В целях нейтрализации кислых вод используют такие щелочные реагенты, как известь  $\text{CaO}$ , гашеную известь  $\text{Ca(OH)}_2$ , кальцинированную соду  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , каустическую соду  $\text{NaOH}$ , аммиачную воду, а также применяют фильтрование через нейтрализующие материалы природного происхождения (известняк  $\text{CaCO}_3$ , доломит  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ).

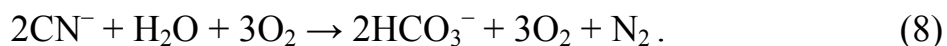
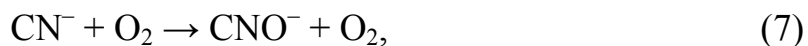


Для нейтрализации щелочных сточных вод применяют серную  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , соляную  $\text{HCl}$  и азотную  $\text{HNO}_3$  кислоты. В ряде производств используют выбросные (дымовые) газы, содержащие кислотные оксиды  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ . При этом происходит нейтрализация СВ и одновременная очистка производственных выбросов от токсичных веществ. Преимуществом подобной технологии является исключение применения кислот для нейтрализации и возможность создания бессточной системы водопотребления.

*Методы окисления и восстановления* применяются для обезвреживания промышленных СВ от сероводорода, цианидов, сульфидов, соединений мышьяка, хрома и т. д. В процессе окисления токсичные соединения переходят в менее токсичные. В качестве окислителей используют хлор  $\text{Cl}_2$ , гипохлориты натрия  $\text{NaClO}$  и кальция  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , перманганат калия  $\text{KMnO}_4$ , дихромат калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , пероксид водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Вследствие своей высокой окисляющей способности озон уже при обычной температуре разрушает многие органические вещества, присутствующие в СВ. Благодаря озонированию происходит одновременно обесцвечивание и обеззараживание сточных вод и насыщение их кислородом.

Озон энергично реагирует с цианидами в слабощелочной среде:



Восстановительная очистка уместна в том случае, когда СВ содержат легко восстанавливаемые вещества, например, высоковалентные соединения мышьяка, ртути, хрома. В качестве восстановителей используют сероводород, алюминиевую пудру, железный порошок, сульфид железа. Для восстановления шестивалентного хрома ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) используют сульфат железа (II), диоксид серы, водород.

Ионы тяжелых металлов (цинка, меди, ртути, кобальта, кадмия, никеля, свинца и т. д.) удаляют из промышленных СВ путем перевода их в мало-растворимые соединения с последующим отделением осадка. Осаждение проводят щелочами, карбонатами и сульфидами щелочных металлов.

**Охрана растительного и животного мира.** Растения – это источник жизни на Земле. Поэтому охрана растений является одной из основных задач рационального природопользования и осуществляется в следующих направлениях:

- борьба с лесными пожарами (создание противопожарных барьеров, посадка лиственных опушек);

- борьба с вредителями и болезнями леса;
- защитное лесоразведение;
- охрана природных сенокосов и пастбищ;
- охрана редких видов растений.

Охрана животных тесно связана с охраной растительности, почв, водной и воздушной сред. Вымирание видов животных связано с загрязнением среды, прямым их истреблением, изменением ландшафта и т. д.

Для охраны животных создаются заповедники, питомники для разведения исчезающих видов, устанавливаются нормы отлова и отстрела. Каждый спасенный от гибели вид – это сохраненный природный ресурс. Каждый погибший вид – безвозвратно утерянные возможности сохранения биологического разнообразия на Земле.

Еще одним способом охраны животных и растений, а также привлечения внимания мировой общественности к проблемам окружающей среды является **Красная книга**. Это официальный документ, в который вносятся данные о состоянии и распространении редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных с целью введения режима их особой охраны и воспроизводства.

Существуют международный, национальные и региональные (локальные) варианты Красной книги, которые ведутся отдельно для растений и животных. Идея создания международной Красной книги принадлежит Международному союзу охраны природы и природных ресурсов, который в 1966 г. издал «Красную книгу фактов». В СССР Красная книга была учреждена в 1974 г. Сегодня в Красную книгу России занесено 562 вида растений и 247 видов животных.

К одной из наиболее эффективных форм охраны биотических сообществ, а также всех природных экосистем следует отнести государственную систему особо охраняемых природных территорий [22].

**Особо охраняемые природные территории** – это участки суши или водной поверхности, которые в силу своего природоохранного или иного значения полностью или частично изъяты из хозяйственного пользования и для которых установлен режим особой охраны.

Различают несколько основных категорий указанных территорий.

**Государственные природные заповедники** – участки территории, полностью изъяты из хозяйственного использования с целью сохранения в естественном состоянии природного комплекса. Они целиком финанси-

руются из средств федерального бюджета и решают следующие задачи: сохранение биологического разнообразия, организация и проведение научных исследований, экологический мониторинг, экологическое просвещение, участие в государственной экологической экспертизе проектов и подготовке научных кадров в области охраны окружающей среды. В России к 2000 г. существовало 99 заповедников. Самые крупные из них – Таймырский и Усть-Ленский, площадь каждого из них превышает 1,5 млн га.

**Государственный природный биосферный заповедник** – ландшафтная единица, выделенная в соответствии с программой ЮНЕСКО «Человек и биосфера» с целью ее сохранения и исследования. Заповедники, имеющие статус биосферных, входят в международную систему биосферных резерватов, осуществляющих глобальный экологический мониторинг. Они создаются на территориях, совершенно не затронутых хозяйственной деятельностью или мало измененных деятельностью человека. Важно, что для создания биосферных заповедников выбираются не уникальные, а типичные ландшафты. Территория биосферного заповедника практически не должна испытывать воздействий от окружающих ее территорий, освоенных человеком. В России 21 природный заповедник имеет статус биосферного заповедника.

**Государственные природные заказники** – это участки, в пределах которых запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности с целью охраны одного или нескольких видов живых организмов, биогеоценозов, экологических компонентов или общего характера охраняемой местности. Запрет на хозяйствование может устанавливаться на определенный срок или быть бессрочным.

**Национальные парки** – это значительные по площади территории, включающие особо охраняемые природные ландшафты и предназначенные преимущественно для рекреационных целей (для отдыха). Общее количество национальных парков в мире превышает 2000, в России к 2000 г. их было 34. Например, на Урале это национальные парки «Припышминские боры», «Таганай», «Зюраткуль», «Зигальга» и др.

**Природные парки** – территории, отличающиеся особой экологической и эстетической ценностью, с относительно мягким охранным режимом и используемые преимущественно для организованного отдыха населения. В Свердловской области среди природных парков следует отметить «Бажовские места», «Оленьи ручьи», «Река Чусовая».

**Памятники природы** – уникальные, невозпроизводимые природные объекты, имеющие научную, экологическую, культурную и эстетическую ценность (скалы, водопады, вековые деревья, пещеры и др.). Например, скала Старик-камень в районе Коноваловского увала в Свердловской области, озеро Тальков камень, скалы Чертово городище, озеро Исетское, скала Мамонт в районе г. Каменск-Уральского.

**Дендрологические парки и ботанические сады** – коллекции деревьев и кустарников, созданные человеком с целью сохранения биоразнообразия и обогащения растительного мира, а также в научных, учебных и культурно-просветительских целях. В дендрологических парках и ботанических садах осуществляются также работы по интродукции и акклиматизации новых для данного региона растений [36].

### **4.3. Законодательно-правовой механизм природопользования**

**Экологическое право** – это отрасль права, регулирующая общественные отношения в сфере взаимодействия общества и природы в интересах сохранения и рационального использования природных ресурсов с учетом интересов настоящего и будущего поколений людей.

Предметом изучения экологического права являются взаимоотношения общества с окружающей его природной средой; объектами изучения – земля, вода, недра, воздух, растительность, животные, околоземное космическое пространство, т. е. все компоненты природной среды, на которые человек может повлиять в правовом отношении путем принятия различных правовых актов относительно их использования или охраны.

Необходимость разработки правовой охраны природы в каждом государстве для максимально возможного сохранения природных богатств подчеркивается в Декларации конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.) [7].

Принципы экологического права классифицируются на **общеправовые** (конституционные) и принципы **Общей** и **Особенной частей**. Общеправовые принципы изложены в Конституции РФ и обладают высшей юридической силой.

Принципы *Общей части* характеризуют специфические особенности экосистемы страны [29]:

- приоритет интересов народов, проживающих на соответствующей территории, защита прав отдельного человека. Например, природные объекты не могут отчуждаться у России в пользу другого государства; государство вправе координировать использование природных объектов, в том числе изымать их для государственных или муниципальных нужд и принудительно выкупать; каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду, на ее защиту от негативного воздействия и т. д.;

- принцип строгого целевого использования природных ресурсов. Например, запрещается использовать сельскохозяйственные земли в иных целях, не связанных с ведением сельского хозяйства;

- принцип рационального и эффективного использования природных объектов: получение при минимальных затратах максимального экономического эффекта от использования природных объектов в хозяйственной деятельности, исключая экологический ущерб природной среде;

- принцип приоритета охранных мероприятий в использовании природных объектов: если в хозяйственной деятельности возникает ситуация, когда экономически выгодный способ природопользования влечет за собой причинение ущерба природному объекту, приоритетным будет являться экологическое требование;

- принцип комплексного подхода, предполагающий учет взаимосвязей используемого ресурса с другими природными объектами;

- принцип платного использования природных ресурсов, подразумевающий плату не только за использование ресурсов, но и за загрязнение окружающей среды и размещение отходов.

*Особенная часть* экологического права основывается на следующих принципах:

- приоритет земель сельскохозяйственного назначения, т. е. пригодные для нужд сельского хозяйства земли не могут быть использованы в других целях. Например, плановые работы по ремонту и реконструкции линий электропередач, проходящих по сельскохозяйственным угодьям, проводятся только после согласования с землепользователями и в период, когда земли свободны от сельскохозяйственных культур. Если же это работы незамедлительного характера, по завершении ремонтных работ земли должны быть приведены в состояние, пригодное для их целевого назначения;

- приоритет вод питьевого и бытового назначения (изложен в ст. 133 Водного кодекса РФ): если вода из подземного источника пригодна для питьевого водоснабжения, она не может быть использована в других целях [41];
- приоритет использования земных недр для разработки месторождений полезных ископаемых;
- приоритет лесов защитного назначения: статус повышенной охраны имеют леса первой группы, которые выполняют водоохранные, санитарно-гигиенические, защитные, оздоровительные функции;
- приоритет условий существования животных в состоянии естественной свободы (установлен требованиями Федерального закона № 52-ФЗ «О животном мире») [40]. Запрещается использовать животных в научных, культурных, просветительских целях, предполагающих их изъятие из привычной природной среды и нанесение вреда им и их среде обитания.

Под источниками права понимаются нормативно-правовые акты, в которых содержатся правовые нормы, регулирующие экологические отношения. Источники экологического права на разных уровнях приведены в табл. 12.

Таблица 12

#### Источники экологического права

Федеральный уровень	Уровень субъектов РФ	Муниципальный уровень
Конституция РФ (1993) Международные документы Федеральные конституционные законы в области охраны природы Федеральные законы Акты Президента РФ (указы и распоряжения по вопросам природопользования) Акты Правительства РФ (постановления, распоряжения) Нормативные правовые акты федеральных министерств	Законодательство субъектов РФ – конституции, уставы субъектов РФ Законы субъектов РФ в области охраны природы Акты глав субъектов РФ Акты органов исполнительной власти субъектов РФ	Акты местного самоуправления в области экологии и охраны природы

Рассмотрим подробнее некоторые документы, устанавливающие нормы и законы экологического права.

**Конституция РФ** [15]:

- провозглашает право граждан на землю и другие природные ресурсы (ст. 9, 36);
- закрепляет право каждого на благоприятную окружающую среду (экологическую безопасность) и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью (ст. 42);
- определяет компетенцию государственных органов в сфере природопользования и охраны окружающей среды (ст. 71, 72, 114);
- устанавливает обязанности граждан по отношению к природе и сохранению ее богатств (ст. 58).

Федеральный закон РФ **«Об охране окружающей среды»** (2002) [41] определяет принципы природоохранной деятельности и является основным источником экологического права в России. Закон состоит из 16 глав и 84 статей. Главной задачей этого природоохранного законодательного акта является регулирование отношений в области взаимодействия человека и природы с целью оздоровления общества и укрепления законности и правопорядка в интересах будущих поколений людей. Закон провозглашает базовый принцип: научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов под приоритетом охраны жизни и здоровья человека [9]. Объектом охраны являются природные экосистемы. Права граждан на охрану здоровья от негативного воздействия техногенных факторов обеспечиваются нормированием качества окружающей среды, мерами по предотвращению экологически вредной деятельности, государственным страхованием граждан, экологическим контролем за состоянием окружающей среды, возмещением вреда, причиненного загрязнением окружающей среды (в судебном или административном порядке).

Федеральный закон РФ **«О радиационной безопасности населения»** (1995) [41] провозглашает принцип приоритета здоровья человека и окружающей природной среды при практическом использовании и эксплуатации объектов ионизирующих излучений. Правовая защита людей, вовлеченных в сферу использования ядерных и радиационных установок, гарантируется данным законом. В случае радиационной аварии закон гарантирует возмещение ущерба здоровью и имуществу граждан. Законом устанавливается компенсация за повышенный риск, связанный с прожива-

нием вблизи радиационных установок. Лица, виновные в нарушении требований к обеспечению радиационной безопасности, несут административную, гражданско-правовую и уголовную ответственность в соответствии с законодательством РФ.

Федеральный закон РФ *«Об охране атмосферного воздуха»* (1999) [41] устанавливает правовые основы и утверждает основные мероприятия по охране атмосферного воздуха, к которым относится нормирование загрязняющих веществ и платы за их выбросы в воздушную среду. Правовая охрана атмосферного воздуха представляет целый комплекс мер: учет, контроль, установление нормативов токсичных веществ, обеспечение выполнения экологических требований источниками вредного воздействия на атмосферный воздух, а также организацию населенных пунктов, промышленных зон с учетом норм и правил охраны атмосферного воздуха.

Федеральный закон РФ *«Об экологической экспертизе»* (1995) [41] регулирует отношения в области экологической экспертизы, сущность которой заключается в предварительной (на стадии принятия решения и разработки проекта) проверке соответствия хозяйственной деятельности экологическим требованиям. Правовой основой экологической экспертизы является не только закон *«Об экологической экспертизе»*, но и закон РФ *«Об охране окружающей природной среды»* и Положение о порядке проведения государственной экологической экспертизы (2020).

Федеральный закон РФ *«О недрах»* (1992) [41] является основополагающим актом в системе законодательства о недрах и устанавливает правовые отношения при изучении, использовании и охране недр. Ценность недр заключается в том, что они представляют собой источник полезных ископаемых и подземных вод, глубинное тепло, хранят памятники истории и культуры. Недра в границах территории РФ (подземное пространство и содержащиеся в нем полезные ископаемые и иные ресурсы) являются государственной собственностью, поэтому изъяты из гражданского оборота. Государственное регулирование отношений недропользования осуществляется путем управления, лицензирования, учета и контроля, а также принятия нормативных актов.

Федеральный закон РФ *«О животном мире»* (1995) [41] регулирует отношения в области охраны и использования животного мира. Причиной создания закона является уменьшение численности многих видов живот-



ных и сокращение биологического разнообразия в связи с разрушением среды обитания животных, происходящим в результате расширения масштабов хозяйственной деятельности, освоения земель, вырубки лесов, загрязнения окружающей природной среды, хищнической эксплуатации животного мира. В пределах территории РФ животный мир является государственной собственностью, поэтому изъят из гражданского оборота. Такие сделки, как продажа или залог объектов животного мира, нарушающие право государственной собственности, являются недействительными.

Федеральный закон РФ *«Об отходах производства и потребления»* (1998) [41] определяет правовые основы обращения с отходами производства и потребления в целях предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду, а также вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья. Опасными являются отходы, которые содержат вредные вещества, обладающие токсичностью, взрывоопасностью, пожароопасностью, высокой реакционной способностью либо содержащие возбудителей инфекционных заболеваний. Отходы в зависимости от степени токсичности подвергаются захоронению, переработке или размещению на специально отведенной территории.

Охрана окружающей природной среды осуществляется путем полного или частичного изъятия природных комплексов или объектов из активного хозяйственного освоения и создания особо охраняемых территорий с целью их сохранения. Правовой режим особо охраняемых природных территорий регулируется Законами РФ *«Об охране окружающей природной среды»* и *«Об особо охраняемых природных территориях»*.

Федеральный закон РФ *«Об особо охраняемых природных территориях»* (1995) [41] регулирует отношения в области организации, охраны и использования особо охраняемых природных территорий в целях сохранения уникальных природных комплексов, объектов растительного и животного мира, их генетического фонда, а также в целях изучения естественных процессов в биосфере и контроля за изменением ее состояния.

*Водный кодекс (ВК) РФ* (1995) [41] регулирует правовые отношения в области использования и охраны водных объектов. Все водные объекты на территории страны являются государственной собственностью (ст. 34, 35). Такие виды собственности, как муниципальная и частная, допускаются только на обособленный водный объект (замкнутый водоем), небольшой по

площади и непроточный искусственный водоем. ВК устанавливает приоритет питьевого и хозяйственно-бытового использования и особые требования к качеству этих вод. Согласно ст. 133 ВК РФ, для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения должны использоваться защищенные от загрязнения и засорения поверхностные и подземные водные объекты. Их пригодность к использованию определяется государственным органом санитарно-эпидемиологического надзора. Правовая охрана вод представляет собой систему закрепленных законом мер, направленных на предотвращение их от загрязнения, засорения и истощения. Качество подземных и поверхностных вод, соответствующее экологическим требованиям, обеспечивается установлением и соблюдением нормативов предельно допустимых воздействий на водные объекты.

**Земельный кодекс (ЗК) РФ** (2001) [41] регламентирует охрану земель и защиту окружающей природной среды от возможного вредного воздействия при использовании земли. Отношения по поводу земли, т. е. в связи с ее рациональным использованием и охраной в целях воспроизводства плодородия почв, улучшения природной среды и защиты прав на землю граждан и организаций, называются земельными отношениями. Земли в пределах границ Российской Федерации образуют земельный фонд, который делится на несколько категорий по своему целевому назначению: сельскохозяйственные земли, земли населенных пунктов, земли промышленности, транспорта, энергетики, земли природоохранного, рекреационного назначения, земли лесного фонда, земли водного фонда, земли запаса. Наиболее значимыми являются земли первой категории, поэтому законодательство закрепляет особый порядок их использования и охраны. Правовая охрана земель заключается в системе закрепленных законом мер, направленных на обеспечение рационального использования земель, сохранение и повышение плодородия почв, защиту от истощения и разрушения.

**Лесной кодекс (ЛК) РФ** (1997) [41] устанавливает правовые основы рационального природопользования, охраны, защиты и воспроизводства лесов, повышения их экологического и ресурсного потенциала. Государственное управление в сфере использования и охраны лесов осуществляют следующие органы: Правительство РФ, Президент РФ, органы исполнительной власти субъектов РФ и специально уполномоченные органы (Федеральная служба лесного хозяйства России, ее территориальные органы, национальные парки, заповедники, заказники и др.). Лесной фонд РФ образуют леса России вместе с землями лесного фонда, не покрытыми лесной

растительностью (вырубки, гари, пустыри, прогалины), но предназначенными для ее восстановления. Леса подразделяются на следующие группы:

- леса, выполняющие водоохранные, защитные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные функции;
- леса, находящиеся в регионах с высокой плотностью населения и развитой сетью транспортных коммуникаций, также выполняющие вышеперечисленные функции; леса регионов с недостаточными лесными ресурсами, для сохранения которых требуется ограничение режима лесопользования;
- леса многолесных районов, имеющие преимущественно эксплуатационное значение.

Владение, пользование и распоряжение лесным фондом осуществляется с учетом глобального экологического значения лесов, их воспроизводства, длительности выращивания и других природных свойств леса (ст. 18 ЛК РФ), т. е. с учетом особенностей леса как природного объекта.

Право лесопользования представляет собой систему правовых норм, регулирующих порядок и условия пользования лесом, а также права и обязанности лесопользователей. Объектами права лесопользования являются обособленные участки лесного фонда или лесов, не входящие в лесной фонд и предоставленные для использования в установленном порядке. Субъектами права лесопользования являются граждане и юридические лица. Право лесопользования является платным [8].

Особое внимание следует уделить *национальному проекту «Экология»* (2019–2024), который включает 9 федеральных проектов по следующим направлениям: отходы, вода, воздух, биоразнообразие, технологии. Целью проекта является кардинальное улучшение экологической обстановки.

К источникам экологического права также относят *указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ* (затрагивают широкий круг экологических вопросов), *нормативные акты природоохранных министерств и ведомств, нормативные решения органов местного самоуправления.*

***Государственные органы управления и контроля в области охраны окружающей среды*** подразделяются на две категории: органы общей и специальной компетенции.

К числу первых относятся высшие государственные органы управления (Президент РФ, Правительство РФ, Федеральное собрание РФ, Государственная дума РФ), которые играют ведущую роль в определении эко-

логической политики государства, ее задач и принципов, путей и методов реализации, создании организационных и правовых основ природоохранной деятельности и осуществляют высший контроль в данной сфере. Сюда же относятся местные органы управления, выполняющие функции государственного регулирования и контроля в области природопользования и охраны окружающей среды на подведомственных им территориях.

Во вторую группу входят государственные органы, специально уполномоченные для выполнения функций экологического управления. Их можно разделить на три подгруппы:

1. *Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации и Государственный комитет по охране окружающей среды (Госкомэкологии России)* осуществляют надведомственные задачи по управлению природопользованием и охраной окружающей среды. Законодательство наделяет Госкомэкологии как центральный орган экологического управления в стране весьма обширными полномочиями:

- осуществление разработки и реализации целевых экологических программ;
- принятие нормативных актов по вопросам охраны окружающей природной среды;
- организация экологического мониторинга, контроля и экспертизы;
- осуществление выдачи лицензий на отдельные виды природопользования;
- согласование норм и лимитов использования природных ресурсов;
- проведение стандартизации в сфере охраны окружающей среды;
- проведение обязательной сертификации на соответствие экологическим требованиям и т. д.

2. *Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Департамент Госсанэпиднадзора Минздрава РФ (Санэпиднадзор РФ), Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), Государственный комитет РФ по земельной политике, Федеральная служба лесного хозяйства России, Государственный комитет РФ по рыболовству* и др. Эти органы осуществляют ведомственные, а также отраслевые задачи по управлению использованием и охраной отдельных видов природных ресурсов.

3. *Органы местного самоуправления* контролируют использование земель, благоустройство и озеленение территории, регулируют использование водных объектов местного значения, месторождений полезных ископаемых, недр для строительства подземных сооружений, участвуют в охране окружающей среды и т. д. Органы местного самоуправления наделены следующими правами в сфере природопользования:

- осуществлять на своей территории управление и контроль в области использования и охраны вод, недр, лесов, атмосферного воздуха, флоры и фауны;
- обеспечивать проведение мероприятий по охране окружающей среды и соблюдению правил охоты и рыбной ловли;
- определять в соответствии с законодательством правила пользования природными ресурсами, выносить решения о приостановлении строительства или эксплуатации объектов в случае нарушения экологических норм;
- устанавливать зоны санитарной охраны водных объектов в соответствии с требованиями санитарных норм;
- принимать в соответствии с законодательством решения о наложении штрафов в административном порядке и др.

**Эколого-правовая ответственность.** Одним из средств обеспечения рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды является юридическая ответственность за нарушение норм экологического законодательства. Основаниями юридической ответственности являются нарушения в сфере природопользования и охраны окружающей природной среды. Правонарушения, совершаемые в данной области, делятся на две группы:

- нарушения, посягающие на права и интересы собственников природных ресурсов и природопользователей, на установленный порядок управления в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Среди них можно назвать нарушение права государственной собственности на леса, воды, недра, животный мир. Например, незаконные сделки с природными ресурсами, самовольное пользование природными объектами, повреждение водохозяйственных сооружений, уничтожение межевых знаков землепользования и др.;
- нарушения, направленные против окружающей природной среды или отдельных природных объектов – вод, земель, лесов и т. д. Это такие экологические правонарушения, как незаконная рубка леса, загрязнение водоема, уничтожение редких видов животных и т. д.

*Объектом* экологического правонарушения являются окружающая природная среда или ее отдельные компоненты. *Предметом* экологического правонарушения являются общественные отношения по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей природной среды, обеспечению экологической безопасности населения, благоприятной для человека среды обитания.

Вредные последствия экологического правонарушения вызывают причинение вреда окружающей среде или здоровью человека, а также создание реальной угрозы такого вреда. Следовательно, экологический вред – важнейший признак экологического правонарушения.

Субъектами экологических правонарушений могут быть как физические, так и юридические лица.

Экологические правонарушения классифицируются по разным признакам:

- по видам природных ресурсов, которым причиняется ущерб (земельные, водные, лесные и т. д.);
- по характеру причиненного вреда: загрязнение окружающей природной среды и ее отдельных компонентов, повреждение и уничтожение природных объектов, истощение природных вод (например, подземных вод) и др.;
- по характеру применяемых санкций – уголовные, административные, гражданско-правовые, дисциплинарные и др.;
- по степени экологической опасности – экологические преступления (уголовные правонарушения) и экологические поступки (административные, дисциплинарные, гражданские и др.).

*Уголовная ответственность* установлена за наиболее социально опасные деяния в области природопользования и охраны окружающей природной среды. Экологические преступления подразделяются на *общие*, направленные против окружающей среды в целом (нарушение правил обращения с экологически опасными веществами), и *специальные*, которые посягают на отдельные природные объекты (незаконная охота, порча земли, загрязнение воды и др.). В виде санкций за экологические преступления применяются штрафы, лишение права заниматься определенной деятельностью, исправительные работы, арест, лишение свободы на определенный срок.

*Административная ответственность* наступает в случае противоправных деяний, нарушающих установленный экологический порядок и предусмотренных нормами экологического законодательства. Большая часть административных поступков представляет собой нарушение правил рационального природопользования и охраны природных ресурсов. К мерам административных взысканий относят предупреждения, штраф, конфискацию орудий совершения правонарушения и т. д.

К *дисциплинарной ответственности* привлекаются за экологические правонарушения согласно нормам трудового законодательства. Субъектами дисциплинарной ответственности являются работники, должностные лица, руководители предприятий, отвечающие за состояние работы по охране природы. В качестве дисциплинарных взысканий применяются замечания, выговор, строгий выговор, увольнение.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

1. Охарактеризуйте законы экологии Б. Коммонера. Почему реализация принципа рационального природопользования возможна только при соблюдении законов экологии?
2. В чем сущность рационального природопользования?
3. Перечислите классы опасности отходов и лимитирующие показатели вредности.
4. Что представляют собой санкционированные и несанкционированные свалки?
5. В чем преимущества метода брикетирования отходов?
6. Дайте краткую характеристику термических методов утилизации отходов.
7. Почему сжигание твердых отходов в печах считается неэкологичным методом утилизации?
8. Перечислите основные методы очистки воздуха от газов и пылей.
9. Как называются аппараты для очистки вредных выбросов от пыли, основанные на использовании центробежной силы?
10. На чем основан принцип работы скруббера Вентури? Каковы недостатки мокрых пылеуловителей?
11. Что такое адсорбция?
12. В чем суть каталитического окисления загрязняющих веществ?

13. Охарактеризуйте механические методы очистки сточных вод.
14. Перечислите физико-химические методы очистки сточных вод.
15. Какими методами можно проводить термическую очистку сточных вод?
16. Какие показатели характеризуют загрязненность сточных вод органическими загрязнителями?
17. В каких случаях для очистки сточных вод используют окислительно-восстановительные методы?
18. Что такое особо охраняемые территории? Перечислите основные категории этих территорий.
19. Назовите основные источники экологического права, образующие экологическое законодательство Российской Федерации.
20. Какие законы РФ, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, Вы можете назвать? Что регулирует каждый из них?
21. Перечислите государственные органы управления и контроля в области охраны окружающей среды.
22. Назовите виды правонарушений в сфере природопользования и охраны окружающей природной среды.
23. Как классифицируются экологические правонарушения?
24. В каких случаях наступает уголовная ответственность в сфере природопользования и охраны окружающей природной среды?



## **Глава 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **5.1. Экологический контроль. Экологический мониторинг**

Под **государственным экологическим контролем** понимают один из видов государственной административной деятельности, призванной обеспечить соблюдение экологического законодательства и выполнение природоохранных мероприятий. Контроль осуществляют законодательные и исполнительные органы, а также специально уполномоченные органы государства. Экологический контроль является одним из сильнейших способов регулирования качества окружающей среды. Цель экологического контроля (ЭК) – предупреждение и устранение правонарушений в области охраны окружающей природной среды.

К объектам ЭК относят как окружающую природную среду в целом, так и отдельные ее компоненты: атмосферный воздух, воды, земли, недра, растительный и животный мир и т. д.

Согласно Закону РФ «Об охране окружающей среды» (2002), должностные лица органов государственного ЭК наделены следующими полномочиями [41]:

- принимать решения об ограничении и даже прекращении деятельности экологически вредных объектов;
- налагать административные штрафы в установленном размере за экологические правонарушения;
- предъявлять иски о возмещении вреда, причиненного окружающей природной среде;
- выдавать разрешение на использование природных ресурсов, устанавливать нормативы для выбрасываемых предприятиями вредных веществ и назначать государственную экологическую экспертизу.

Существуют две формы ЭК: предупредительная и карательная.

**Предупредительная форма ЭК** заключается в разработке и введении в действие нормативов качества окружающей среды и рационального природопользования, выдаче разрешений или лицензий (и их аннулировании) на использование различных видов природных ресурсов, установлении лимитов сбросов и выбросов загрязняющих веществ, лимитов хранения твердых отходов и т. д.

**Карательная форма ЭК** актуальна в тех случаях, когда последствия экологического правонарушения не позволяют ограничиться только предупреждением. Она выражается во вступлении в силу различных видов юридической ответственности – от дисциплинарной до уголовной. Карательный ЭК проявляется также и в ограничении, приостановлении и полном прекращении деятельности нарушившего экологическое законодательство предприятия.

Система экологического контроля состоит из подсистем: государственная служба наблюдения за состоянием окружающей среды, государственный ЭК, производственный ЭК, общественный ЭК.

*Государственный экологический контроль* решает следующую задачу: достичь выполнения всеми хозяйствующими (хозяйственными) субъектами и гражданами РФ требований экологического законодательства и нормативов качества окружающей среды.

*Производственный экологический контроль* осуществляется непосредственно на предприятиях и регулируется их внутренними документами. Задача производственного ЭК – удерживать негативные воздействия предприятия на окружающую среду в пределах установленных нормативов, что позволит избежать претензий и соответствующих санкций со стороны государственного ЭК.

Силами общественных организаций, объединений и движений, профсоюзами и трудовыми коллективами осуществляется *общественный экологический контроль* за выполнением нормативных природоохранных требований министерствами, ведомствами, предприятиями, юридическими и физическими лицами. Общественный ЭК не зависит от государственных структур и ведомств, поэтому он в большей степени отражает экологические интересы граждан.

В ряде муниципальных образований органами местного самоуправления осуществляется *муниципальный экологический контроль*. За муниципальными инспекторами соответствующими законодательными актами закреплены полномочия, права и обязанности в области охраны окружающей среды.

Важнейшей частью экологического контроля является *экологический мониторинг*, под которым понимают систему наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды. Цель мониторинга – наблюде-

ние за состоянием окружающей среды и уровнем ее загрязнения. Экологический мониторинг решает следующие задачи:

- оценка фактического состояния окружающей среды и уровня ее загрязнения;
- прогноз состояния окружающей среды в результате возможных загрязнений и оценка этого состояния.

Для достижения целей и решения задач экологического мониторинга в России существует и развивается *Единая государственная система экологического мониторинга* (ЕГСМ), выполняющая следующие функции:

- получение полной, достоверной и сопоставимой информации об изменениях состояния окружающей природной среды в результате антропогенного воздействия;
- оценка состояния окружающей природной среды, показателей состояния биосферы и функциональной целостности экосистем;
- обоснование корректирующих мер и средств по достижению устойчивого экономического развития и благополучия регионов, обеспечению экологической безопасности страны;
- обеспечение необходимой информацией государственных органов и потребителей при подготовке и реализации организационных мер по выполнению федеральных административно-территориальных природоохранных программ и проектов.

Экологический мониторинг осуществляется в основном на трех уровнях (табл. 13).

Таблица 13

#### Характеристика уровней экологического мониторинга

Уровень экологического мониторинга	Объект наблюдения	Регистрируемый показатель
1	2	3
Локальный (местный, санитарно-гигиенический)	Приземный слой воздуха, поверхностные и подземные воды, бытовые стоки, радиоактивные излучения	Предельно допустимая концентрация вредных веществ Патогенные микроорганизмы Предельно допустимый уровень физических загрязнителей

1	2	3
Региональный (природно-хозяйственный)	Агроэкосистемы	Урожайность сельскохозяйственных культур
	Лесные экосистемы	Продуктивность лесных насаждений
	Исчезающие виды растений и животных	Популяционное состояние видов
	Природные экосистемы	Возможные нарушения
Глобальный (фоновый, биосферный)	Атмосфера	Глобальные последствия химического загрязнения: кислотные осадки, парниковый эффект, состояние озонового слоя
	Гидросфера	Загрязнение любых водоемов, состояние мирового океана в целом
	Литосфера	Характеристики состояния почв, проблема опустынивания
	Растительный и животный мир	Численность редких и исчезающих видов

Существуют и другие виды экологического мониторинга. Например, *национальный* – экологический мониторинг в рамках отдельной страны. *Импактный мониторинг* предполагает организацию наблюдения за локальными и региональными антропогенными воздействиями в особо опасных зонах.

Кроме того, мониторинг классифицируется и по объектам наблюдения: почвенный, атмосферный, водный, климатический, мониторинг растительности и животного мира, здоровья человека.

*Биологический мониторинг* – мониторинг, осуществляемый с помощью биоиндикаторов, т. е. таких организмов, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменении качества окружающей среды (голубая ель, рачки-дафнии, лишайники и др.).

Для получения объективной информации о состоянии и об уровнях загрязнения объектов окружающей среды необходимо воспользоваться надежными методами. На сегодняшний день к таким относятся физико-химические методы, обладающие высокой эффективностью: спектрофотометрические, электрохимические, хроматографические, спектрометрические и т. д. Для наблюдений за объектами биосферного уровня используется спутниковое слежение.

В последнее время все больше внимания уделяется вопросам эффективности экологического контроля и управления в плане соблюдения природоохранных норм и правил на всех стадиях реализации любого проекта. Очевидно, что основные принципы деятельности, технические и технологические решения следует выбирать еще на стадии подготовки предпроектной и проектной документации. В связи с этим очень важным является проведение *экологической экспертизы* – оценки соответствия намечаемой хозяйственной или иной деятельности экологическим требованиям [40].

Директивой ЕС85/337ЕЭС «Об оценке воздействия на окружающую среду отдельных государственных и частных проектов» были обозначены проекты, включающие в себя экологически опасные производства, требующие обязательной экологической экспертизы при оценке экологической опасности [29]. К объектам, требующим обязательной экологической экспертизы, отнесены:

- нефтеперерабатывающие предприятия и предприятия по производству сжиженного газа из угля;
- тепловые электростанции и другие установки по сжиганию топлива мощностью 300 МВт и более, атомные электростанции и ядерные реакторы (за исключением маломощных);
- установки, предназначенные для постоянного складирования или захоронения радиоактивных отходов;
- металлургические комбинаты;
- предприятия по переработке асбеста и асбестосодержащих материалов;
- химические комбинаты широкого профиля;
- автомагистрали, железные дороги дальнего следования и аэропорты с длиной взлетно-посадочной полосы 2100 м;
- торговые морские порты, а также внутренние водные пути и порты, принимающие суда грузоподъемностью более 1350 т; мусоросжигательные заводы и установки для переработки токсичных и опасных отходов.

Экологическую экспертизу могут проводить государственные структуры и общественные организации. Государственная экологическая экспертиза организуется и проводится специально уполномоченными государственными органами. На федеральном уровне государственную экологическую экспертизу проводит Министерство природных ресурсов РФ, на уровне

субъектов РФ – министерства природных ресурсов субъектов РФ и их подразделения – комитеты по охране окружающей среды.

Законом № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» (1995) утверждены принципы, на которых базируется экологическая экспертиза [41]:

- презумпция потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной и иной деятельности;
- обязательность проведения государственной экологической экспертизы до принятия решения о реализации объекта экологической экспертизы;
- комплексность оценки воздействия на окружающую природную среду хозяйственной и иной деятельности и ее последствий;
- обязательность учета требований экологической безопасности при проведении экологической экспертизы;
- достоверность и полнота информации, представляемой на экологическую экспертизу;
- независимость экспертов экологической экспертизы;
- научная обоснованность и законность заключений экологической экспертизы;
- участие общественных организаций и учет общественного мнения;
- ответственность участников экологической экспертизы за организацию, проведение, качество экологической экспертизы.

Государственная экологическая экспертиза обычно предшествует принятию хозяйственного решения. Это позволяет еще на стадии планирования и проектирования выявить допущенные ошибки, оценить их последствия и дать рекомендации по их устранению. Финансирование работ по всем проектам и программам начинается только в случае положительного заключения государственной экологической экспертизы.

Кроме государственной, существуют и другие виды экспертиз (общественная, научная), которые обычно проводятся на добровольной основе и носят рекомендательный или информационный характер.

## **5.2. Нормирование качества окружающей среды**

Под *качеством окружающей природной среды* понимают степень соответствия ее характеристик потребностям человека. Нормирование качества окружающей среды (экологическое нормирование) означает уста-

новление нормативов (показателей) предельно допустимых воздействий человека на окружающую природную среду. Нормативы подразделяются на три группы [43, 46]:

1. **Санитарно-гигиенические нормативы:** предельно допустимая концентрация вредных веществ, предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий (радиации, шума, вибрации, магнитных полей и т. д.).

2. **Производственно-хозяйственные нормативы:** предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ, предельно допустимый сброс (ПДС) вредных веществ.

3. **Комплексные нормативы** – нормативы предельно допустимой нагрузки (ПДН) на окружающую среду.

**ПДК** – максимальная концентрация вещества в окружающей среде (воздухе, воде, почве, продуктах питания), которая при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК рассчитывают на единицу объема для воздуха ( $\text{мг/м}^3$ ) и воды ( $\text{мг/л}$ ), на единицу массы ( $\text{мг/кг}$ ) для почвы и пищевых продуктов.

При содержании в окружающей среде нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), учитывают их совместное воздействие (например, диоксидов серы и азота в воздухе). Сумма их концентраций ( $C$ ) при расчете не должна превышать единицы:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1.$$

При нормировании качества атмосферного воздуха используют такие показатели, как ПДК вредных веществ в рабочей зоне ( $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ ), ПДК максимально разовую ( $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ ) и среднесуточную ( $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ ).

**$\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$**  – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (пространстве высотой до 2 м над уровнем пола или площадки), которая при ежедневной работе (не более 41 ч в неделю) на протяжении всего рабочего стажа не вызывает заболеваний или отклонения в состоянии здоровья человека в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

**ПДК<sub>м.р.</sub>** – это максимальная концентрация вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 мин рефлекторных реакций в организме человека (ощущения запаха, изменения световой чувствительности глаз и т. д.).

**ПДК<sub>с.с.</sub>** – это максимальная концентрация вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

В зависимости от продолжительности действия загрязнителя ПДК могут быть разными: при кратковременном воздействии – более высокие концентрации (ПДК<sub>м.р.</sub>), при длительном – более низкие (ПДК<sub>с.с.</sub>). В табл. 14 приведены значения ПДК<sub>м.р.</sub> и ПДК<sub>с.с.</sub> некоторых веществ-загрязнителей.

Как правило,  $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} > \text{ПДК}_{\text{м.р.}} > \text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ .

Таблица 14

Значения ПДК<sub>м.р.</sub> и ПДК<sub>с.с.</sub> загрязняющих веществ

Вещество	ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>с.с.</sub> , мг/м <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	0,085	0,04
CO	3,000	1,00
SO <sub>2</sub>	0,510	0,05

При нормировании качества воды определяют следующие показатели: органолептические (запах, привкус, окраску и т. д.), санитарно-токсикологические, отражающие воздействие химических веществ на здоровье человека и животных, а также общесанитарные, характеризующие влияние химических веществ на скорость протекания процессов самоочищения.

Из этих трех показателей для определения предельно допустимой концентрации берется тот, у которого наименьшая концентрация. Например, для бензина – ПДК по органолептическому показателю, для свинца – по санитарно-токсикологическому, для аммиака – по общесанитарному.

**ПДУ** – это максимальный уровень воздействия радиации, шума, вибрации, электромагнитных полей и других физических воздействий, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений и их генофонда.

**ПДВ** и **ПДС** – это максимальное количество загрязняющих веществ, которое в единицу времени разрешается данному конкретному предприятию выбрасывать в атмосферу (ПДВ) или сбрасывать в водоемы (ПДС), не



вызывая при этом превышения в них ПДК вредных веществ и неблагоприятных экологических последствий.

**ПДН** – это максимальная интенсивность антропогенного воздействия на окружающую среду, не приводящая к нарушению устойчивости экосистем.

**Основы разработки нормативов ПДВ.** Выбросы вредных веществ (ВВ), содержащихся в отходящих газах промышленных предприятий, осуществляются через дымовые трубы. Их функция – отводить выбросные газы в верхние слои атмосферы и рассеивать их. Рассеивание является одним из путей достижения установленных нормативов качества воздуха в приземном слое атмосферы в районе расположения предприятия.

*Эффективность рассеивания* зависит от многих факторов, среди которых можно выделить следующие [26, с. 579]:

- высота трубы  $H$  (может достигать 300 м);
- высота подъема выбросных газов над устьем трубы.

Высота подъема газов обеспечивается направленным вверх движением со скоростью  $\omega_0$  и всплыванием теплых газов, выпускаемых в более холодный воздух. Степень разбавления выбросов зависит от расстояния, которое прошел этот выброс до данной точки.

Вредные вещества, содержащиеся в выбросе, распространяются по направлению ветра в пределах сектора, ограниченного довольно малым углом раскрытия факела вблизи выхода из трубы в  $10\text{--}20^\circ$ ; концентрация ВВ должна снижаться обратно пропорционально квадрату пройденного расстояния.

Наибольший интерес представляет не вертикальное распределение концентрации в пространстве, а изменение концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха.

**Влияние различных факторов на приземное распределение загрязняющих веществ (ЗВ).** Прежде всего, к этим факторам относятся метеорологические, климатические условия, рельеф местности, характер расположения на ней объектов предприятия, высоты дымовых труб и т. д.

1. *Скорость ветра* влияет на перенос частиц ЗВ в направлении от высокого давления к низкому. Информация о скоростях и направлениях ветра в районе расположения предприятия используется для анализа и выявления частоты неблагоприятных метеорологических условий, при которых возникает повышенное загрязнение воздуха.

Каждому источнику выбросов соответствует своя так называемая опасная скорость ветра  $u_m$ , при которой имеет место наибольшая приземная концентрация ВВ  $C_m$ . Между штилем и высокой скоростью ветра есть такая опасная скорость  $u_m$ , при которой дымовой факел, прижимаясь к земле, на определенном расстоянии  $x_m$  создает наибольшую величину приземной концентрации вредных веществ  $C_m$ .

2. *Температурная стратификация атмосферы*, т. е. характер вертикального распределения температур, определяется способностью поверхности Земли поглощать или излучать тепло. При обычном состоянии в дневное время земная поверхность нагревается и за счет конвективного обмена нагревает приземный слой воздуха. В этих условиях по мере подъема вверх температура падает. Температурный градиент составляет  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 м подъема.

Ночью при ясной погоде поверхность Земли отдает в окружающее пространство большое количество лучистого тепла. При этом земная поверхность, охлаждаясь, снижает температуру и приземного слоя воздуха, который остывает быстрее верхних слоев. Происходит инверсия (поворот) распределения температур в воздушной оболочке. Особенно интенсивно приземная инверсия формируется во время ясной морозной погоды или во время антициклонов.

В инверсионных условиях ослабляются и всплывание дымовых газов, и турбулентный обмен, что ведет к ухудшению рассеивания выбросов.

Для расчета приземных концентраций температурная стратификация учитывается с помощью *коэффициента стратификации  $A$* , отражающего региональные неблагоприятные условия вертикального и горизонтального перемешивания примесей. Коэффициент  $A$  зонирован по территории России.

3. *Температура воздуха*. Чем выше температура, тем меньше эффект всплывания дымовых газов. В связи с этим расчеты проводят по средней температуре самого жаркого месяца года, используя данные многолетних климатических наблюдений.

4. *Рельеф местности*. Даже небольшие возвышенности существенно меняют микроклимат в отдельных районах, а также характер рассеивания вредных веществ. Зафиксированы высокие концентрации ВВ с завет-

ренной стороны холмов (зоны пониженного давления), где наблюдается встречное по отношению к основному потоку движение.

**Максимальная приземная концентрация** ВВ  $C_m$  (мг/м<sup>3</sup>) при выбросе дымовых газов из одиночного источника:

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V\Delta T}}, \quad (9)$$

где  $A$  – коэффициент стратификации;

$M$  – масса ВВ, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

$F$  – коэффициент, учитывающий скорость оседания ВВ в атмосферном воздухе. Значения коэффициента  $F$  для газообразных веществ и аэрозолей, у которых скорость упорядоченного оседания близка к нулю, принимается равным 1, для летучей золы (при отсутствии очистки) – 3;

$m$ ,  $n$  – безразмерные коэффициенты, учитывающие гидродинамические условия выхода газовой смеси из трубы;

$\eta$  – коэффициент, учитывающий влияние местности. Для ровной и слабопересеченной местности  $\eta = 1$ ;

$H$  – высота трубы, м;

$V$  – объем выбросных (дымовых) газов, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta T$  – температурный градиент.

**Нормирование выбросов в атмосферу.** ПДВ устанавливают таким образом, чтобы выбросы от данного источника не создавали приземные концентрации, превышающие максимально разовые допустимые концентрации (ПДК<sub>м.р.</sub>).

Предельно допустимые выбросы определяются индивидуально в зависимости от расположения источника относительно жилых массивов, сочетания выбросов от рассматриваемого источника с выбросами от других источников, окружающего воздуха, рельефа местности и других факторов.

Нормативы ПДВ устанавливаются на основании расчета приземных концентраций ВВ (максимальной приземной концентрации  $C_m$ ) и сопоставления результатов расчета с предельно допустимыми концентрациями.

Величина ПДВ определяется в виде массы выбросов в единицу времени, в граммах в секунду. Для одиночного источника с круглым устьем рекомендуется формула:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) \cdot H^2}{AFmn^3} \cdot \sqrt[3]{V\Delta T}, \quad (10)$$

где  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация, которая характеризует загрязнение атмосферы в населенном пункте, создаваемое другими источниками, за исключением данного. Фоновая концентрация относится к тому же интервалу осреднения (20 мин), что и максимально разовая ПДК.

Должно соблюдаться условие:

$$C + C_{\phi} \leq \text{ПДК}. \quad (11)$$

Предельно допустимый выброс устанавливается по каждому веществу индивидуально.

Если в воздухе городов концентрации вредных веществ превышают ПДК, а значения ПДВ в данное время не могут быть достигнуты, то по согласованию с региональными органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) предусматривается поэтапное снижение выбросов ВВ до значений ПДВ. На каждом этапе до обеспечения ПДВ устанавливаются временно согласованные выбросы (ВСВ) на уровне, не превышающем величины выбросов лучших отечественных производств.

**Основы разработки нормативов ПДС. Условия выпуска сточных вод в водоемы** определяются Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения. Согласно этим правилам водные объекты, используемые для хозяйственно-бытовых и культурно-бытовых целей, делятся на две категории:

- хозяйственно-питьевое водоснабжение предприятий пищевой промышленности;
- объекты для спорта, купания и отдыха.

Предельно допустимая концентрация того или иного вещества в водоеме устанавливается по такому признаку вредного воздействия, который характеризуется наименьшей пороговой концентрацией.

Для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования используют три вида лимитирующего признака вредности (ЛПВ):

1) санитарно-токсикологический ЛПВ – воздействие на здоровье человека;

2) общесанитарный ЛПВ – состояние водоема, поддержание воды водоема в способности к самоочистке;

3) органолептический ЛПВ – цвет, запах, вкус.

Для водных объектов рыбохозяйственного назначения, кроме вышеперечисленных, используются еще два вида ЛПВ:

4) токсикологический ЛПВ – влияние на живые организмы, обитающие в воде;

5) рыбохозяйственный ЛПВ – воспроизводство рыбы.

ПДК для любого присутствующего вещества в воде устанавливается по наиболее «восприимчивому» ЛПВ. Например, для мышьяка ЛПВ санитарно-токсикологический – 0,1 мг/л, ЛПВ общесанитарный – 0,03 мг/л, ЛПВ органолептический – 100 мг/л. В связи с этим для водоемов питьевого и культурно-бытового назначения ПДК воды для мышьяка составляет 0,03 мг/л. Если же учесть, что ЛПВ токсикологический равен 0,01 мг/л, то ПДК для мышьяка в водоемах рыбохозяйственного назначения будет равен 0,01 мг/л.

Отмеченный состав и свойства воды водных объектов обеих категорий должны соответствовать нормативным требованиям в створе, расположенном на водотоках в 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования.

**Разбавление сточных вод в водоеме.** Данный процесс является одним из основных путей обезвреживания сточных вод, поступивших в водоем. Несмотря на неизменность общего количества загрязняющих веществ при разбавлении, обезвреживающий эффект очевиден.

Разбавление какого-либо притока в речном потоке, например сточной жидкости, обусловлено смешением загрязненных струй со смежными, более чистыми струями под влиянием турбулентного перемешивания. Вследствие этого к поступившей в водоем сточной жидкости с расходом  $q$  (м<sup>3</sup>/с) присоединяется разбавляющая речная вода с расходом  $Q_{см}$  (м<sup>3</sup>/с).

Под разбавлением  $n$  понимают отношение суммы расходов разбавляемой  $q$  и разбавляющей  $Q_{см}$  воды [26, с. 588]:

$$n = \frac{q + Q_{см}}{q}. \quad (12)$$

Расход разбавленной воды можно представить как часть полного расхода речного потока  $Q$ :

$$Q_{см} = \gamma Q, \quad (13)$$

где  $\gamma$  – коэффициент смешения, указывающий на то, как часть полного речного потока участвует в разбавлении сточной жидкости.

В качестве расчетного расхода реки  $Q$  должен приниматься расход 95 %-й обеспеченности:

$$n = \frac{q + \gamma Q}{q}. \quad (14)$$

В створе сосредоточенного спуска разбавление обычно отсутствует, поскольку разбавляющая вода еще не присоединяется к сточной жидкости, при этих условиях  $Q_{см} = 0$ . Поскольку расход реки не равен 0, то в соответствии с формулой должен быть равен нулю коэффициент смешения  $\gamma$ , в этом случае разбавление  $n = 1$ . Таким образом, равенство  $n = 1$  свидетельствует об отсутствии разбавления поступившей в водоем сточной жидкости.

По мере перемещения от створа выпуска вниз по течению к сточной жидкости будет присоединяться все большая часть расхода реки. На некотором расстоянии от выпуска эта часть станет равной полному расходу реки  $Q_{см} = Q$ . При этом равенстве наблюдается максимально полное разбавление СВ:

$$n_{полн} = \frac{q + Q}{q}. \quad (15)$$

Для створа полного смешения должно соблюдаться условие по концентрации загрязняющих веществ:

$$C_{max} = C_{min} = C_{ср}. \quad (16)$$

Средняя концентрация определяется из соотношения:

$$C_{ср} = \frac{(qC_{ст} + QC_{ф})}{(q + Q)}, \quad (17)$$

где  $C_{ст}$  – концентрация загрязняющих веществ в сточных водах;  
 $C_{ф}$  – фоновая концентрация того же вещества в речной воде выше выпуска СВ.

### 5.3. Экологическая паспортизация предприятий

Для комплексного решения всех экологических вопросов, связанных с деятельностью предприятий, проводится инвентаризация ими всех вредных выбросов в атмосферу, сбросов неочищенных промышленных стоков в водоемы, твердых промышленных отходов.

*Инвентаризация* вредных воздействий, выбросов и сбросов является первым этапом экологической паспортизации всех объектов. Это означает переход от рассмотрения частных экологических проблем к системному анализу проблемы в целом.

*Экологический паспорт* (ЭП) предприятия-природопользователя (ГОСТ Р 17.0.0.06–2000 «Экологический паспорт природопользователя») – это нормативно-технический документ, включающий данные по использованию предприятием природных ресурсов (природных вод, почв, воздуха, лесов, полезных ископаемых и т. д.), вторичных ресурсов (электроэнергии, горюче-смазочных материалов, мазута и т. д.), информацию по определению влияния хозяйственной деятельности предприятия на окружающую среду (ОС).

Разработка экологического паспорта является важным этапом в решении проблемы экологического контроля состояния ОС. Имея материал по множеству предприятий, на основании обобщения данных можно выявлять факторы, наиболее сильно влияющие на окружающую среду в регионе и разрабатывать мероприятия по улучшению экологической ситуации.

Информация, заключенная в экологическом паспорте, призвана решать следующие задачи:

- оценка влияния выбросов, сбросов, твердых отходов на ОС и определение платы за природопользование;
- установление предприятию ПДВ, ПДС, предельно допустимых отходов (ПДО) загрязняющих веществ в ОС;
- планирование предприятием природоохранных мероприятий и оценки их эффективности;
- повышение эффективности использования природных ресурсов и энергии;
- экологическая экспертиза проектируемых, существующих и реконструируемых предприятий;

- контроль за соблюдением предприятием законодательства РФ в области охраны окружающей среды;

- составление специальных форм государственной статистической отчетности. Например, форма 2 ТП-воздух содержит сведения об охране атмосферного воздуха, форма 2 ТП-отходы – сведения об образовании, обезвреживании, размещении и транспортировке отходов производства и потребления, форма 2 ТП-водхоз – сведения об использовании воды.

***Содержание экологического паспорта*** должно отражать:

- переход от изучения состояния ОС к детальному изучению причин (или ситуаций по каждому объекту на территории);

- переход от оценки общего объекта загрязняющих веществ к удельным показателям, относимым к единице производственной продукции.

Экологический паспорт служит не только исполнительным документом экологического контроля, но и является информационной основой для паспортизации территорий, регионов и страны в целом. Один экземпляр ЭП хранится на предприятии, другой – в территориальном органе охраны природы, третий – в научном центре «Экология» для ведения экологического учета.

***Структура экологического паспорта.*** Экологический паспорт включает несколько разделов.

*1. Общие сведения о предприятии:* наименование, адрес, ведомственная подчиненность; производственная структура, производственные показатели отдельных подразделений; экологическая карта-схема предприятия с нанесенными на ней производственными корпусами, дорогами, лесными угодьями, примыкающими жилыми массивами. Указываются источники загрязнения воды и воздуха, места водозаборов, приемники сточных вод и складирования твердых отходов (ТО).

*2. Краткая природно-климатическая характеристика района расположения предприятия:*

- метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания ЗВ в атмосфере (коэффициент температурной стратификации атмосферы, коэффициент рельефа местности, средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца, среднегодовая роза ветров, средняя скорость ветра);



- характеристика состояния ОС: значения фоновых концентраций загрязняющих веществ, которые выбрасываются в атмосферу предприятием и по которым нужно разрабатывать проекты ПДВ;

- характеристика источников водоснабжения и приемников сточных вод: минимальный среднемесячный расход воды, показатели качества вод водных объектов в контрольных створах выше и ниже выпуска и забора воды из водного объекта (БПК, ХПК, рН, температура, взвешенные вещества и др.).

### *3. Использование земельных ресурсов:*

- общая площадь занимаемых земель, включая сельскохозяйственные угодья, здания, дороги, хранилища, свалки и т. д. Отдельно приводятся сведения по эксплуатации и инвентаризации угодий (пашни, залежи, сенокосы, пастбища и т. д.);

- сведения о состоянии и использовании почвенных ресурсов: а) сведения об эрозии почвы (общая площадь, сколько смыто сильно- и слабозасоленных, занято оврагами, выведено из оборота), объем применения противоэрозионных мероприятий; б) сведения о состоянии пахотных земель, площадь неорошаемых и орошаемых земель, в том числе загрязненных агрохимикатами, тяжелыми металлами, радионуклидами, засоленных и заболоченных; в) сведения о рекультивациях нарушенных почв и использовании снятого гумусового слоя.

### *4. Состояние и использование водных ресурсов:*

- наименование источников водоснабжения: река, озеро, канал. Объем забираемой воды (тыс. м<sup>3</sup>/год). Объем использованной воды на орошение, водоснабжение и т. д. Объем коллекторно-дренажных и сточных вод. Потери воды при транспортировке;

- характеристика источников СВ: объем сбрасываемых СВ, их физико-химические показатели (БПК, ХПК, рН, температура, взвешенные вещества), количество ЗВ, сбрасываемых в единицу времени (г/с, т/год), эффективность очистных сооружений;

- очистные сооружения: указываются номер, наименование очистного сооружения и метод очистки (в соответствии с паспортом), проектная и фактическая пропускная способность, концентрация веществ на выходе и т. д. Фактическое содержание нормированных веществ в СВ определяется лабораторными анализами проб сточных вод;

- водооборотные системы: такие системы, в которых учитывают суммарные объемы экономии свежей воды за отчетный период за счет применения оборотной воды. К этим системам не относят реки, озера, водохранилища, воды которых используют для охлаждения или для аккумуляции.

Для водооборотных систем, кроме номера, указывают проектный и фактический расход воды.

Для систем повторного использования воды указывают последовательно цех и цель первичной и последующих стадий использования воды.

На основании этих сведений разрабатывают нормативы ПДС по каждому загрязняющему веществу.

*5. Характеристика выбросов в атмосферу.* Приводятся данные по организованным и неорганизованным источникам загрязнения. Следует различать источник загрязнения атмосферы и источник выделения загрязняющих веществ. Организованный источник загрязнения атмосферы – устройство для направленного вывода загрязняющих веществ (дымовая труба, вентиляционная шахта); неорганизованный источник не имеет специальных устройств для вывода загрязняющих веществ в атмосферу.

Все организованные и неорганизованные источники загрязнения атмосферы нумеруются, и эта нумерация остается постоянной. При появлении нового источника ему также присваивается номер.

*Источники выделения.* Количество загрязняющих веществ (т/год), отходящих от источников выделения, рассчитывают по формуле:

$$M_{\text{отх}} = 10^{-6} \cdot C_{\text{max}} \cdot y t, \quad (18)$$

где  $C_{\text{max}}$  – максимальная концентрация загрязняющего вещества на выходе источника выделения (до очистки), г/м<sup>3</sup>;

$y$  – объемный расход, м<sup>3</sup>/с;

$t$  – время работы оборудования в течение года, сут.

Для определения  $C_{\text{max}}$  должны использоваться результаты инструментальных измерений.

Если источник выделения оснащен газоочистительной установкой (ГОУ), то указывается ее тип, вещества, от которых происходит очистка. Эффективность ГОУ характеризуется следующими параметрами:

- паспортными и фактическими значениями КПД;
- капитальными затратами на ГОУ;
- коэффициентом  $K$ , который рассчитывается по формуле

$$K = M_{\text{факт}} / M_{\text{всв}} (M_{\text{пдк}}), \quad (19)$$

где  $M_{\text{факт}}$  – значение выбросов за прошедший год;

$M_{\text{всв}}$  – значение временно организованных выбросов;

$M_{\text{пдк}}$  – значение ПДК выбросов.

*Стационарные источники.* Указывается количество каждого из загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу через специальные устройства (трубы, вентиляционные установки), но не подвергающихся при этом очистке. Затем указывается фактическое количество уловленных и обезвреженных ЗВ, кроме тех, что улавливаются для производства продукции.

На основании результатов инвентаризации выбросов рассчитываются ПДВ и карты распределения ЗВ в приземном слое атмосферного воздуха. ПДВ устанавливаются для каждого источника загрязнения атмосферы.

6. *Отходы* подразделяются на производственные (ПО) и бытовые (БО). Указывается количество ПО, образовавшихся за отчетный период, в том числе количество отходов каждого класса опасности.

Определяется объем ПО, использованных на данном предприятии, обезвреженных, направленных на объекты размещения (как с целью хранения, так и с целью захоронения).

Приводятся нормативные объемы образования каждого вида отходов и рассчитываются показатели предельно допустимых отходов.

Указывается характеристика полигона для размещения отходов: площадь, размер СЗЗ, степень заполнения объекта, система защиты и т. д.

7. *Эколого-экономические показатели.* Приводятся капитальные затраты на охрану ОС (отдельно на охрану атмосферного воздуха, воды, земель). Указывается плата за пользование природными ресурсами и плата за загрязнение ОС.

8. *Планирование природоохранных мероприятий и оценка их эффективности.* Приводится план мероприятий по достижению нормативов ПДВ в атмосферу и ПДС в водоемы. В составе этих мероприятий предусматривается вывод устаревших технологий и производств, внедрение более экологически чистых производств, реконструкция действующих очистных сооружений (газопылевых и сточных вод).

При разработке экологического паспорта наиболее трудоемкими являются процедуры инвентаризации вредных воздействий, выбросов, сбросов, отходов и расчеты нормативов ПДВ, ПДС, ПДО. Инвентаризацию проводят экологические службы с целью учета неблагоприятного воздействия на окружающую среду, их обезвреживания и улавливания.

Фактические показатели поступления в окружающую среду ВВ сопоставляются с нормативами ПДВ и ПДС. На этом основании делаются

выводы о приемлемости или неприемлемости деятельности данной организации, предприятия или отдельного объекта по природоохранным критериям. Затем принимается одно из следующих решений: разрешающее дальнейшую деятельность (экологически безопасный объект); разрешающее деятельность частично с учетом проведения ряда мероприятий (экологически опасный объект); запрещающее деятельность (крайне экологически опасный объект).

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

1. Каким образом реализуется экологический контроль?
2. Что такое экологический мониторинг? На каких уровнях он осуществляется?
3. Что понимают под качеством окружающей природной среды? Какие санитарно-гигиенические и производственно-хозяйственные нормы Вам известны?
4. Что такое экологическая экспертиза? На каких уровнях она реализуется?
5. Перечислите факторы эффективности рассеивания загрязняющих веществ.
6. Какие факторы оказывают влияние на приземное распределение загрязняющих веществ?
7. Как определяется максимальная приземная концентрация вредных веществ при выбросе дымовых газов из одиночного источника?
8. Назовите виды лимитирующих признаков вредности, которые используют для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
9. Что представляет собой разбавление сточных вод в водоеме как метод их обезвреживания?
10. Объясните, что такое экологический паспорт предприятия. Перечислите разделы экологического паспорта.
11. Какие данные в экологическом паспорте приводятся при описании характеристики выбросов в атмосферу?

## **Глава 6. ПУТИ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **6.1. Экономический механизм природопользования и охраны окружающей среды**

Экономический механизм является одним из важнейших направлений рационального природопользования, реализация которого предусматривает решение следующих задач [5, 6]:

- планирование и финансирование природоохранных мероприятий;
- установление платы за негативное воздействие на окружающую природную среду;
- установление лимитов за выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду, размещение отходов и другие виды негативного воздействия;
- установление нормативов платы и размеров платежей за использование природных ресурсов, осуществление выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, размещение отходов и другие виды вредного воздействия;
- предоставление налоговых, кредитных и иных льгот при внедрении малоотходных и ресурсосберегающих технологий, а также при использовании нетрадиционных видов энергии, осуществлении других эффективных мер по охране окружающей природной среды;
- возмещение вреда, причиненного окружающей природной среде и здоровью человека.

Главная особенность экономического механизма заключается в формировании охраны окружающей среды как составной части любой производственно-коммерческой деятельности, в стимулировании заинтересованности предпринимателя, хозяйственника в охране окружающей среды и рациональном природопользовании.

Существуют разные методы осуществления экономического механизма: учет и социально-экономическая оценка природных ресурсов, введение лимитов на природопользование, платность природопользования, финансирование природоохранных мероприятий, материальное стимулирование природоохранной деятельности.

1. **Учет природных ресурсов** производится главным образом с помощью кадастров. *Кадастр* – систематизированный свод сведений, коли-

чественно и качественно характеризующих определенный вид природных ресурсов, в ряде случаев с их социально-экономической оценкой. Кадастры составляют специально уполномоченные органы Минприроды России для комплексного учета природных ресурсов и рационального их использования на территориях субъектов РФ.

Например, *земельный кадастр* включает данные регистрации землепользователей, учета количества и качества земель. *Водный кадастр* представляет собой свод систематизированных данных о водопользователях, водных объектах и ресурсах, режиме, качестве и использовании вод; он состоит из следующих разделов: поверхностные воды, подземные воды, использование вод. *Лесной кадастр* – свод данных о лесах, степени их вовлечения в эксплуатацию, о качественном составе, запасах древесины, ежегодном ее приросте. С помощью этого кадастра оценивают эколого-экономическое значение лесов, решают вопросы охраны лесных ресурсов, выбор лесосырьевых баз и т. д. Существуют также кадастры недр, животного мира и др.

**2. Лимиты на природопользование** – это предельные объемы природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ, размещения отходов производства, которые устанавливаются для предприятий-природопользователей на определенный срок. За сверхнормативное потребление устанавливается дополнительная плата.

Лимиты как система экологических ограничений экономическим путем побуждают природопользователя бережно относиться к окружающей природной среде.

Эффективными средствами рационального природопользования и охраны окружающей среды являются такие экономические рычаги, как лицензия и договор.

*Лицензия* – это разрешение на комплексное природопользование, документ, удостоверяющий право его владельца на использование в фиксированный период времени определенного природного ресурса, размещение отходов, выбросы и сбросы загрязняющих веществ. Лицензия на комплексное природопользование выдается органами Минприроды России, как правило, сроком на один год, но при возникновении угрозы экологической безопасности населения право пользования ею может быть прекращено досрочно.

*Договор* о комплексном природопользовании предусматривает условия и порядок использования природных ресурсов, права и обязанности природопользователя, размеры платежей за пользование природными ресурсами, ответственность сторон и возмещение вреда.

**3. Платность природопользования** подразумевает плату не только за загрязнение окружающей среды, но и за использование природных ресурсов. Согласно ст. 20 Закона РФ «Об охране окружающей среды» [41], плата взимается: 1) за право пользования природными ресурсами в пределах установленных лимитов; 2) за сверхлимитное и нерациональное использование; 3) на их воспроизводство и охрану.

Законом РФ «Об охране окружающей среды» предусмотрена плата за выбросы и сбросы загрязняющих веществ и размещение отходов как в пределах, так и сверх установленных лимитов. Платежи взимаются за счет себестоимости продукции, поэтому они должны стимулировать предприятие, загрязняющее окружающую среду, сокращать выбросы (сбросы) веществ-загрязнителей и отходы.

**4. Финансирование природоохранных мероприятий** предполагает предоставление денежных средств на различные природоохранные мероприятия. Существует несколько источников финансирования: собственные средства предприятий, бюджетные средства, экологические фонды и др.

Экологические фонды – это не только денежные средства и их источники, но и учреждения, оказывающие материальную помощь для реализации неотложных природоохранных мероприятий. Фонды существовали за счет отчислений предприятий в виде платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, реализацию конфискованных орудий охоты и т. д. Однако в 2001 г. Федеральный экологический фонд РФ был упразднен в результате принятия нового Налогового кодекса РФ. В связи с этим возникла необходимость создания новой структуры для поддержания инвестиций в охрану окружающей среды.

В 2010 г. был принят Федеральный закон № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте». Цель экологического страхования – наиболее полная компенсация нанесенного экологического вреда. Предприятия и граждане имеют право на получение страхового возмещения (при добровольном и обязательном страховании) в случае техногенных катастроф, аварий и стихийных бедствий.

В условиях современного экологического кризиса актуально экологическое страхование риска загрязнения окружающей среды, страхование инвестиций в сопряженные с экологическим риском проекты и др.

**5. Материальное стимулирование природоохранной деятельности** осуществляется с целью обеспечения преимуществ природоохранной деятельности для предприятий-природопользователей. При этом существуют меры как поощрения, так и наказания. К мерам материального поощрения можно отнести установление налоговых льгот для предприятий, выпускающих природоохранные материалы; применение льготного кредитования предприятий, эффективно осуществляющих охрану окружающей среды; дополнительное финансирование и льготное кредитование при внедрении малоотходных технологий и т. д. Меры наказания включают в себя, например, введение специального добавочного налогообложения экологически вредной продукции и штрафы за экологические правонарушения.

Общие издержки предприятия на охрану окружающей среды складываются из экономического ущерба и текущих затрат на природоохранную деятельность. *Экономический ущерб* – потери (затраты), которые несет предприятие в результате негативного воздействия вредных веществ, попадающих в окружающую среду с выбросами (сбросами) собственного производства.

Экономический ущерб предприятия состоит из следующих затрат:

1) вызванные воздействием загрязненной окружающей среды на предприятие (компенсация потерь продукции в результате снижения производительности труда и невыходов работников на работу из-за повышенной заболеваемости, возмещение потерь продукции вследствие воздействия загрязненной окружающей среды на основной фонд, компенсация повышенного износа фондов технологического назначения вследствие воздействия загрязненной окружающей среды);

2) направленные на предотвращение воздействия загрязненной окружающей среды на предприятие (разбавление сточных вод и предварительная очистка воды для технических целей, перенос водозабора к более чистым источникам, эксплуатация систем очистки воздуха для производственных помещений, обеспечение стойкости основных фондов к воздействию химически активных веществ).

Вторая составляющая – *текущие затраты на природоохранную деятельность* – находится в обратной зависимости от экономического ущерба:



чем меньше экономический ущерб предприятию, тем больше текущие затраты на природоохранную деятельность, и наоборот. Текущие затраты на природоохранную деятельность носят активный преобразующий характер, тогда как экономический ущерб можно описать как пассивный и компенсирующий. Другими словами, текущие затраты направлены на устранение причины загрязнения окружающей среды, а экономический ущерб является следствием этого загрязнения.

Составляющие экономического ущерба от загрязнения окружающей среды являются комплексной величиной и определяются как сумма ущербов, наносимых в пределах загрязненной зоны отдельным видам реципиентов (населению, объектам жилищно-коммунального хозяйства, сельскохозяйственным угодьям, лесным, рыбным, рекреационным ресурсам, элементам основных фондов промышленности и транспорта).

## **6.2. Основные направления инженерной защиты окружающей среды**

К основным направлениям инженерной защиты окружающей среды относятся внедрение ресурсосберегающих и малоотходных технологий, биотехнологий, утилизация и детоксикация отходов. Главный принцип инженерной защиты – экологизация всего производства, предполагающая максимально полное включение антропогенных процессов и их продуктов в природные циклы круговорота веществ.

Подобно природной экосистеме, в которой расходование вещества и энергии происходит экономно и отходы одних организмов служат сырьем и питанием для других, производственный экологизированный процесс, управляемый человеком, должен следовать биосферным законам, в первую очередь закону круговорота веществ. С этой целью и были предприняты попытки разработать безотходную технологию производства.

Под **безотходной технологией** понимают такой способ производства, который обеспечивает максимально полное использование сырья и образующихся при этом отходов. Однако абсолютно безотходного производства быть не может, поскольку это противоречит второму закону термодинамики, утверждающему, что даже в полностью замкнутом круговороте будут потери энергии в виде тепла. Ввиду этого более точным является термин «малоотходная технология». **Малоотходная технология**, подразуме-

вающая максимально эффективное использование сырья и энергии с минимумом отходов и потерь энергии, на современном этапе развития науки и техники является наиболее реальной.

Малоотходные технологии реализуются по одному или нескольким направлениям: разработка водооборотных циклов, создание и выпуск продукции с длительным сроком эксплуатации или возможностью ее повторного использования, переработка отходов во вторичные ресурсы производства, разработка новых технологических процессов, исключая стадии образования отходов.

Одним из способов уменьшения образования отходов, снижения уровня загрязнения окружающей среды, экономии сырья и энергии является *рециркуляция* – повторное использование вещественных ресурсов.

Первым этапом создания малоотходных технологий является внедрение оборотных систем водопользования. Под *оборотным водоснабжением* понимают такую техническую систему, которая предусматривает многократное использование отработанных вод при производстве какой-либо продукции (при очень ограниченном их сбросе в водоемы – до 3 %). Если в результате многократного использования воды в одном и том же производственном процессе нет сброса сточных вод в водоемы, такая система водоснабжения называется *замкнутым циклом водопользования*.

Другим направлением в области создания малоотходных производств является замена водоемких технологий на безводные или маловодные. Основными критериями при определении экологичности существующей технологии на предприятии являются такие показатели, как объем водопотребления на производстве и количество сточных вод. Высокий уровень данных показателей является основанием для разработки и внедрения новых малоотходных технологий.

В последнее время в области охраны окружающей природной среды широко используются биотехнологические процессы, основанные на создании необходимых человеку продуктов, явлений и эффектов с помощью микроорганизмов. **Биотехнологии** можно рассматривать как создание биологических объектов, микробных культур, сообществ, их метаболитов, препаратов путем их включения в природные круговороты веществ, элементов, энергии и информации [16]. Биотехнологии позволяют решить следующие проблемы [1]: утилизация твердой фазы сточных вод и твердых

бытовых отходов путем их сбраживания, биологическая очистка природных и сточных вод, нейтрализация тяжелых металлов в почвах и восстановление почв, загрязненных органическими веществами, создание фильтров с использованием биологически активного сорбирующего материала.

Инженерные методы охраны окружающей среды подразумевают решение серьезных экологических проблем на основании последних достижений науки и техники: использование физико-химических методов для очистки сточных вод (электролиз, обратный осмос, ионный обмен и др.), переработки твердых отходов, улавливания токсичных газов; разработка физико-химических методов надежного захоронения высокотоксичных отходов; освоение новых альтернативных источников энергии.

Охрану окружающей среды от техногенного воздействия можно представить как охрану абиотических и биотических компонентов биосферы: земли, воздуха, воды, растительного и животного мира [5, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 23].

Нагрузка на окружающую природную среду может быть снижена за счет ресурсосбережения, направления которого представлены ниже.

*Внедрение ресурсосберегающих технологий:* «безотходная», малоотходная, новая техника, повышение выхода продукции, снижение ресурсоемкости, увеличение срока службы продукции.

*Взаимозаменяемость природных ресурсов:* материалы-заменители, экономичные материалы, нетрадиционные источники энергии, повышение качества продукции.

*Экономико-математические методы:* задачи линейного и динамического программирования (раскрой, смесь, распределение, транспортирование), эколого-экономическое моделирование, балансы.

*Нормирование природных ресурсов:* изъятие ресурса, расход, запас, плата за ресурсы.

*Экономия природных ресурсов:* интенсификация использования, комплексное использование, уменьшение потерь и отходов, использование вторичных ресурсов, снижение норм расхода и т. д.

***Ресурсосберегающая технология*** предполагает, что производство и реализация конечных продуктов выполняются с минимальным расходом вещества и энергии на всех стадиях технологической цепочки. При этом воздействие на природные системы и человека должно быть наименьшим. Здесь же выдвигается требование полного учета расходов первичных

компонентов природы на промежуточных этапах их переработки, транспортировки, хранения, отнесенных на единицу производимой продукции.

Уменьшение в количественном и стоимостном отношениях потребляемых природных ресурсов при таком же или возрастающем объемах готовой продукции происходит не в то время, когда какой-либо компонент поступает непосредственно на рабочее место, где он превращается в конечный продукт или способствует его выработке. Настоящее ресурсосбережение начинается еще на стадии проектирования добывающих, перерабатывающих и финальных предприятий, где оно закладывается во все технологические операции по разведке, оценке, добыче и переработке природного фактора на всех этапах его движения к потребителю, а попадая на замыкающие производства – от конструктивных, технологических и эксплуатационных особенностей их использования.

Важным направлением в ресурсосбережении является использование *принципа заменяемости ресурсов*, под которым понимается замещение одного природного ресурса другим, более экономичным и экологически безопасным. Взаимозаменяемость различается по экономическому и техническому критериям. Не всякие природные ресурсы, взаимозаменяемые технически, позволяют производить замену с экономической и экологической точек зрения, и наоборот.

### **6.3. Современные методы обезвреживания отходов**

**Основные технологические направления обезвреживания и утилизации отходов.** В настоящее время в общей стратегии защиты биосферы от негативного воздействия промышленных и бытовых отходов наметилось несколько направлений:

1) создание бессточных технологических производств на основе рекуперационных методов очистки сточных вод и создание замкнутых циклов;

2) разработка и внедрение систем переработки отходов производства и потребления, которые рассматриваются как вторичные материальные ресурсы (к отходам производства обычно относят токсичные вещества (хлорорганические соединения, радиоактивные вещества, пестициды), неорганические материалы (стеклобой, бетон), сельскохозяйственные отходы, сточные воды и т. д., а к муниципальным – твердые бытовые отходы, отходы медицинских учреждений и очистных сооружений);

3) создание принципиально новых процессов получения традиционных видов продукции, исключающих образование основных количеств отходов или значительно сокращающие их объем, а также обеспечивающих комплексное использование сырья;

4) внедрение эффективных процессов и технологий обезвреживания отходов различного фазового и морфологического состава, основанных преимущественно на высокотемпературных методах воздействия, обеспечивающих как уменьшение объема отходов, так и снижение содержания токсичных компонентов в остаточном продукте до безопасного уровня;

5) разработка и внедрение как комплексных, так и локальных систем очистки отходящих газов, предотвращающих попадание в атмосферу супертоксикантов (диоксинов и их прекурсоров, оксидов азота, аммиака и т. д.);

6) внедрение элементов и технологий цифрового производства (цифровое моделирование, автоматизация и управление жизненным циклом изделия, Интернет вещей, обработка больших данных, искусственный интеллект и т. д.) для повышения эффективности, безопасности и управляемости экологических производств.

Для реализации указанных направлений разработан широкий спектр технологических устройств, позволяющих улавливать, обезвреживать и перерабатывать отходы в товарные продукты или сырье, а также контролировать и управлять соответствующими процессами.

В сфере охраны водных источников от загрязнений одной из основных задач является сокращение потребления воды и уменьшение сброса сточных вод в водоемы. Основные технологии, применяемые для реализации данных задач, были рассмотрены выше. Среди современных тенденций, характеризующих развитие данных технологий, следует отметить автоматизацию технологических процессов, а также поиск и синтез новых химических соединений и материалов, позволяющих вести процессы очистки с наибольшей производительностью и эффективностью.

На рис. 13 представлены основные методы обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов – одного из основных компонентов в общем объеме образующихся и требующих переработки продуктов человеческой жизнедеятельности. Согласно данной классификации, с точки зрения конечной цели воздействия все методы можно разделить на утилизационные и ликвидационные. Утилизация, в отличие от ликвидации, направлен-

ной на уничтожение отходов, – это преимущественно переработка отходов для дальнейшего полезного использования в промышленности или быту. В результате получают энергию, топливо, сырье, материалы, изделия и т. п. Непременным условием утилизации является безопасность. Следует заметить, что Росприроднадзор не отождествляет утилизацию и обезвреживание и определяет цель последнего как уменьшение массовой доли мусора, снижение вредного воздействия на окружающую среду и здоровье человека [25].

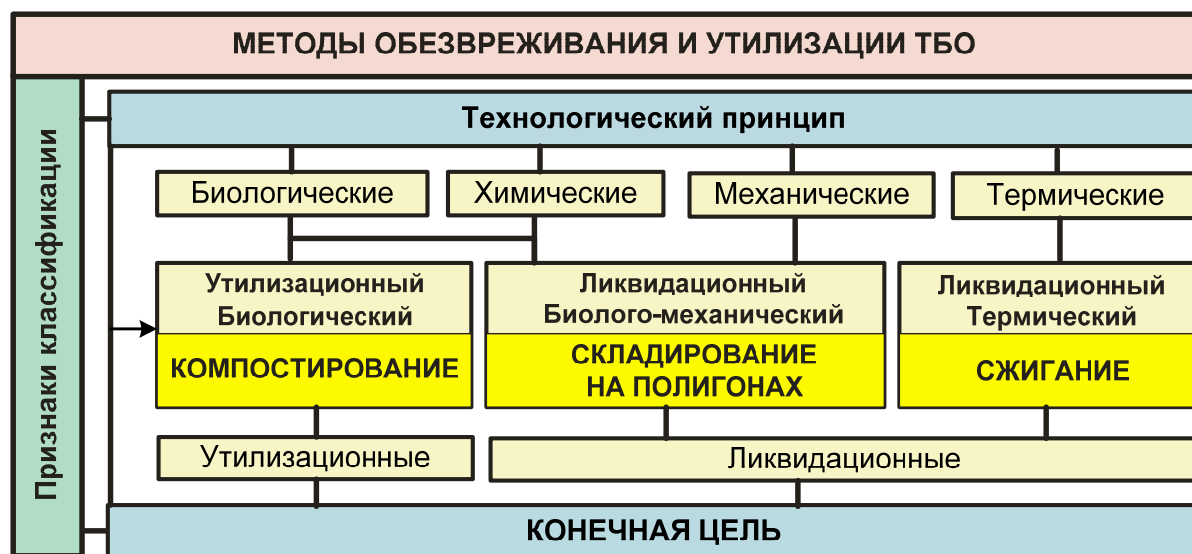


Рис. 13. Классификация методов обезвреживания и утилизации ТБО

С технологической точки зрения все представленные методы по переработке ТБО можно разделить на биологические, химические, механические и термические, большая часть которых уже упомянута и рассмотрена в данном учебном пособии. Очевидно, что комплексный подход к проблеме переработки твердых бытовых отходов подразумевает и возможность одновременного или последовательного применения в технологической цепочке нескольких методов утилизации и обезвреживания, упомянутых на рис. 13. Наглядный пример применения подобной технологической цепочки можно увидеть на рис. 14, где показана схема одной из наиболее перспективных технологий уничтожения отходов с применением плазменного воздействия (источник – Институт электрофизики и электроэнергетики Российской академии наук, Санкт-Петербург).

В настоящее время для улавливания и переработки газообразных, жидких и твердых промышленных отходов применяют различное оборудование широкого общепромышленного назначения: насосы, компрессоры, вентиляторы, фильтры, центрифуги, теплообменники, циклоны, электрофильтры,

колонные аппараты, дробилки, классификаторы, сепараторы и др. Общие принципы устройства и применения большей части данных устройств рассмотрены в других главах нашего пособия.

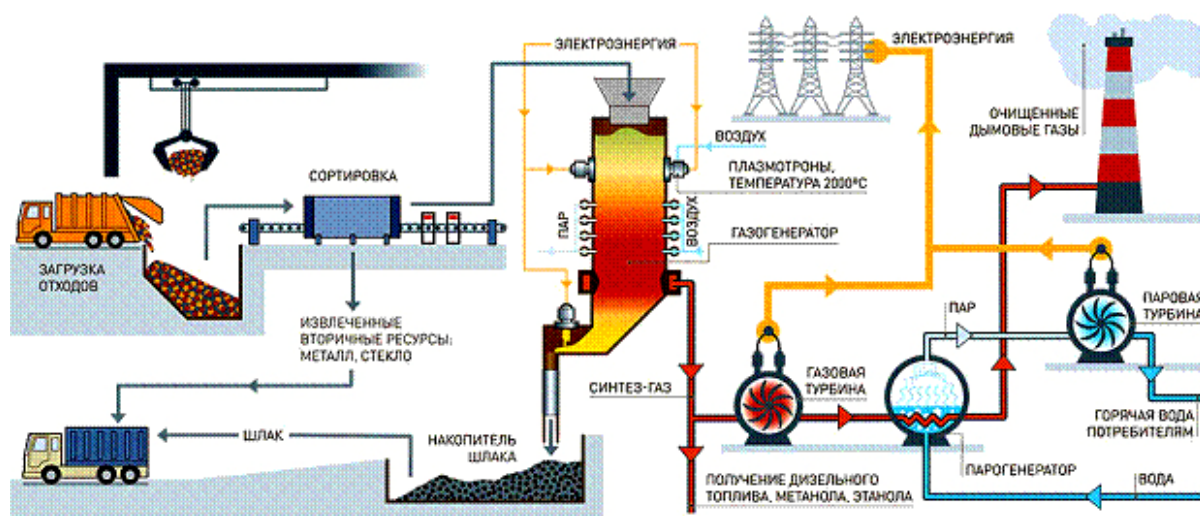


Рис. 14. Принципиальная схема плазменной технологии уничтожения отходов

Как уже было отмечено, одним из главных направлений развития современных технологий по переработке и обезвреживанию отходов является создание недорогих, но эффективных систем очистки отходящих газов. В зависимости от способа улавливания, природы, количества, физико-химических свойств, концентрации полезного компонента, токсичности, стоимости, способности к последующей переработке и ряда других показателей применяют различные методы рекуперации, ликвидации и изоляции промышленных пылей. Возможны следующие способы рекуперации пылей [34]:

- 1) использование в качестве целевых продуктов;
- 2) возврат в производство, в котором происходит образование пыли данного вида;
- 3) использование в другом производстве для получения товарных продуктов;
- 4) утилизация в строительных целях;
- 5) переработка с извлечением ценных компонентов.

В области защиты атмосферного воздуха основное внимание уделяется разработке и внедрению установок по очистке отходящих газов от твердых частиц, диоксинов, оксидов серы, азота, углеводородов. Для улавливания газообразных токсичных компонентов из отходящих газов используют термические, абсорбционные, адсорбционные и каталитические методы. Выбор метода очистки зависит от количества и состава отходящих газов, от необходимой степени очистки.

Наиболее широкое применение нашли абсорбционные методы, осуществляемые в колонных аппаратах, обеспечивающих высокоразвитую поверхность контакта фаз. Для достижения высоких степеней улавливания очистку производят различными хемосорбентами. Наиболее перспективными являются цикличные рекуперационные методы, позволяющие переработать уловленные компоненты в готовые продукты. Например, диоксид серы перерабатывается в сульфаты, серу или серную кислоту. Адсорбционные методы по большей части применяют для глубокой очистки небольших объемов газов и рекуперации летучих растворителей. Каталитические методы нашли применение для удаления токсичных газообразных компонентов.

Несмотря на широкий спектр упомянутых как в данной главе, так и в учебном пособии в целом различных методов, направленных на утилизацию и обезвреживание отходов, считать данную проблему решенной нельзя, так как одни методы неэффективны с точки зрения безопасности и востребованности конечного продукта, а другие – высокзатратны или неэффективны экономически. Например, комплексная система газоочистки на современных мусоросжигающих заводах (МСЗ) может иметь стоимостную оценку до 70–80 % от общих инвестиционных затрат на запуск подобного предприятия, составляющих десятки миллиардов рублей (проектная стоимость МСЗ в г. Казани – 20,8 млрд р.). В связи с этим интерес представляют упомянутые выше методы высокотемпературного (в том числе плазменного) воздействия на различные виды отходов, позволяющие решить широкий круг проблем, возникающих в сфере их утилизации и обезвреживания.

**Требования к термическим методам в технологиях обезвреживания отходов.** Одна из основных задач принятого в 2018 г. национального проекта «Экология» – организация современной системы сбора и утилизации бытовых и промышленных отходов. В рамках реализации этой задачи в различных регионах Российской Федерации запланировано построить 30 заводов по термической утилизации отходов с общим объемом затрат в 600 млрд р. (совместный проект госкорпораций «ВЭБ.РФ», «Ростех» и «Росатом»). По уверению российской компании «РТ-Инвест», ответственной за строительство инфраструктуры по обращению с отходами в Подмосковье и Казани, в том числе нескольких комплексов сортировки и пяти мусоросжигательных заводов для энергетической утилизации отходов, были выбраны самые современные японские и швейцарские технологии термиче-



ской утилизации при температуре 1260 °С с последующей 3-ступенчатой системой очистки. Ввиду этого целесообразно обратить внимание на современные подходы к стандартизации и обоснованию эффективности подобных технологий, которые в наиболее полной форме отражены в информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям ИТС 9–2015 «Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов)» (ИТС НДТ ТОО). Данный справочник был разработан технической рабочей группой (ТРГ-9), созданной приказом Росстандарта от 17 июля 2015 г. № 836, утвержден на бюро НДТ и приказом Росстандарта от 15 декабря 2015 г. № 1579, опубликован и введен в действие с 1 июля 2016 г. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (актуализирован в 2020 г.) [12]. Для определения наилучших доступных технологий в сфере термического обезвреживания отходов используется сочетание следующих критериев: наименьший удельный уровень негативного воздействия на окружающую среду, экономическая эффективность внедрения и эксплуатации, применение ресурсо- и энергосберегающих методов, период внедрения и промышленное внедрение технологии на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

В справочнике рассматривается широкий спектр имеющихся на данный момент технологий термического обезвреживания различных видов отходов, дается их сравнительная характеристика и оценивается их соответствие современным нормативным требованиям в экологической сфере. Среди большого числа анализируемых в ИТС НДТ ТОО технологий особого внимания заслуживают технологии очистки газообразных продуктов сгорания, а также обезвреживания и удаления остатков, образующихся при очистке газообразных продуктов сгорания. Известно, что организация высокоэффективной очистки газовых выбросов, образующихся в процессе термической утилизации, – наиболее ресурсозатратная часть работы большинства заводов упомянутого выше типа, из-за чего выбор наиболее эффективной технологии очистки становится приоритетной задачей в стратегии развития и внедрения экологических технологий.

Термическое обезвреживание отходов – наиболее эффективная экологическая технология, позволяющая добиться разложения и превращения практически любых органических и окисляющихся неорганических примесей при высоких температурах в безвредные продукты полного сгорания.

В ИТС НДТ ТОО анализируются необходимые для этого режимные параметры процесса: температура в реакторе и его удельный объем, дисперсность распыления (для жидких отходов), аэродинамическая структура и степень турбулентности газового потока в реакторе, виды и количество вводимых реагентов и др. Эффективность процесса термического обезвреживания отходов, содержащих органические вещества, может быть оценена по двум методикам. Методика Агентства по защите окружающей среды США (The Environmental Protection Agency – EPA) показывает соотношение разрушенных компонентов к поступившим отходам в пределах термического реактора – DE (Destruction Efficiency) (%) либо соотношение для установки термического обезвреживания отходов в целом – DRE (Destruction and Removal Efficiency) (%). В Западной Европе используют методику контроля остаточных концентраций токсичных компонентов в уходящих дымовых газах при законодательно принятых нормативных величинах. Наиболее жесткие нормативы в части газовых выбросов в атмосферу установлены Директивой Совета Европы от 4 декабря 2000 г. № 2000/76/ЕС «О сжигании отходов». Согласно этой Директиве, среднесуточная концентрация вредных веществ в отходящих газах (при 11 % кислорода, сухой газ) не должна превышать указанные в табл. 15 значения. Вместе с выбросами дымовых газов необходимо контролировать и токсичные компоненты, синтезируемые на различных стадиях собственно технологического процесса (например, образование и выброс фосгена  $\text{COCl}_2$  при сжигании хлорорганических отходов).

Таблица 15

Предельно допустимые значения концентраций вредных веществ, мг/м<sup>3</sup>

Вещество	Пыль	HF	HCl	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	ПХДД (диоксин) + ПХДФ (фуран)	Hg	Cd + Tl	Остальные тяжелые металлы
Остаточная концентрация	10	10	1	50	50	200	10 <sup>-7</sup>	0,05	0,05	0,5

Очевидно, что мониторинг атмосферных выбросов должен осуществляться и в сфере обезвреживания отходов термическим способом. Для

этого могут быть использованы различные методы системного анализа и математического моделирования: экспертных и аналоговых оценок, сравнение с универсальными стандартами, метод списка и метод матриц для выявления значимых воздействий, метод причинно-следственных связей для анализа непрямых воздействий, расчетный метод определения прогнозируемых выбросов, сбросов и норм образования отходов. Для каждой конкретной установки выбросы определяются в индивидуальном проекте с учетом номенклатуры обезвреживаемых отходов и санитарно-технических нормативов по предельно допустимым выбросам.

**Плазменные методы в технологиях утилизации и обезвреживания отходов.** В последние годы увеличивается интерес к применению плазменных технологий в сфере переработки отходов производства и потребления. Последнее направление является одним из наиболее развиваемых – например, в США в год появляется до 400 патентов и до 1500 публикаций в сфере плазменных электротехнологий, свидетельствующих о переходе к стадии их промышленного внедрения в сфере плазменной газификации, переработки высоко опасных отходов, отвалов горно-металлургических производств и т. д. В основе любого электроплазменного метода лежит применение генератора низкотемпературной плазмы – плазмотрона, в котором при температурах плазменной дуги (струи) от 2 до 20 000 К (в зависимости от вида плазмообразующего газа, типа и мощности плазмотрона) возникает эффект высокоэнергетичного воздействия на вредные вещества различного фазового состава, позволяющий произвести их глубокое и быстрое разложение. Если обратиться к представленной на рис.13 классификации методов утилизации и обезвреживания отходов, то плазменные технологии следует отнести к термическим методам воздействия на материалы. Однако в отличие от большинства известных термических методов (сжигание на колосниковых решетках в МСЗ, низко- и среднетемпературный пиролиз, барботажная плавка в печах Ванюкова, электрошлаковых печах и т. д.) высокая температура плазменного воздействия позволяет утилизировать практически любые материалы, а также производить обезвреживание с высокой степенью эффективности и производительности.

На рис. 15 представлена обобщенная классификация высокотемпературных экологических технологий, реализуемых с применением плазменных методов. Данные технологии можно разделить на два направления –

утилизация металлоотходов с применением установок плазменной резки и термическое обезвреживание и утилизация опасных отходов.

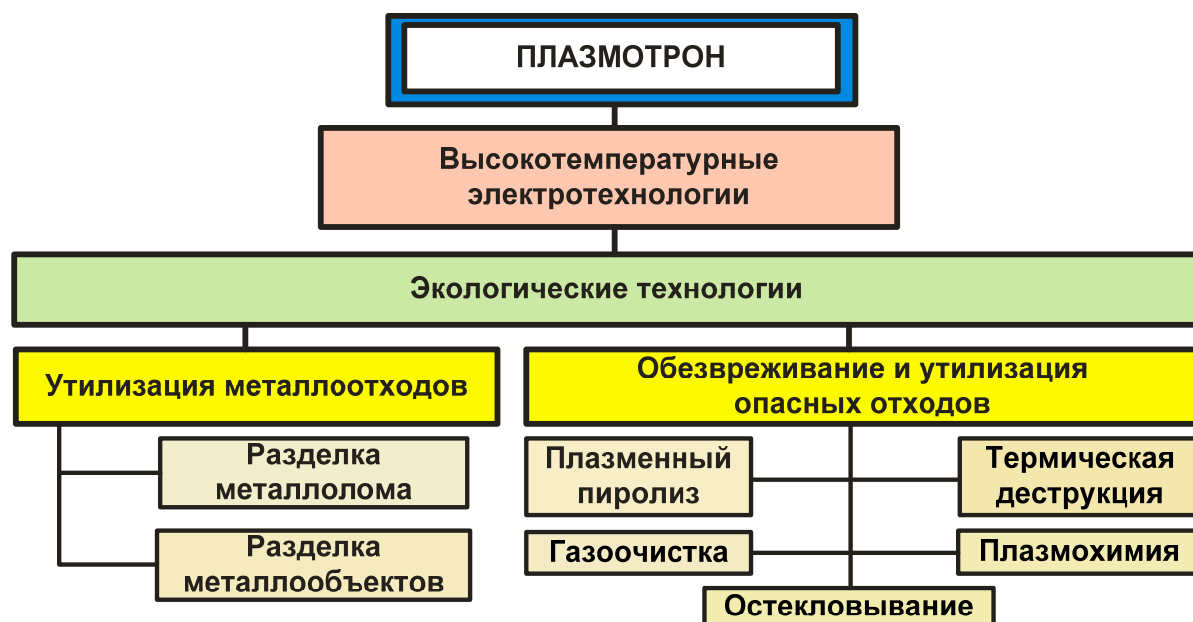


Рис. 15. Экологические технологии с применением плазменных методов

Наиболее широко применяемой плазменной технологией в настоящее время является переработка техногенных металлосодержащих отходов, использующая традиционный метод плазменной резки для ручного или автоматизированного демонтажа металлоконструкций (корпусов судов, самолетов, объектов военного и спецназначения, элементов нефте- и газодобычи и транспортировки – рис. 16) и их разделки в транспортный габарит для последующей утилизации в виде металлолома [2]. Для резки в полевых условиях можно использовать мобильные плазморезательные установки мощностью до 50–60 кВт в перемещаемом контейнерном или передвижном (на базе прицепов) исполнении (рис. 17), при разделке металлолома в стационарных условиях – автоматизированные плазменные комплексы мощностью от 10 до 1000 кВт. Известными преимуществами плазменных технологий является возможность резки любых металлов (а иногда и неметаллов) толщиной до 150 мм, использование воздуха в качестве плазмообразующего газа, высокая скорость и производительность резки, низкая себестоимость (в расчете на метр реза). При этом, конечно, следует учитывать необходимость использования вспомогательного оборудования – источника питания, компрессора и системы водоохлаждения (для мощных плазмотронов), а также применения мер защиты от опасных и вредных факторов – больших токов, искр, брызг и выбросов расплава, высокого уровня шума, различных видов

излучений и газовой выделения. В качестве примеров мобильных комплексов для воздушно-плазменной резки можно упомянуть российские разработки ООО НПО «Полигон» (Екатеринбург), за рубежом – установки для утилизации металлов и токсичных отходов неметаллического происхождения Westinghouse Plasma Co. (США). Можно упомянуть заводы General Motors в Огайо (США), Essar Steel (Индия), а также ALCAN (Канада), перерабатывающий десятки тонн металлолома в час с использованием плазматронов Marc II фирмы Solena мощностью 2,5 МВт.

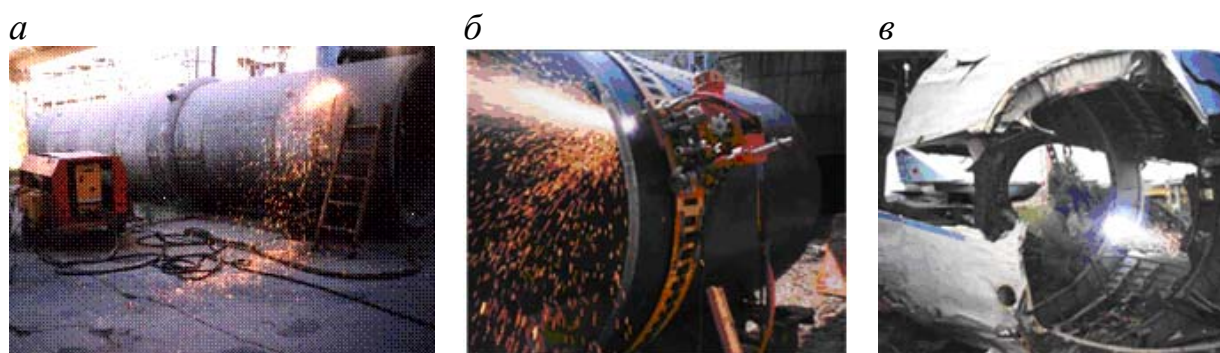


Рис. 16. Плазменная разделка металлоконструкций в транспортный габарит для утилизации:

*а* – промышленных и спецобъектов; *б* – трубопроводов; *в* – авиационной и ракетной техники

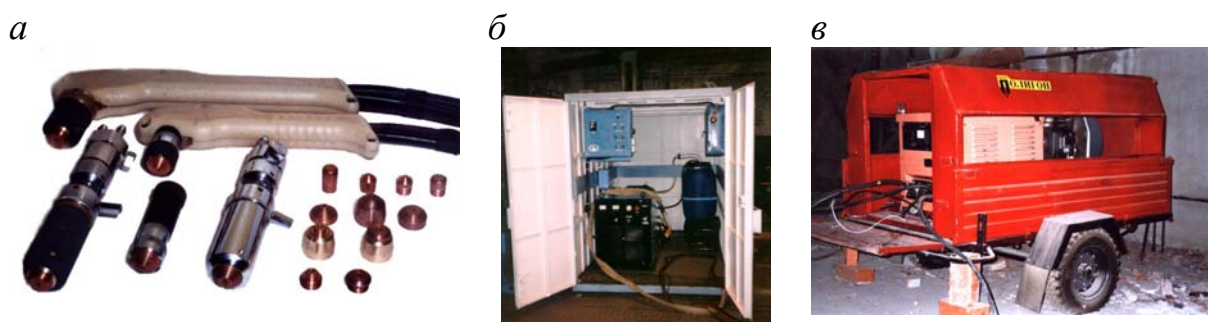


Рис. 17. Плазматроны и установки для утилизации металлоотходов ООО НПО «Полигон»:

*а* – металлорежущие плазматроны; *б* – установка в перемещаемом контейнере; *в* – мобильная установка

К настоящему времени разработано большое количество плазматронов (рис. 18) и схем их применения в технологиях обезвреживания отходов (эко-технологиях) [19, 39]. Использование данных плазматронов возможно на разных стадиях процесса утилизации – от непосредственного ввода токсичных веществ в плазменную дугу (мелкодисперсных, в паровой и газовой фазах) до остекловывания твердых остатков термического распада отходов или их на-

грева в турбулентном потоке смешения плазменной струи с потоком токсичных газов. Плазмотроны могут применяться в плазменных реакторах для воздействия на вещество, попадающее в плазменную струю уже в газовом или паровом состоянии (после предварительной стадии низко- и среднетемпературного нагрева и деструкции), или в виде предварительно осушенных твердых компонент. Главный эффект, достигаемый при таком высокотемпературном воздействии, – высокая (почти 100 %) степень диссоциации (до атомарного уровня и образования радикалов) и ионизации веществ, в том числе высокомолекулярных соединений (диоксины, полихлорбифенилы, бензопирен и т. д.), позволяющая в сочетании с последующей закалкой быстро и высокоэффективно обезвреживать почти любые токсичные вещества.

*а*



*б*



*в*



Рис. 18. Плазмотроны для экотехнологий различной мощности:

*а* – 2–2000 кВт; *б* – 500 кВт; *в* – 60 кВт (пароводяной)

При плазменном остекловывании достигается существенное сокращение объема отходов (до 95 %), а получаемые твердые остатки, хотя и содержат вредные компоненты в связанном, безопасном состоянии, могут быть пригодны для последующего применения в строительных материалах (технология компании Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. – рис. 19). Снижается и объем газовых выбросов (до 90 % при использовании органического топлива) по сравнению с огневыми системами. Это, в свою очередь, приводит к существенному уменьшению производительности систем газоочистки,



приборов и средств экологического контроля загрязнения воздуха и соответствующему сокращению их стоимости.



Рис. 19. Установка для плазменной переработки отходов компании Mitsubishi Ltd. (Япония)

В качестве примеров подобных технологий можно упомянуть продукцию фирм Recovered Energy, Inc. и Mason and Hanger National, Inc. (США), RCL (Канада), Europlasma (Франция), оборудование для плазменной газификации ТБО на борту круизных судов фирмы Solena Group (США) и т. д. В Российской Федерации известны разработки плазменных электропечей Новосибирского государственного технического университета (НГТУ), Института теплофизики Сибирского отделения Российской академии наук (ИТ СО РАН) и ОАО «Сибэлектротерм», в том числе совместно с фирмой «Самсунг» (рис. 20).



Рис. 20. Плазменная электропечь (Новосибирск, РФ)

Наиболее полный обзор технологий плазменного обезвреживания представлен в уже упоминаемом информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям ИТС 9–2015 [12]. Наряду с другими технологиями в ИТС НТД ТОО рассматриваются плазменные технологии и устройства, известные на данный момент и позволяющие вести процесс обезвреживания на разных стадиях комплексных технологий утилизации отходов (как российского, так и зарубежного производства). Отмечается универсальность таких технологий, т. е. возможность эффективно обезвреживать самые различные отходы. При этом обращается внимание на общий недостаток плазменных технологий – ограниченный срок службы плазмотронов (в пределах нескольких сотен часов), которые работают как на инертных, так и на кислородсодержащих газах. В качестве одного из решений, позволяющих добиться кардинального повышения эксплуатационного ресурса электродуговых генераторов плазмы и увеличения их мощности, упоминается технология с применением разработанного в Международном научном центре по теплофизике и энергетике (Новосибирск) плазмотрона с жидкометаллическими электродами (рис. 21) [30].

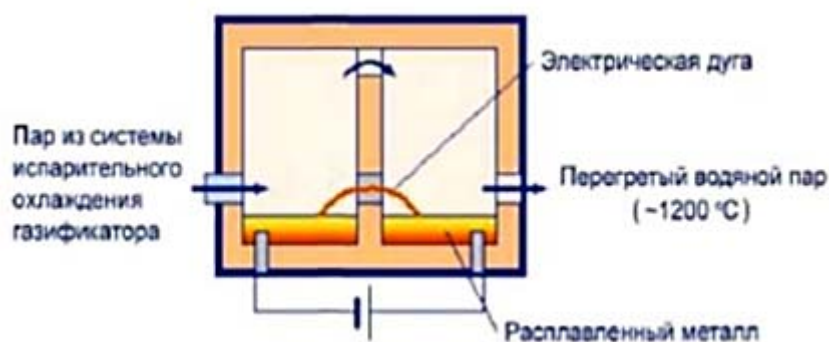


Рис. 21. Экотехнологический плазмотрон с жидкометаллическими электродами

Следует, однако, заметить, что представленный в справочнике перечень плазменных технологий охватывает далеко не все известные на данный момент разработки, а их анализ сделан зачастую без учета широкого числа критериев эффективности и серьезного сравнительного исследования. Например, вне рамок рассмотрения ИТС НТД ТОО остались технологии обезвреживания дуговыми плазмотронами постоянного тока, а по одному из наиболее перспективных направлений их внедрения – дожиганию токсичных газообразных отходов – упомянута всего одна зарубежная технология.



Отдельного внимания заслуживает применение плазменных технологий для решения задач обезвреживания и утилизации отходов высокой степени опасности (в первую очередь медицинских отходов). Такие отходы часто имеют сложный морфологический состав с металлическими включениями, инфицирующими компонентами и мутагенной микрофлорой. Следовательно, их обеззараживание и утилизация (с учетом жестких требований по газовым выбросам) могут быть обеспечены за счет высокотемпературного плазменного воздействия на расплав утилизируемого вещества с последующей очисткой отходящих газов. Подобные технологии реализованы в разработках Института проблем электрофизики РАН (см. рис. 14), ЗАО «Плазма-Тест», совместном проекте Института теоретической и прикладной механики СО РАН, ООО «Огневая технология» и фирмы Dept of Environmental Sci & Tech. (Корея). Можно также упомянуть исследования процессов переработки радиоактивных отходов в шахтной печи с плазменным источником нагрева, проводимые ФГУП «Радон» (рис. 22).

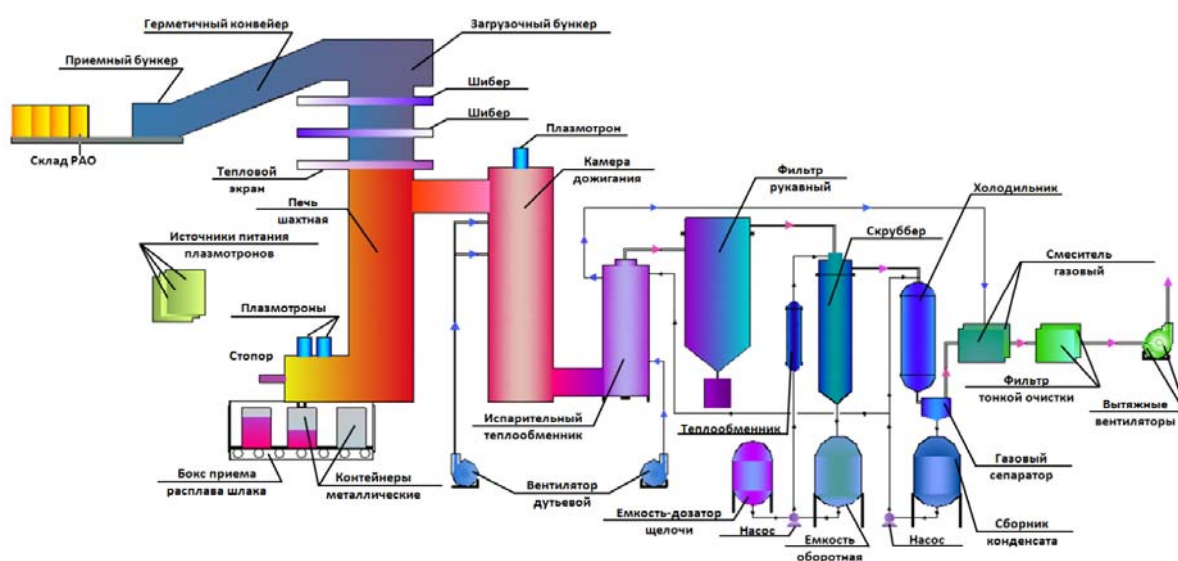


Рис. 22. Схема установки для плазменного обезвреживания радиоактивных отходов

Активно разрабатываются и технологии переработки крайне вредных для человека полихлорированных бифенилов в составе трансформаторных масел, соволов и совтолов (рис. 23). К настоящему времени в мировой практике сложилось мнение об исключительности применения плаз-

менных методов для обезвреживания токсичных веществ I и II класса опасности, а при определенных условиях и радиоактивных газов.

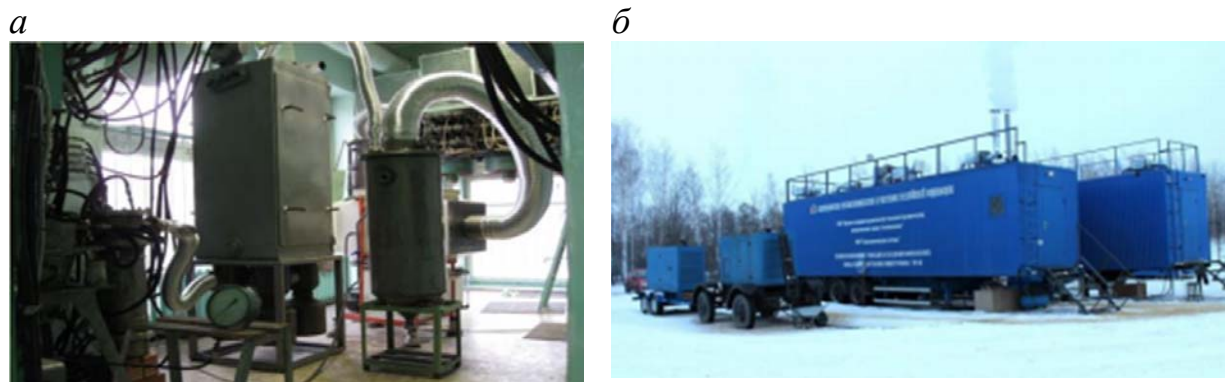


Рис. 23. Плазменные комплексы

для переработки отходов I и II класса опасности:

*а* – стойких органических загрязнителей (соволов и совтолов);

*б* – передвижная плазменно-химическая установка ТКУ-100 ООО «НИИТОН и БТ»

Необходимо сразу отметить, что широкое внедрение плазменных электротехнологий сдерживается из-за ряда особенностей, связанных с высоким энергопотреблением плазмотронов и соответствующим экономическим обоснованием проекта, пониженной надежностью катодных и сопловых узлов в условиях токсичного газового воздействия, необходимостью предварительной сушки и сепарации отходов, проектированием специальной системы их дозации в плазменную струю и т. д. В технологическом плане для повышения энергоэффективности и экономической выгоды применения плазменных технологий можно, например, обратить внимание на использование отходов в качестве постоянно возобновляемого источника энергии, когда помимо плазменного пиролиза всех утилизируемых соединений появляется возможность получения синтез-газа (25–35 % CO + 35–45 % H<sub>2</sub> + метан, ацетилен и этилен), который можно сжигать в энергетических котлах, использовать при производстве электроэнергии или в химическом производстве, для предотвращения образования токсичных соединений (диоксинов, окислов азота, соединений хлора, серы и т. д.). Следует, однако, отметить, что объем вырабатываемой энергии на разработанных и внедренных к настоящему времени установках подобного типа, как правило, невелик и чаще всего используется в замкнутом цикле самого производства. В связи с этим внедрение плазмотронов часто оказывается эффективным по технико-экономическим показателям в случае их применения на отдельных стадиях сложного и многоступен-

чатого процесса утилизации. Однако наиболее эффективным применением плазмотронов в таких процессах следует, видимо, считать их внедрение на стадии дожигания образующихся после термической переработки отходов газов, позволяющее существенно упростить многоступенчатые системы их обезвреживания.

Вместе с тем следует обратить внимание на задачи, реализуемые в рамках национального проекта «Экология» и связанные с запуском в РФ нескольких больших мусоросжигательных заводов. Известно, что многие МСЗ и пиролизные установки, использующие обычно технологии паровоздушной газификации и слоевого сжигания на колосниковых решетках, не отвечают современным экологическим требованиям по концентрациям супертоксикантов (диоксинов и фуранов, тяжелых металлов и их соединений) в токсичных летучих золах, из-за чего основные расходы приходится на систему очистки газов, включающую в себя несколько стадий пропускания газовых выбросов через циклоны, скрубберы, адсорберы, электромагнитные и механические фильтры. Следует также учесть, что из-за невозможности быстрого мониторинга, как правило, отсутствует контроль по наличию канцерогенных компонентов в газовых выбросах. С учетом перечисленных проблем перспективным представляется дооснащение различных установок по термической переработке различного вида отходов плазменными дожигателями, что позволит существенно повысить экологический эффект их внедрения. Метод плазменной инсинерации («сжигания») в настоящий момент является фактически безальтернативным для обезвреживания образующихся при сжигании газообразных супертоксикантов (диоксинов, фуранов и т. д.). В качестве плазмотронов-дожигателей можно использовать модифицированные конструкции применяемых в технологиях плазменной резки дуговых плазмотронов постоянного тока с газовихревой системой стабилизации дуги с камерой дожигания, в которой происходит смешение потоков газообразных токсичных веществ с потоками плазмообразующего газа и их нагрев плазменной дугой, генерируемой в сопловом узле плазмотрона. Вынесение камеры дожигания и узла подачи в нее обезвреживаемых газов за пределы соплового узла позволило решить проблему термохимической стойкости катодного узла и использовать для нагрева более простой тип плазмотрона постоянного тока по сравнению с достаточно сложными для широкого внедрения высокочастотными индукционными (ВЧИ) плазмотронами. Применение оригинальной системы

газовихревой стабилизации в плазмотроне с устройством тангенциального ввода обезвреживаемых газов позволило интенсифицировать процесс перемешивания и нагрева газов в камере дожигания и обеспечить термокинетические условия для обезвреживания наиболее часто образующихся супертоксикантов – диоксинов и их прекурсоров, а также оксидов азота и аммиака.

## **6.4. Материально-экологический баланс**

Создание чистого производства предполагает постепенное уменьшение вредного воздействия промышленных технологий на окружающую среду за счет постоянного выполнения экологически эффективных мероприятий, нацеленных на изменение технологических процессов, состава продукции и технологий услуг.

Можно назвать следующие принципы экологически чистого производства:

- превентивность – предотвращение образования загрязняющих веществ и их негативного воздействия на стадиях, предшествующих их возможному появлению;
- локальность – ограничение появления и вредного воздействия загрязняющих веществ местом их образования;
- системность – реализация экономически обоснованных способов предотвращения, сокращения, нейтрализации загрязняющих веществ на всех стадиях производственного процесса от сырья до готовой продукции;
- эколого-экономическая оценка принимаемых решений – комплексный подход к выбору оптимального варианта предотвращения загрязнения, предполагающего совокупную оценку как экологического, так и экономического эффектов;
- финансовая достижимость – наличие необходимых финансовых средств для реализации принимаемых решений;
- прибыльность – выгодность предотвращения загрязнения (образования отходов);
- непрерывность – последовательность реализации проектов, программ и планов в их постоянном решении.

Чистое производство предполагает отсутствие очистных сооружений, мест складирования отходов и выпуск экологически чистой продукции, т. е. такой продукции, которая по возможности производится из возобновляемого сырья и вторичных материалов, не содержит посторонние

вредные примеси, характеризуется низким уровнем энергопотребления при производстве и эксплуатации, не загрязняет окружающую среду.

При создании экологически чистого производства важно установить не только направления и конечную величину влияния технологического процесса на окружающую среду, но и причины, особенности технологий, которые вызывают нарушения состояния среды обитания человека.

Одним из этапов реализации программы экологически чистого производства является комплексное обследование предприятий. Для оценки экологичности производственных процессов целесообразно использовать балансовые методы, а именно метод материально-экологического баланса (МЭБ) [31, с. 8], схема которого приведена на рис. 24.

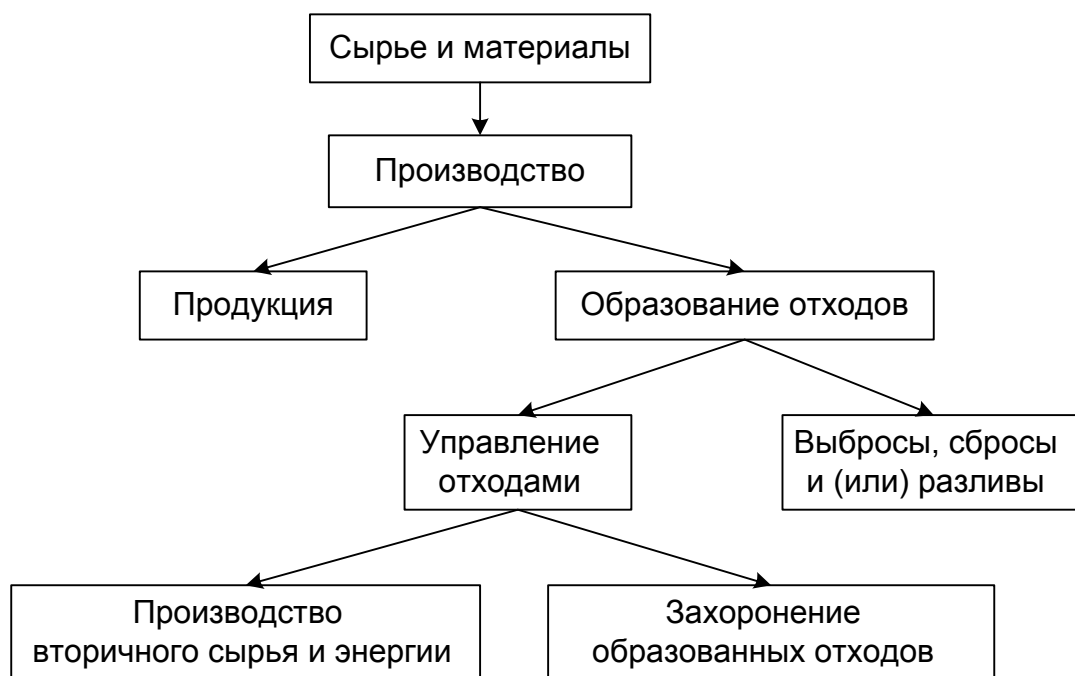


Рис. 24. Схема материально-экологического баланса

Для составления МЭБ необходимо рассчитать некоторые показатели.

Показатель производства  $U$ , характеризующий уровень использования сырья и материалов в продукции, можно найти следующим образом:

$$U = \frac{P}{r}, \quad (20)$$

где  $P$  – количество материала и сырья в продукции, произведенной за время  $t$ ;

$r$  – общее количество сырья и материалов, поступивших в производство за время  $t$ .

Чтобы определить показатель образования отходов  $Y$ , используем формулу

$$Y = (1 - U)r. \quad (21)$$

Показатель  $M$ , характеризующий уровень отходов, охваченный системой управления отходами, вычисляется по формуле

$$M = \frac{g}{Y}, \quad (22)$$

где  $g$  – количество отходов, охваченных системой управления (временное хранение, сбор, переработка, захоронение);

$Y$  – количество отходов, образовавшихся за время  $t$ .

Рассчитав показатель  $M$ , получаем возможность вычислить объем выбросов, сбросов и (или) разливов  $Z$  по формуле

$$Z = (1 - M)(1 - U). \quad (23)$$

Показатель управления отходами  $G$  можно найти, применив формулу

$$G = M(1 - U)r. \quad (24)$$

Показатель уровня переработки отходов  $R$ , охваченных системой управления отходами рассчитывается по следующей формуле:

$$R = \frac{S}{g}, \quad (25)$$

где  $S$  – количество вторичного сырья, полученное в результате переработки отходов. Данный показатель рассчитывается на основании статей расхода МЭБ по пункту «Отходы, охваченные системой управления».

К составлению и анализу материальных и энергетических балансов при реализации экологически чистого производства прибегают для определения эффективности внедряемых технологий, направленных на улучшение природопользования и ресурсосбережения при достижении высокого качества продукта и безопасности труда. С помощью балансов, использующих достоверную информацию, достаточно точно определяются *выбросы в атмосферу, сбросы сточных вод и объемы образующихся отходов*, оценивается *уровень энергозатрат* на производстве.

Анализ материальных и энергетических балансов необходим для следующих действий:

- разработка стратегии рентабельного обращения с материальными и энергетическими отходами;
- информирование работников на рабочих местах об ущербе, связанном с возможными нарушениями технологий, которые способствовали повышенному образованию отходов и потреблению энергии.

Четко составленные МЭБ позволяют получить информацию о сырье, материалах и энергии, вводимых в производство, о произведенной продукции, потреблении воды, воздуха, об образующихся выбросах и сбросах, отходах и нерациональном использовании энергии.

Анализ балансов может указать на необходимость замены оборудования более совершенным, если работа действующего оборудования сопровождается повышенными тратами материальных и энергетических ресурсов.

В основе составления баланса лежит следующая исходная информация:

- виды, количество и состав *сырьевых ресурсов* и других материалов, требуемых для получения продукции соответствующего качества;
- виды, тепловая ценность, условия использования, фактические расходы *топлива*;
- *отходы*;
- качество и количество *сточных вод*;
- фактические объемы *газообразных выбросов*.

Число статей приходной части баланса  $m$ , как и число статей расходной части  $n$ , зависит от специфики производства, технологии, числа операций, количества компонентов и других ресурсов (воздуха, воды), участвующих в технологических операциях, от разнообразия получаемой продукции и видов образующихся материальных потоков.

Работа по составлению баланса начинается с построения *структурной схемы объекта* (предприятия, технологии, процесса). От того, насколько правильно определены единичные операции и как обоснованно они будут собраны в блок-схемы, зависят степень адекватности такой схемы реальному объекту и степень точности рассчитываемых балансов.

Следующий этап – определение размерности (на единицу выпускаемой продукции, единицу времени – сутки, год и т. д.). Чем больше период времени, охватываемый балансами, тем в меньшей степени проявляются погрешности информации.

Сначала устанавливаются виды, количество и состав сырьевых ресурсов и других материалов, необходимых для производства продукции. Затем указывается информация о потребляемом топливе: виды, тепловая ценность, условия использования, фактический расход.

Каждый производственный цикл должен завершаться подсчетом выпускаемой продукции и количества образующихся отходов (выбросов, сбросов и твердых отходов). Для всех отходов необходимо точно указывать не только количество, но и место и способы временного хранения, транспортировки, захоронения, переработки. Если некоторые отходы используются снова в производстве продукции, их нужно указывать в качестве сырья.

Особое внимание уделяется качеству и количеству сточных вод. Общее их количество должно быть примерно равно количеству участвующей в производстве воды. Если очищенная вода используется повторно, то она учитывается как сырье.

При анализе материального баланса в первую очередь следует уделить внимание соответствию данных фактического баланса теоретическому, который используется в качестве основного доказательства экологической чистоты производственного процесса. При обнаружении несоответствия по какой-либо статье баланса она подвергается тщательному анализу, далее проводится исследование расхождения другими методами, в частности методом материального баланса для данной статьи.

В случае высокого расхода энергии на предприятии должен быть построен и проанализирован энергетический баланс (обычно он составляется как тепловой).

## **6.5. Альтернативные источники энергии. Энергосберегающие технологии**

Постоянный рост потребления энергии диктует необходимость поиска новых альтернативных источников, которые представляют собой неисчерпаемые, возобновляемые и экологически чистые ресурсы. Использование невозобновляемых источников энергии оказывает негативное влияние на биосферу, поскольку приводит к дополнительному нагреву ее участков, поэтому такие виды источников энергии называют еще *добавляющими* (в отличие от *недобавляющих*, к которым относятся возобновляемые источники).



Добавляющая энергия в соответствии с вышеизложенным может рассматриваться как энергия, загрязняющая среду обитания человека. Использование недобавляющей энергии сохраняет энергетический баланс: например, забирая солнечные лучи в гелиоустановки, расположенные на поверхности Земли, человек забирает энергию из цикла ее нагревания, а после использования возвращает планете в том же количестве в виде тепла; при этом не образуются токсичные отходы, не расходуются невозобновимые природные ресурсы.

В настоящее время производится преимущественно добавляющая энергия, что усугубляет существующие экологические проблемы. В последние десятилетия ежегодный прирост энергопроизводства составляет около 3 %. При сохранении такого темпа прироста добавляющей энергии допустимый предел ее использования будет достигнут уже через 75 лет. Именно поэтому актуальным для человечества является масштабное использование возобновляемых источников энергии (рис. 25).

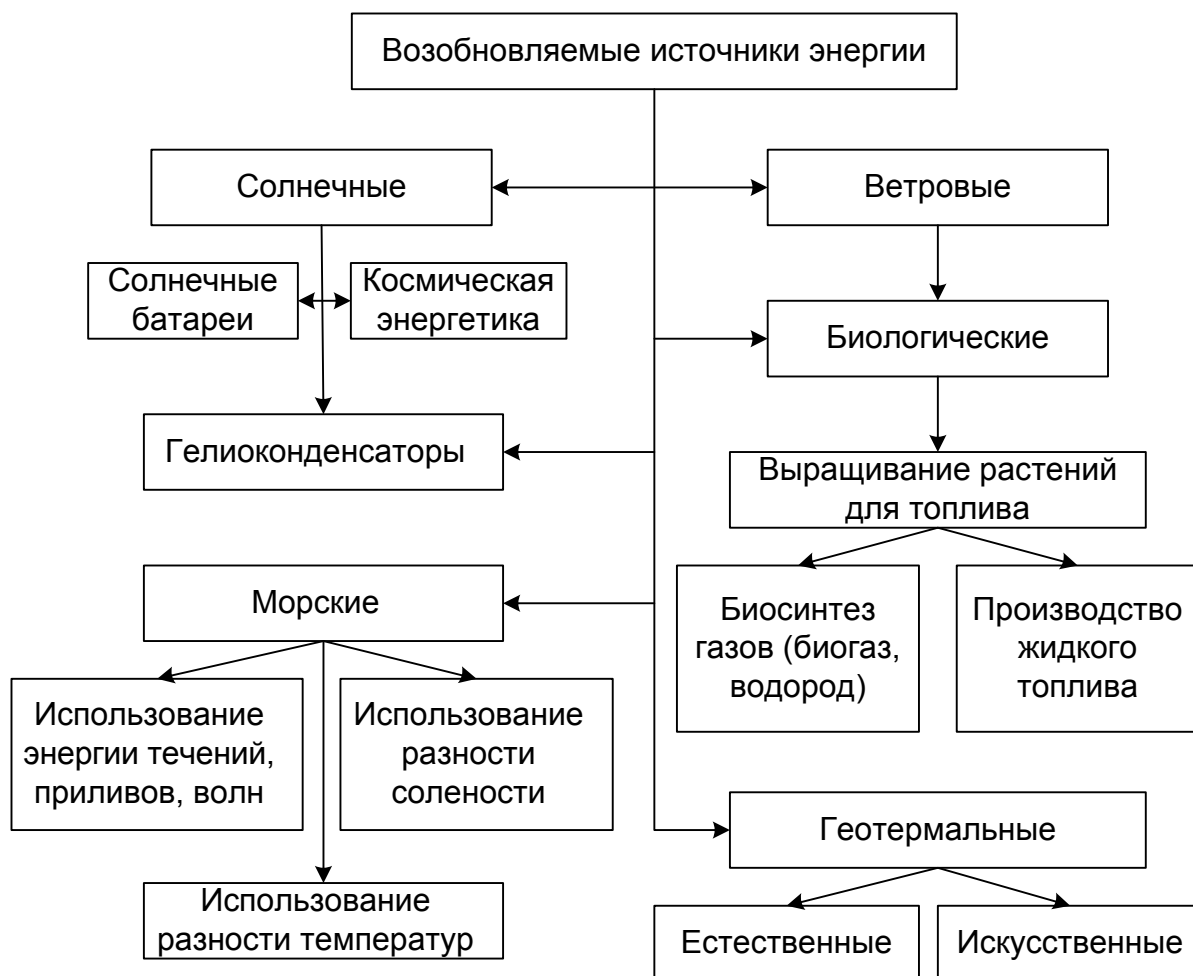


Рис. 25. Классификация возобновляемых источников энергии

**Солнечная энергия.** Поток солнечной энергии является самым обильным источником недобавляющей энергии. Подсчитано, что использование лишь 0,01 % общего потока солнечной энергии могло бы полностью обеспечить современные мировые потребности человечества в энергии.

Значительным преимуществом солнечной энергии является тот факт, что это чистый вид энергии, не загрязняющий окружающую среду. К тому же, использование данного источника в больших масштабах не нарушает сложившегося в ходе эволюции энергетического баланса Земли.

Солнечную энергию можно использовать как напрямую (улавливание техническими устройствами), так и опосредованно, через продукты фотосинтеза, круговорот воды, движение воздушных масс и другие процессы, которые обуславливаются солнечными явлениями.

В большей степени распространено улавливание солнечной энергии с помощью различных коллекторов, в которых она преобразуется в тепловую и нагревает тот или иной теплоноситель. В простейшем виде это поверхности темного цвета для улавливания тепла и приспособления для его накопления и удержания.

Основу *солнечных электростанций* (СЭС) представляет собой технология концентрирования солнечной энергии на поверхности парогенератора с помощью специальных отражающих зеркал (гелиостатов). Сотни таких зеркал соединяют солнечные зайчики (световые пятна) в единое пятно, что обеспечивает высокотемпературный подогрев (до 4000 °С) любого вещества, вплоть до плавления многих металлов.

Преобразование солнечной энергии в электрическую возможно с помощью фотоэлементов, причем безо всяких дополнительных устройств. Однако главными недостатками фотоэлементов являются их высокая стоимость и необходимость отведения больших площадей для их размещения.

С 1985 г. в Крыму, вблизи пос. Щелкино, действует гелиоэлектростанция мощностью 5 МВт. В 2018 г. была введена Фунтовская СЭС (Астраханская обл.) мощностью 75 МВт; в 2019 г. – Самарская и Ахтубинская СЭС (Астраханская обл.) мощностью 75 и 60 МВт соответственно; в 2020 – Торейская СЭС (Республика Бурятия) мощностью 45 МВт.

**Энергия океанов и морей.** Экологически чистая энергия морей и океанов может быть использована в волновых электростанциях (ВолнЭС), электростанциях морских течений (ЭСМТ), приливных электростанциях (ПрЭС),

где происходит преобразование механической формы энергии в электрическую. Существуют энергоустановки, использующие температурный градиент между верхними и нижними слоями океана – гидротермальные электростанции (ГитЭС) и электростанции, принцип работы которых основан на разности солености воды в различных слоях морской воды.

**Энергия волн.** Так называемая волновая мощность Мирового океана оценивается в 2,7 млрд кВт, что составляет треть потребляемой в мире энергии [26]. Средняя волна высотой 3 м несет примерно 90 кВт энергии на 1 м<sup>2</sup> побережья.

Принцип работы ВолнЭС заключается в преобразовании потенциальной энергии волн в кинетическую энергию пульсаций, далее в однонаправленное усилие, которое впоследствии приводит во вращение вал электродвигателя. ВолнЭС могут быть сооружены на берегу, в акватории вблизи берега или в открытом море на удалении от берега.

В 1978 г. в Японии была разработана плавучая электростанция, позволившая преобразовывать энергию волн в камерах компрессионного типа в энергию сжатого воздуха, который из соплового аппарата поступал на лопасти турбины, вращающей электрогенератор.

Волновой энергетике свойственны такие недостатки, как сравнительно низкая концентрация энергии и широкий спектр волновых колебаний.

**Энергия течений.** Основными элементами гидроэлектростанций, использующих энергию океанических течений, являются преобразователи, которые подразделяют на водяные и объемные насосы. К *водяным насосам* относят обычное лопастное колесо и различные его модификации (например, ленточное колесо с жесткими лопастями). *Объемные насосы* – это преобразователи типа сопла Вентури, у которого критическое сечение и срез расширяющейся части сопла соединены с атмосферой трубками. Жидкость в критическом сечении сопла движется со скоростью, большей скорости входного потока. В результате создается пониженное давление и воздух засасывается из атмосферы. После выхода из расширяющейся части сопла сжатый воздух поступает в напорную трубу, в которой расположена пневмотурбина.

В США разработана турбина с диаметром рабочего колеса 170 м и длиной ротора 80 м. Установку планируют разместить в одном из районов относительно сильных течений [44].

**Энергия приливов и отливов.** Приливы и отливы – источник экологически чистой энергии, практически неисчерпаемый и огромный по мощности, не зависящий от сырьевых запасов. Только часть мощности приливов, которая рассеивается на трение и вихревое движение масс воды, составляет около 1 млрд кВт, что соответствует энергетическому потенциалу почти всех рек мира. В России в 1970 г. на Баренцевом море была построена ПрЭС мощностью 400 кВт. Действующими на данный момент являются ПрЭС на Белом и Охотском морях (10 МВт), где приливы поднимают воду на 9–13 м. Продолжаются работы по созданию более мощных ПрЭС: ведется работа по созданию капсульной машины с диаметром рабочего колеса 10 м.

**Энергия разности температур различных слоев морской воды.** В настоящее время установлено, что средняя разность температур в Мировом океане на поверхности и на глубине 400 м составляет 12 °С. Для преобразования энергии, обусловленной перепадом температур, используют системы, построенные как по открытому принципу и одноконтурной схеме, когда в качестве рабочего тела применяется морская вода, так и по закрытому принципу и двухконтурной схеме, когда применяется промежуточное рабочее тело (фреоны, аммиак, пропан и т. д.).

К недостаткам данных установок относится нарушение теплового равновесия из-за перемешивания теплых поверхностных и холодных глубинных вод, которое может негативным образом влиять на теплолюбивую фауну при изменении абсолютной температуры.

**Геотермальная энергия,** получаемая за счет использования природного тепла земных недр, является наиболее перспективной и экологически безопасной среди возобновляемых источников энергии.

В Российской Федерации прогнозные запасы термальных вод составляют 20–22 млн м<sup>3</sup>/сут с температурой от 50 до 250 °С. Если эксплуатировать месторождения с поддержанием пластового давления (посредством обратной закачки отработанной воды), то они могут обеспечить экономии 140–150 млн т условного топлива [26].

Различают геотермальные источники с естественными и искусственными теплоносителями. В первом случае в качестве рабочего тела в энергетических установках используют термальные воды или пароводяные смеси естественного происхождения. На Камчатке, у реки Паужетки, на

базе горячих подземных источников построена и эксплуатируется ГеоТЭС мощностью 5 МВт. В основном используют термальные воды неглубокого залегания с температурой 50–100 °С.

В искусственных геотермальных источниках в качестве рабочего тела применяют жидкость или газ, которые по пробуренным скважинам циркулируют в толще горных пород, имеющих высокие температуры.

Новым шагом в эффективном использовании глубинного тепла Земли может стать создание сети сверхглубоких скважин с помещенными в них так называемыми термобатареями. Подобная сеть в состоянии обеспечить практически неограниченным количеством экологически чистой энергии, порожденной только внутренним теплом Земли.

**Ветроэнергетика.** Ветровые электростанции (ВЭС) традиционно являются самыми древними. Запасы энергии ветра на Земле чрезвычайно велики: по некоторым оценкам они превышают 80 трлн кВт·ч, что существенно больше современного потребления энергии человечеством. В районах с интенсивным движением воздуха ветроустановки могут вполне обеспечивать энергией местные потребности.

Современная ветроэнергетика представляет собой преобразование энергии ветра в колебания, которые воспринимаются пьезоэлектрическими преобразователями, или в поступательное движение объекта с помощью ветродвигателей.

Поскольку скорость ветра – это случайная функция времени, разработаны мероприятия по повышению устойчивости ВЭС, в частности путем ее сочетания с дизель-генератором.

По генерируемой мощности ВЭС подразделяются на три класса:

- 1) до 5 кВт – применяют в качестве автономных источников питания насосов для отопления помещений;
- 2) от 5 до 100 кВт – размещают в районах с децентрализованной системой энергоснабжения, предназначены для привода различных устройств, в том числе электрогенераторов;
- 3) выше 100 кВт – предназначены для параллельной работы с неветровыми электростанциями равной или большей мощности.

Ветровые электростанции имеют некоторые недостатки:

- при работе они генерируют инфразвук частотой ниже 16 Гц, вызывающий у людей угнетенное состояние и чувство беспокойства;

- в случае широкомасштабного применения отчасти нарушается тепловой баланс в районах их размещения из-за изменения условий переноса тепла вдоль земной поверхности;

- вследствие отражения радиоволн УКВ- и СВЧ-диапазона от движущихся лопастей ВЭС нарушается работа навигационной аппаратуры авиалайнеров и ухудшается прием телевизионных передач. С целью устранения перечисленных недостатков были предложены два выхода: прямое преобразование (без ветряка) энергии ветра в электрическую; вынос ветровых электростанций в открытое море, океан;

- возникает проблема утилизации лопастей.

**Биоэнергетика** основана на получении биомассы, которая непосредственно или после соответствующей переработки используется в качестве топлива. При этом выделяют три направления получения тепловой энергии: сжигание биомассы; брожение биомассы, при котором выделяется тепло; использование таких энергоносителей, как биогаз или спирты, которые извлекаются в процессе образования биомассы.

Особенностью первого направления (сжигание растений) в настоящее время является то, что источником древесного топлива служат специальные плантации быстрорастущих деревьев (тополь, ива, ольха и т. п.).

Функционирование крупных животноводческих комплексов сопровождается образованием огромного количества навоза и растительных остатков. Для переработки стоков животноводческих комплексов применяют *анаэробное* (бескислородное) сбраживание, в результате которого ускоряется процесс выделения метана (компонента биогаза).

Биологическая переработка органических отходов (биоконверсия) промышленности и сельского хозяйства – сложный микробиологический процесс, в котором принимают участие несколько взаимодействующих групп бактерий:

- гидролитические бактерии расщепляют углеводы, белки, липиды и другие компоненты биомассы с образованием углекислого газа, воды, жирных кислот, спиртов и др.;

- ацетогенные бактерии разлагают жирные кислоты и нейтральные продукты до ацетата, водорода, углекислого газа в бескислородной среде;

- гомоацетатные бактерии синтезируют ацетат из смеси «водород–углекислый газ», метанола и других соединений;

- метанообразующие бактерии используют смесь «водород–углекислый газ», ацетат для синтеза метана.

Деятельность бактерий и объем образующегося метана зависят от следующих факторов: температура, кислотность среды, наличие летучих кислот и питательных веществ, токсичность материалов.

Кроме метана, в результате биоконверсии образуется шлам – обеззараженное высокоэффективное удобрение, по своим свойствам близкое к минеральному (вроде нитрофоски).

**Водородная энергетика.** Водород является перспективным топливом в силу его неоспоримых преимуществ:

- экологическая безопасность;
- высокое значение теплоты сгорания (в четыре раза больше, чем у каменного угля);
- высокая теплопроводность;
- низкая вязкость (актуально при транспортировке по трубопроводам на большие расстояния);
- возможность разностороннего применения.

Получение водорода возможно разными методами: каталитической конверсией метана с водяным паром; конверсией монооксида углерода с водяным паром; выделением водорода из газовой смеси; водно-щелочным электролизом под давлением; электролизом воды с использованием в качестве электролита расплава щелочи, твердого полимера, керамики на основе  $ZrO_2$ .

В последние годы интенсивно разрабатываются *плазмохимические технологии* получения водорода, связанные с использованием низкотемпературной ( $10^3$ – $10^5$  K) плазмы.

Весьма перспективны такие методы получения водорода, как фотоэлектролиз и биофотолиз. **Фотоэлектролиз** – получение водорода и кислорода из воды при помощи солнечной энергии. **Биофотолиз** воды основан на том, что некоторые микроорганизмы (например, хлорелла), использующие солнечную энергию для своей жизнедеятельности, способны разлагать воду с образованием водорода.

**Энергосберегающее развитие.** По мере обострения экологических проблем, обусловленных в том числе и нерациональным использованием энергетических ресурсов и энергии, возникает необходимость планомерной замены «энергопожирающих» технологий на экономичные. Например, по расчетам специалистов, широкое использование в металлургии РФ энерго-

сберегающего оборудования позволит сэкономить примерно 12 % вырабатываемой энергии, что почти соответствует ее производству на всех АЭС.

В системе жилищно-коммунального хозяйства энергозатраты превосходят всякие разумные пределы: коммуникации со слабой теплоизоляцией, дома, квартиры поставляют тепло в окружающую среду. До трети всех коммуникаций находится в аварийном состоянии. Между тем экономия энергии, используемой для отопления и освещения зданий (утепление стен, окон, полов, дверей и т. д.), по мнению специалистов, может составить до 15 % расходуемой энергии.

Существуют огромные возможности по увеличению добычи энергоресурсов за счет совершенствования технологий их извлечения. Сейчас в недрах остается примерно 70 % нефти из-за технического отставания нефтедобывающей промышленности. Использование передовых технологий позволит дополнительно извлечь десятки миллионов тонн энергоресурсов. Значительные резервы кроются и в увеличении глубины переработки сырья. О возможностях энергосберегающего развития свидетельствует опыт многих стран, где экономический рост в последние годы обеспечивался только за счет экономии энергоресурсов без строительства новых станций и разработки новых месторождений.

### ***Вопросы и задания для самоконтроля***

1. Перечислите основные задачи экономического механизма природопользования. Что подразумевается под лимитированием природопользования и платностью природопользования?
2. Что такое экологические фонды и экологическое страхование?
3. Какие виды материального стимулирования природоохранной деятельности Вам известны?
4. Каковы принципы экологически чистого производства?
5. Объясните, в чем различие между утилизацией и обезвреживанием отходов.
6. В каких направлениях развиваются современные технологии утилизации и обезвреживания отходов?
7. Назовите преимущества и недостатки термических методов переработки отходов.



8. На каких физических принципах основано применение технологий плазменного воздействия на материалы?

9. Где и как применяются плазменные методы утилизации и обезвреживания отходов?

10. Для чего необходимо составление материально-экологического баланса?

11. Каковы этапы составления материально-экологического баланса?

12. Перечислите основные альтернативные источники энергии. Почему они называются недобавляющими?

13. Каким образом возможно улавливание солнечной энергии?

14. Как используется энергия морей и океанов?

15. В чем суть геотермальных источников с естественными и искусственными теплоносителями?

16. Перечислите недостатки ветровых электростанций.

17. Каковы преимущества водородной энергетики?

## **Глава 7. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

### **7.1. Принципы международного экологического сотрудничества**

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды регулируется международным экологическим правом, в основе которого лежат общепринятые принципы и нормы:

- каждый человек имеет право на жизнь в наиболее благоприятных экологических условиях;
- каждое государство имеет право на использование окружающей среды и природных ресурсов для целей развития и обеспечения нужд своих граждан;
- экологическое благополучие одного государства не может обеспечиваться за счет других государств или без учета их интересов;
- осуществляемая на территории государства хозяйственная деятельность не должна наносить ущерб окружающей природной среде как в пределах, так и за пределами его юрисдикции;
- недопустимы любые виды хозяйственной и иных видов деятельности, экологические последствия которых непредсказуемы;
- установление контроля на глобальном, региональном и национальном уровнях за состоянием и изменениями окружающей природной среды и природных ресурсов на основе признанных международных критериев и параметров;
- обеспечение свободного и беспрепятственного международного обмена научно-технической информацией по проблемам окружающей природной среды;
- помощь государств друг другу в чрезвычайных экологических ситуациях;
- разрешение споров, связанных с проблемами окружающей природной среды, только мирными средствами.

Основы стратегии международного сотрудничества в экологической сфере были заложены на *Первой Всемирной конференции по окружаю-*

*щей среде* в Стокгольме в 1972 г. Результаты работы этой конференции позволили выявить следующие аспекты:

- планетарный характер остроты социально-экологических проблем;
- необходимость выработки стратегии экологического развития, предполагающего гармонизацию взаимоотношений человека, социума и биосферы;
- целесообразность создания специализированной международной экологической организации – Программы Организации Объединенных Наций (ООН) по окружающей среде (ЮНЕП).

По итогам работы этой конференции была принята декларация, определяющая стратегические цели и направления действий мирового сообщества в сфере охраны окружающей среды. В результате постепенно стал осуществляться переход управления природопользованием на новый, межправительственный уровень, предполагающий организацию управленческой работы с учетом принятых международных договоров и конвенций. Активизировалось международное сотрудничество по изучению и оценке динамики изменения качества окружающей среды на мировом уровне, инициированию новых разработок в области ресурсосберегающих технологий.

Стокгольмская конференция провозгласила 5 июня Всемирным днем окружающей среды.

В 1982 г. Генеральной Ассамблеей ООН была принята *Всемирная хартия природы*, которая, как и Стокгольмская декларация, определила приоритетные направления экологической деятельности международного сообщества на тот момент, что предопределило характер экологической политики государств.

В Хартии были провозглашены следующие принципы:

- сознавая, что является составной частью природы, человечество должно относиться к ней с уважением и придерживаться ее основных принципов;
- генетическая основа жизни на Земле не должна подвергаться опасности, популяция каждой формы жизни должна сохраняться, необходимую для этого среду обитания следует сохранять;
- все регионы Земли должны быть подчинены охране в соответствии с этими требованиями;
- природные ресурсы должны не расточаться, а расходоваться умеренно, как того требуют принципы, изложенные в настоящей Хартии, биологические ресурсы используются лишь в пределах их природной способности к самовосстановлению, ресурсы многократного пользования используются многократно или рециркулируются.

Деградация природных экосистем в результате нерационального использования природных ресурсов, как и неспособность организовать эколого-экономический порядок между странами, согласно Хартии, ведут к подрыву основ цивилизации.

В 1987 г. был опубликован доклад Комиссии ООН по окружающей среде и развитию «Наше будущее», в котором впервые было использовано словосочетание «устойчивое развитие», заинтересовавшее международное сообщество. Согласно определению, данному Международной Комиссией ООН по окружающей среде и развитию, *устойчивое развитие* удовлетворяет потребности настоящего времени, но при этом не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Устойчивое развитие включает в себя следующую систему представлений:

- создание условий гармонии человека и природы, обеспечение его полноценной жизнедеятельности;
- рассмотрение охраны природы как составной части развития цивилизации;
- сокращение разрыва в уровнях жизни между развитыми и развивающимися странами;
- балансирование между удовлетворением потребностей общества и сохранением природной среды как для настоящих, так и для будущих поколений.

Концепция устойчивого развития была принята на **конференции ООН по окружающей среде и развитию** в 1992 г. в Рио-де-Жанейро.

Несмотря на важность концепции как документа, представляющего стратегию развития мирового сообщества, многими учеными отмечается утопичность ее реализации ввиду невозможности установить баланс между экологическими и экономическими стереотипами, так как человечество может функционировать только за счет потребления ресурсов биосферы.

На конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро было также отмечено, что за историю цивилизации вырублено две трети лесов, уничтожено более двухсот видов животных и растений, на 10 млрд т уменьшены запасы кислорода в атмосфере. На этой конференции были приняты следующие документы:

- «Декларация об окружающей среде и развитии»;
- «Повестка дня – XXI век»;
- «Заявление о принципах управления, сохранения и устойчивого развития всех типов лесов»;

- «Рамочная конвенция по проблеме изменения климата»;
- «Конвенция по биологическому разнообразию».

В *«Декларации об окружающей среде и развитии»* изложены 28 принципов, обеспечивающих права на развитие, среди которых можно отметить следующие:

- принцип общей, но дифференцированной ответственности, предполагающий участие всех стран в ликвидации причиненного природе ущерба, но с учетом их финансовых и технологических возможностей;
- принцип «загрязнитель платит» предусматривает обязанность субъектов загрязнения возместить экологический ущерб, нанесенный их деятельностью;
- принцип субсидиарности, предполагающий принятие и реализацию решений на как можно более низком уровне;
- принцип открытости, означающий прозрачность проводимой политики и участие в ней общественности.

Документ *«Повестка дня – XXI век»* представляет собой подробный план действий по всем направлениям развития в течение следующего столетия, план обеспечения экономического роста без ущерба для природной среды, план устойчивого развития.

*«Рамочная конвенция об изменении климата»*, включающая 26 статей, направлена на стабилизацию концентрации парниковых газов до уровня, предотвращающего опасное изменение глобальной климатической системы Земли. Развитые страны в соответствии с Конвенцией берут на себя инициативу по сокращению выбросов парниковых газов до уровня 1990 г. Предполагается, что развитые страны предоставят дополнительные финансовые средства и технологии развивающимся государствам [18].

*«Конвенция по биологическому разнообразию»*, состоящая из преамбулы и 42 статей, провозглашает сохранение биологического разнообразия как важного показателя устойчивости природных экосистем. Конвенция призывает к международному сотрудничеству, а также к разработке национальных программ по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия.

Конференция приняла решение об образовании организации «Международный Зеленый Крест», задачами которой были объявлены экологическое образование и воспитание как основа устойчивого развития и изменения системы ценностей.

На конференции было подчеркнуто, что устойчивому развитию, под которым понимается одновременное решение экологических проблем и экономического развития, нет разумной альтернативы.

На *Всемирном саммите по устойчивому развитию «Рио+10»* в Йоханнесбурге в 2002 г., подтвердившем необходимость перехода к устойчивому развитию, было отмечено, что путь развития современного общества не в состоянии обеспечить экологическую устойчивость. Среди причин, по которым невозможно достичь устойчивого развития в кратчайшие сроки, отмечались отсутствие эффективного механизма управления, ограниченность финансирования, возрастающий разрыв в масштабах производства и потребления в развитых и развивающихся странах.

Был принят План выполнения решений на высшем уровне, который установил временные параметры движения мирового сообщества по пути устойчивого развития. Предполагалось, что практическая реализация перехода к устойчивому развитию всего человечества должна начаться в 2005 г. В декларации саммита отмечалась важность объединения человечества с целью подготовки реального плана действий, направленных на ликвидацию нищеты и развитие человеческого потенциала.

В 2012 г. в Рио-де-Жанейро вновь прошла *Конференция ООН по окружающей среде и развитию «Рио+20»*, на которой был принят итоговый документ «Будущее, которое мы хотим». В этом документе определены основные принципы перехода к устойчивому развитию (предполагающему экономический и социальный рост при условии сохранения окружающей среды). Кроме того, закреплено понятие «зеленой экономики» как инструмента устойчивого развития, выделены задачи борьбы с бедностью и создания новых рабочих мест.

## **7.2. Международные организации, соглашения и договоры по охране окружающей среды**

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды осуществляется в разных формах: международные организации, международные соглашения, конвенции, договоры, государственные инициативы по международному сотрудничеству [13, 16, 22].

Как было сказано выше, в 1972 г. при ООН был создан самостоятельный международный институт – *Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП)*, который определяет политику и координирует деятель-

ность всех организаций ООН и за ее пределами по вопросам окружающей среды человека. ЮНЕП принимает активное участие в формировании основ международного экологического права, а также способствует принятию решений по охране окружающей среды на договорных основах. В компетенции ЮНЕП находятся не только вопросы, связанные с охраной дикой природой, но также проблемы здоровья человека, образования, технологий, профессиональной подготовки и др.

Большую активность в решении глобальных проблем по охране окружающей среды проявляет *Международный союз охраны природы – МСОП* (в настоящее время – Всемирный союз охраны природы). МСОП является одним из лидеров в разработке решений проблем биоразнообразия. По инициативе МСОП выпущена Международная Красная книга редких и исчезающих видов растений и животных. Деятельность МСОП направлена на сохранение памятников природы, организацию заповедников, национальных природных парков, развитие экологического просвещения.

Комплексный природоохранный характер имеют такие специализированные организации ООН, как *ЮНЕСКО* (Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры), *ВОЗ* (Всемирная организация здравоохранения), *ФАО* (Всемирная организация продовольствия), *МАГАТЭ* (Международное агентство по атомной энергии), *ВМО* (Всемирная метеорологическая организация).

Приоритетные направления деятельности ЮНЕСКО связаны с разработкой экологических программ и руководством ими, исследованиями состояния окружающей среды, охраной природных и культурно-исторических объектов, пропагандой экологического образования. Цель работы ЮНЕСКО – содействие миру и экологической безопасности, сотрудничество в области науки, культуры и образования. Под эгидой ЮНЕСКО осуществляется межправительственная программа «Человек и биосфера».

Целью *Всемирной организации здравоохранения* является координация вопросов охраны здоровья человека применительно к проблемам его взаимодействия с окружающей средой. ВОЗ занимается вопросами санитарно-эпидемиологического мониторинга окружающей среды, анализа ее качества, собирает и анализирует статистические данные о заболевших в результате загрязнения окружающей среды. В компетенции ВОЗ находятся вопросы, связанные с оздоровлением городов, организацией санитарно-курортного лечения граждан, реализацией международных программ по улучшению санитарно-гигиенических условий жизни человека.

В поле зрения *Всемирной организации продовольствия* находятся вопросы, связанные с решением экологических проблем в области сельского хозяйства и мировых продовольственных ресурсов. ФАО изучает проблемы охраны и использования земель, лесов, животного мира. Этой организацией подготовлена почвенная карта мира, проводятся международные конференции по народонаселению, опустыниванию земель, охране водных ресурсов.

В задачи *Всемирной метеорологической организации* входят вопросы по изучению факторов воздействия человека (связанных с загрязнением окружающей среды) на погоду и климат планеты. ВМО существует и действует в составе ГСМОС – глобальной системы мониторинга окружающей среды, которая выполняет программы мониторинга атмосферы, литосферы, гидросферы, здоровья человека. По каналам ВМО в Россию поступает информация о состоянии Мирового океана, атмосферного воздуха, озонового слоя и т. д.

Основной программой, реализуемой *Международным агентством по атомной энергии*, является «Ядерная безопасность и защита окружающей среды». В задачи МАГАТЭ входит мониторинг действующих атомных электростанций (на предмет их безопасности), а также разработка правил строительства и эксплуатации новых. МАГАТЭ проводит исследования по оценке воздействия радионуклидов на природные экосистемы и человека, устанавливает нормы радиационной безопасности.

**Международные договоры и соглашения.** В ситуации глобального экологического кризиса главным средством международного правового регулирования вопросов защиты окружающей среды являются многосторонние договоры, обеспечивающие максимально широкое участие государств.

Наиболее значимым документом по охране окружающей среды на международном уровне является принятый в 1997 г. *Киотский протокол*, согласно которому промышленно развитые страны должны сократить свои общие выбросы парниковых газов к 2008–2012 гг. на 5 % по сравнению с уровнем 1990 г. Данный документ вступил в силу через 90 дней после его ратифицирования государствами, являющимися сторонами конвенции, в том числе развитыми странами, на долю которых приходится не менее 55 % общих выбросов углекислого газа. Причем предполагалось, что уровень сокращения выбросов парниковых газов для наиболее развитых стран будет больше, для развивающихся – меньше, а некоторые страны (напри-



мер, Исландия) могут даже увеличить объемы выбросов. Для каждой из стран-участниц протокола установлены ограничения на выбросы в абсолютной величине в форме квот. Планировалось создание глобального рынка парниковых газов, в рамках которого можно продавать и покупать квоты на выбросы и сокращения выбросов, образующихся в процессе производственно-хозяйственной деятельности. Протокол вступил в силу с января 2005 г., его ратифицировали более 120 стран мирового сообщества, в том числе и Россия.

Однако в 2001 г. США (основной источник выбросов парниковых газов) категорически отказались от участия в протоколе. В основе этого решения лежали экономические соображения: требуемое снижение выбросов и желательная оптимизация энергопотребления якобы негативно скажутся на динамике экономического роста США.

Сокращение выбросов парниковых газов означает рациональное использование ископаемого топлива, выход на новый уровень технологических и энергетических проектов.

Кроме Киотского протокола, защите атмосферного воздуха от загрязнения посвящены *Венская конвенция об охране озонового слоя* (1985) и *Монреальский протокол* к ней (1987), направленные на сокращение выбросов хлорфторуглеводородов и создание озонобезопасных фреонов.

В области защиты морской среды от загрязнения и использования ресурсов Мирового океана действуют следующие документы:

- «Конвенция о предотвращении загрязнения моря сбросами отходов и других материалов» (1972);
- «Конвенция ООН по морскому праву» (1982);
- «Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер» (1992).

Особенно актуальны в современном мире международные документы, направленные на защиту биосферы от загрязнения ядерными материалами и радиационной опасности:

- «Конвенция об оперативном оповещении о ядерной аварии» (1986);
- «Конвенция о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации» (1986);
- «Договор о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой» (1963).

Для обеспечения сбалансированности экономического, социального и экологического компонентов развития общества с 1 января 2016 г. вступила в силу «Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.», одобренная лидерами мирового сообщества на историческом саммите ООН по устойчивому развитию в сентябре 2015 г. Она определила 17 глобальных целей устойчивого развития (ЦУР) и 169 соответствующих задач (рис. 26).



Рис. 26. Цели устойчивого развития ООН

Цели, установленные для комплексного решения проблем как в области охраны окружающей среды, так и в области экономики сформулированы следующим образом:

ЦУР 7: Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, устойчивым и современным источникам энергии через увеличение доли возобновляемой энергии в мировом энергетическом балансе и повышение энергоэффективности.

ЦУР 9: Создание стойкой инфраструктуры через ее модернизацию, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям путем переоборудования промышленных предприятий, а также посредством повышения эффективности использования ресурсов и более широкого применения экологически безопасных технологий в промышленных процессах.

ЦУР 12: Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства через экологически рациональное использование хи-

мических веществ и отходов на протяжении всего их жизненного цикла и существенное сокращение их попадания в окружающую среду, а также уменьшение объема отходов путем принятия мер по предотвращению их образования, переработке и повторному использованию.

Иными словами, для достижения целей устойчивого развития необходим «декаплинг» (от англ. *decoupling* – разделение) – разрушение прямой связи между ростом населения, производства, потребления ресурсов и антропогенным воздействием на окружающую среду.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Какие формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды Вы можете назвать?
2. Перечислите принципы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды.
3. Перечислите основные специализированные международные организации по охране окружающей среды, существующие при ООН.
4. Перечислите основные направления деятельности ЮНЕП. В чем особенности таких организаций, как ВОЗ, ФАО, ВМО?
5. Перечислите основные принципы, провозглашенные во Всемирной хартии природы.
6. Что означает стратегия экологического развития? Когда впервые было введено это понятие?
7. Какие документы были приняты на конференции в Рио-де-Жанейро в 1992 г.?
8. Что означает понятие «устойчивое развитие»? В чем его особенности?
9. Перечислите основные итоги Всемирного саммита по устойчивому развитию «Рио+10».
10. О чем говорится в Киотском протоколе?

## **Заключение**

Подводя итог представленному в учебном пособии материалу, авторы выражают надежду на то, что заинтересованные читатели смогут объективно оценить масштаб экологических проблем и сложность задач их решения. В рамках данной работы показана перспектива снижения уровня негативного воздействия на природу со стороны техносферы. На наш взгляд, для этого необходимо использовать широкий арсенал средств, имеющийся как у отдельных экологически ответственных граждан, так и у руководителей всевозможных структур, от региональных до международных. При этом следует сказать, что значимость проблем уже признается на различных управленческих уровнях и принимаются соответствующие меры. К настоящему времени реализуется большое количество городских, областных и всероссийских стратегических программ и проектов, направленных на улучшение экологической ситуации. Однако реализация подобных программ неизбежно наталкивается на ряд препятствий, заложенных внутри самих проектов и возникающих в процессе их выполнения.

Первой и самой очевидной проблемой является поиск источников финансирования. В сфере экологического планирования это становится особо тяжелым препятствием для реализации намеченных задач, поскольку величина проблемы явно несопоставима с объемами бюджетного финансирования, а решение многих вопросов в рамках частнопредпринимательской инициативы труднореализуемо из-за низкой рентабельности проектов и большого числа технологических и бюрократических преград. Таким образом, решающим игроком на этом поле вынуждено оставаться государство, пытающееся решать практически неограниченное количество проблем в рамках ограниченных муниципальных и областных бюджетов, специфичных для каждой местности и зависящих от внешней конъюнктуры. В связи с этим зачастую возникают серьезные дисбалансы в общих объемах бюджетных инвестиций в экологическую сферу применительно к регионам с разной промышленной структурой. Очевидно также, что невозможно одновременно и в полном объеме финансировать все намеченные в рамках стратегий направления и программы. При этом многие проекты тесно связаны друг с другом и успешная реализация одного

невозможна без выполнения другого. Подобное взаимовлияние, с одной стороны, позволяет оптимизировать расходы в рамках выполнения всего плана и надеяться на достижение синергетического эффекта при его реализации по всем направлениям, но, с другой стороны, заставляет усомниться в возможности комплексного учета и выполнения всех нюансов стратегий, сводя их реализацию на практике к известному методу латания Тришкиного кафтана.

В сфере управления отходами стратегическим приоритетом должна стать задача минимизации их объема, затем вторичное использование или утилизация и лишь в последнюю очередь захоронение. Однако минимизировать количество отходов можно только путем модернизации производств, дающих основную массу их прироста, или путем их вывода за пределы крупных городских образований, что связано с большими инвестиционными затратами и потерями налоговых поступлений в городские бюджеты. В результате объемы отходов растут (на 3–4 % в год), а вторичная переработка позволяет решать только локальные задачи, слабо влияя на общую ситуацию. Как правило, это связано с низким качеством вторичного продукта переработки и отсутствием для него широкого рынка сбыта. Существуют отходы, переработка которых должна приносить коммерческую выгоду – это электроника, старые автомобили, металлопродукты, бумага, полимеры, стекло. Но для их сбора необходима отдельная инфраструктура и мусоросортировка, а также специальное оборудование для утилизации, что требует немалых инвестиций. Зачастую такие проекты начинают работать только на уровне федеральных программ, а на муниципальном уровне энтузиастов не находится. Обычной практикой со стороны властей в области планирования переработки отходов является предоставление частным предпринимателям бесплатного сырья в виде отходов при отсутствии бюджетного софинансирования, налоговых, арендных и энергетических послаблений, предоставления земельных участков в собственность. В результате многие включенные в проекты инновационные предложения не реализуются, а уже запущенные немногочисленные предприятия из-за отсутствия прибыли прекращают свою деятельность.

Тем не менее авторы считают, что в последнее время наметились положительные сдвиги в сфере переработки и обезвреживания отходов. Появляются новые технологии, вводятся новые регулятивные механизмы,

разрабатываются и принимаются новые программы различных уровней, способствующие снижению антропогенного и техногенного воздействия на окружающую среду. С рядом таких проектов читатель, как надеются авторы, познакомился в данном учебном пособии.

Реализация многих стратегических проектов, в том числе и в экологической сфере, возможна не только при моральной, но и деятельной поддержке со стороны населения. Все мы прекрасно знаем, как сильно зависит чистота и благоустройство наших городов и близлежащих природных территорий от отношения граждан к окружающей среде и их экологической культуры. Следует с сожалением признать чрезвычайно низкий уровень подобной культуры у жителей большинства российских регионов. Можно, конечно, сослаться на другие регионы и страны, где ситуация выглядит еще хуже. Однако проблему нужно решать, ориентируясь на положительные примеры, каких немало и в европейских, и в российских городах. Очевидно, что решение лежит в сфере воспитания и правовой ответственности каждого гражданина. Все ответственные лица прекрасно это понимают и, надо сказать, предпринимают определенные шаги в данном направлении. Тем не менее эффективность подобных мероприятий остается достаточно низкой. По нашему мнению, для улучшения ситуации следует усилить правовую ответственность отдельных граждан за нанесение экологического ущерба окружающей среде. В первую очередь это должно найти отражение в законодательстве, касающемся экологической сферы, и быть поддержано техническими внедрениями и отношениями в обществе, делающими неотвратимым наказание за такие нарушения. Также на правовом уровне, требующем жесткого введения и соблюдения норм и технических регламентов, возможно решение и других экологических проблем, связанных с качеством воды, воздуха и общей экологической безопасностью. Однако подобные изменения, как правило, реализуются при наличии государственной воли, что выносит их за рамки рассмотрения муниципальными стратегическими программами. На местном же уровне вполне возможно решить вопрос со льготами малым предприятиям, занятым в сфере разработки и внедрения инновационных экологических технологий и переработки отходов (особенно высокого класса опасности).

В заключение подчеркнем большой позитивный смысл, заложенный в стратегическом планировании в экологической сфере. Такое планирова-

ние основывается, как правило, на серьезном SWOT-анализе, позволяющем выявить сильные и слабые стороны стратегии, его возможности и сопутствующие риски при реализации намеченных проектов. Подобный подход позволяет разумно и взвешенно расставить акценты в распределении ограниченных финансовых средств и материальных ресурсов, мобилизовать в нужном направлении работу административного аппарата и небезразличных к судьбе своих городов жителей. Следует помнить, что экологическая ситуация ухудшается и поиск оптимальных решений, пусть даже основанный на чужих ошибках, – один из необходимых путей в общей стратегии борьбы за здоровое будущее нашего общества и его экологическое благополучие.

## Библиографический список

1. *Акимова, Т. А.* Экология: Природа–Человек–Техника: учебник для вузов / Т. А. Акимова, А. П. Кузьмин, В. В. Хаскин; под. общ. ред. А. П. Кузьмина. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 343 с. Текст: непосредственный.
2. *Анахов, С. В.* Экологическое проектирование: стратегии и технологии / С. В. Анахов, Ю. А. Пыкин. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG, 2012. 125 с. Текст: непосредственный.
3. *Валова, В. Д.* Основы экологии: учебное пособие / В. Д. Валова. 2-е изд., перераб., доп. Москва: Дашков и К<sup>о</sup>, 2001. 212 с. Текст: непосредственный.
4. *Вернадский, В. И.* Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. Москва: Айрис-Пресс, 2003. 573 с. Текст: непосредственный.
5. *Воронцов, А. П.* Рациональное природопользование: учебное пособие / А. П. Воронцов. Москва: ТАНДЕМ: ЭКМОС, 2000. 304 с. Текст: непосредственный.
6. *Вронский, В. А.* Прикладная экология / В. А. Вронский. Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. 512 с. Текст: непосредственный.
7. *Гарин, В. М.* Экология для технических вузов: учебное пособие / В. М. Гарин, И. А. Кленова, В. И. Колесников; под ред. В. М. Гарины. 2-е изд., доп., перераб. Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. 384 с. Текст: непосредственный.
8. *Голицын, А. Н.* Основы промышленной экологии: учебник / А. Н. Голицын. Москва: Академия, 2006. 240 с. Текст: непосредственный.
9. *Гончарова, О. В.* Экология для бакалавров: учебное пособие / О. В. Гончарова. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. 366 с. Текст: непосредственный.
10. *Горелов, А. А.* Экология: учебное пособие для вузов / А. А. Горелов. Москва: Юрайт, 2001. 312 с. Текст: непосредственный.
11. *Гриневич, В. И.* Охрана окружающей среды и рациональное природопользование: текст лекций / В. И. Гриневич, А. П. Куприяновская, А. Ю. Никифоров; под ред. В. В. Кострова. Иваново: Изд-во Иван. гос. хим.-технол. акад., 1994. 288 с. Текст: непосредственный.
12. *ИТС 9–2015.* Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Обезвреживание отходов термическим способом (сжигание отходов): утв. приказом Росстандарта от 15.12.2015 г. № 1579. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200128669>. Текст: электронный.



13. Колесников, С. И. Экологические основы природопользования: учебное пособие / С. И. Колесников. Москва; Ростов-на-Дону: МарТ, 2005. 332 с. Текст: непосредственный.
14. Константинов, В. М. Охрана природы: учебное пособие / В. М. Константинов. Москва: Академия, 2000. 240 с. Текст: непосредственный.
15. Конституция Российской Федерации: принята всенародным голосованием 12.12.1993 г., с изм. от 01.07.2020 г. Текст: непосредственный // Российская газета. 2020. 4 июля.
16. Коробкин, В. И. Экология: учебник для вузов / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. 575 с. Текст: непосредственный.
17. Лозановская, И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учебное пособие / И. Н. Лозановская, Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова. Москва: Высш. шк., 1998. 287 с. Текст: непосредственный.
18. Лось, В. А. Экология: учебник / В. А. Лось. Москва: Экзамен, 2006. 478 с. Текст: непосредственный.
19. Моссэ, А. Л. Плазменные технологии и устройства для переработки отходов / А. Л. Моссэ, В. В. Савчин. Минск: Белорус. наука, 2015. 416 с. Текст: непосредственный.
20. Небел, Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир: в 2 томах: перевод с английского / Б. Небел. Москва: Мир, 1993. Т. 1. 424 с.; Т. 2. 336 с. Текст: непосредственный.
21. Никаноров, А. М. Экология: учебное пособие для студентов вузов и специалистов экологов / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая. Москва: Приор, 1999. 304 с. Текст: непосредственный.
22. Николайкин, Н. И. Экология: учебник для вузов / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелихова. Москва: Дрофа, 2004. 624 с. Текст: непосредственный.
23. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек: учебное пособие / Ю. В. Новиков. Москва: Фаир-Пресс, 2002. 550 с. Текст: непосредственный.
24. О введении в действие СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03: Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10.04.2003 г. № 38. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102096299&rdk=&backlink=1>. Текст: электронный.

25. *Об исполнении* нормативов утилизации путем термической обработки отходов: письмо Росприроднадзора от 28.03.2017 г. № ВС-10-02-36/6393. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71545348/>. Текст: электронный.

26. *Основы инженерной экологии: учебное пособие* / В. В. Денисов, И. А. Денисова, В. В. Гутенев, Л. Н. Фесенко. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. 623 с. Текст: непосредственный.

27. *Петров, К. М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы: учебное пособие для вузов* / К. М. Петров. 2-е изд. Санкт-Петербург: Химия, 1998. 296 с. Текст: непосредственный.

28. *Петров, К. М. Экология человека и культура: учебное пособие* / К. М. Петров. Санкт-Петербург: Химиздат, 1999. 384 с. Текст: непосредственный.

29. *Питулько, В. М. Экологическое проектирование и экспертиза: учебник* / В. М. Питулько, В. В. Иванова. Ростов-на-Дону: Феникс, 2016. 470 с. Текст: непосредственный.

30. *Предтеченский, М. Р. Плазмохимический реактор с жидкометаллическими электродами* / М. Р. Предтеченский, О. М. Тухто. Текст: непосредственный // Химия высоких энергий. 2006. Т. 40. № 2. С. 119–124.

31. *Промышленная экология: практическое пособие* / С. Е. Дерягина, О. В. Астафьева, О. А. Белоусова [и др.]; отв. ред. В. Н. Чуканов. Екатеринбург: Урал. отд-ние Рос. акад. наук, 2008. 70 с. Текст: непосредственный.

32. *Промышленная экология: учебное пособие* / М. Г. Ясовеев, Э. В. Каркарека, Н. С. Шевцова, О. В. Шершнев. Москва: ИНФРА-М, 2019. 290 с. Текст: непосредственный.

33. *Протасов, В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учебное и справочное пособие* / В. Ф. Протасов. 2-е изд. Москва: Финансы и статистика, 2000. 672 с. Текст: непосредственный.

34. *Резчиков, Е. А. Экология: учебное пособие* / Е. А. Резчиков. Москва: Гос. ин-т новых форм обучения, 1999. 104 с. Текст: непосредственный.

35. *Реймерс, Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы)* / Н. Ф. Реймерс. Москва: Россия Молодая, 1994. 367 с. Текст: непосредственный.

36. *Ситаров, В. А. Социальная экология: учебник для бакалавров* / В. А. Ситаров, В. В. Пустовойтов. 2-е изд., перераб., доп. Москва: Юрайт, 2015. 517 с. Текст: непосредственный.

37. *Слинкина, М. В.* Человек и окружающая среда: учебное пособие / М. В. Слинкина, Г. В. Харина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2008. 132 с. Текст: непосредственный.

38. *Челноков, А. А.* Основы промышленной экологии: учебное пособие / А. А. Челноков, Л. Ф. Ющенко. Минск: Вышэйш. шк., 2001. 343 с. Текст: непосредственный.

39. *Чердниченко, В. С.* Плазменные электротехнологические установки: учебник для студентов вузов / В. С. Чердниченко, А. С. Аньшаков, М. Г. Кузьмин. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. техн. ун-та, 2011. 602 с. Текст: непосредственный.

40. *Экологическая оценка и экологическая экспертиза* / О. М. Черп, В. Н. Виниченко, М. В. Хотулева [и др.]. Москва: Эколайн, 2000. 232 с. Текст: непосредственный.

41. *Экологическое право России: сборник нормативных правовых актов и документов* / под ред. А. К. Голиченкова; сост. А. К. Голиченков, М. А. Миндзаев, А. О. Миняев. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Городец, 2004. 1040 с. Текст: непосредственный.

42. *Экология: учебник для вузов* / В. Н. Большаков, И. Н. Липунов, В. И. Лобанов, А. В. Островская; под ред. Г. В. Тягунова, Ю. Г. Ярошенко. Москва: Интернет Инжиниринг, 2000. 330 с. Текст: непосредственный.

43. *Экология: учебное пособие* / О. В. Аксенова, С. А. Боголюбов, Е. М. Беленков [и др.]; под общ. ред. С. А. Боголюбова. Москва: Знание, 1999. 288 с. Текст: непосредственный.

44. *Экология города: учебное пособие* / В. В. Денисов, А. С. Курбатова, И. А. Денисова [и др.]; под ред. В. В. Денисова. Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. 568 с. Текст: непосредственный.

45. *Экология и безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для вузов* / Д. А. Кривошеин, Л. А. Муравей, Н. Н. Роева [и др.]; под ред. Л. А. Муравья. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 447 с. Текст: непосредственный.

46. *Экология человека: учебное пособие*. / Т. И. Алексеева, А. И. Козлов, О. Л. Курбатова [и др.]; отв. ред. Б. Б. Прохоров. Москва: Изд-во Международ. независ. эколого-политол. ун-та, 2001. 440 с. Текст: непосредственный.