

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Ярославский государственный университет им. П.Г.Демидова

С. Г. Сибриков

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

Учебное пособие

*Рекомендовано
Научно-методическим советом университета
для студентов, обучающихся по специальностям Экология,
Прикладная информатика в химии,
направлению Экология и природопользование*

Ярославль 2009

УДК 574
ББК Б1я73
С 34

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2009 года*

Рецензенты:

С. Д. Тимрот, кандидат технических наук,
доцент кафедры охраны труда и природы ЯГТУ;
Комитет нормирования и экологической экспертизы
Департамента охраны окружающей среды и природопользования
Ярославской области

Сибриков, С. Г. Техногенные системы и экологический риск:
С 34 учебное пособие / С. Г. Сибриков; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Де-
мидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2009. – 156 с.
ISBN 978-5-8397-0713-9

Учебное пособие содержит основной материал, который соответствует программе по указанным ниже специальностям и направлению. Пособие состоит из основных частей: Окружающая среда как система, Техногенная система, Влияние техногенных систем на окружающую среду, Последствия влияния техногенных систем, Основные мероприятия по защите окружающей среды, Экологическая безопасность и экологический риск. Оно иллюстрировано рисунками, схемами, таблицами, которые помогают студентам наиболее полно усвоить изложенный материал. Пособие написано доступным языком, без особого применения каких-либо специфических терминов (если в том не было особой необходимости). Оно содержит вопросы к экзаменам (зачету) по предмету «Техногенные системы и экологический риск».

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 020801 «Экология», 080801 «Прикладная информатика в химии», направлению 020800 «Экология и природопользование» (дисциплина Техногенные системы и экологический риск, блок ОПД), очной и заочной форм обучения

УДК 574
ББК Б1я73

© Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова,
2009

ISBN 978-5-8397-0713-9

Введение

Существенная роль в обеспечении устойчивого развития человечества принадлежит химической и экологической науке, особенно в создании новых безопасных производств, разработке методов минимизации отходов и их использования. Методы химической технологии являются главными в обезвреживании и утилизации отходов как собственно химических производств, так и других отраслей промышленности, что обуславливает приоритетную роль специалистов-экологов и специалистов-химиков при решении природоохранных проблем.

В связи с этим основная задача дисциплины – получение и освоение студентами ключевых представлений и навыков, необходимых для решения проблем безопасного взаимодействия человека с природной средой.

Целью курса является подготовка специалиста в области экологии и охраны природы, способного на основе оценки экологического риска прогнозировать последствия техногенного воздействия на биосферу, минимизировать эти последствия, использовать принципы экологического природопользования для планирования мероприятий, способствующих устойчивому развитию общества.

Пособие включает в себя следующие основные разделы: компоненты окружающей среды как системы, их взаимосвязь и функционирование; защитные механизмы окружающей среды и факторы, обеспечивающие ее устойчивость; естественные природные циклы и механизмы самоочищения биосферы; антропогенные воздействия на окружающую среду, их масштаб и последствия; основные загрязнители окружающей среды; характер глобальных и локальных экологических проблем; способы уменьшения негативного воздействия антропогенных факторов на состояние атмосферы, гидросферы, почвы; причины, характер и масштабы чрезвычайных и аварийных ситуаций; основы теории опасности и риска, анализ риска, его оценка.

1. Окружающая среда как система

1.1. Понятие системы

Система – любая вещественно-энергетическая или концептуальная совокупность взаимосвязанных составляющих элементов, объединенных прямыми и обратными связями в единое целое. Системой можно назвать также совокупность элементов, определенным образом связанных и взаимодействующих между собой; это любой объект, реальный или мыслимый, целостные свойства которого могут быть представлены как результат взаимодействия образующих его частей.

Части системы называют **элементами системы**. Элементы системы могут быть физическими, химическими, биологическими или смешанными.

Структуру системы определяет способ взаимодействия элементов, и это взаимодействие приводит к возникновению новых свойств системы и ее характеристик.

Отличительной чертой любой системы является наличие у нее входа и выхода, причем определенное изменение входной величины влечет за собой некоторое изменение величины выходной.

Зависимость выходной величины от входной определяется **законом поведения системы**. В идеальном случае этот закон может быть выражен математическим уравнением, имеющим аналитическое решение. Одно из этих свойств – иерархическая соподчиненность элементов.

Любая природная или техногенная система является **открытой**, т.е. она обменивается с окружающей ее средой веществом и энергией. Пределы изменений на входе и выходе зависят от следующих переменных:

- 1) размеров системы: чем она больше, тем меньше зависимость от внешних частей;
- 2) интенсивности обмена: чем он интенсивнее, тем больше приток вещества и энергии и их отток;

3) сбалансированности автотрофных и гетеротрофных процессов: чем больше нарушено равновесие, тем больше должен быть приток извне для его восстановления;

4) стадии и степени развития системы: молодые системы отличаются от более зрелых и развитых систем.

Отличительной чертой любой живой системы (от организма до биосферы в целом) является ее способность к **самовосстановлению** [3].

1.2. Причины устойчивости биосферы как системы

1. Магнитное поле Земли. Его силовые линии окружают Земной шар и образуют вокруг него магнитосферу, которая защищает все живые организмы от «солнечного ветра». Магнитное поле Земли – важный источник жизни, без которого она не смогла бы зародиться в прошлом, а также сохраниться и существовать в настоящем.

2. Озоновый слой биосферы. Автотрофные организмы привели к появлению кислорода в атмосфере. Наполнение атмосферы кислородом способствовало появлению в ней озона. Основное его количество сосредоточено в стратосфере на высоте 15–25 км (верхняя граница – до 45 км). Озон создает озоновый слой, основная масса которого образуется в экваториальной зоне и распространяется атмосферными течениями к полюсам. В различных широтах озоновый слой располагается на разных высотах: в полярных районах – на высоте 20 км; в тропиках – 25–26 км; в умеренных широтах – на высоте 23 км. Общее количество озона составляет примерно 3,3 млрд. т; 85–90% его находится в стратосфере, остальные – в тропосфере. Если гипотетически сжать слой озона при давлении 1,0 атм. и равномерно распределить над поверхностью Земли, то получится слой толщиной около 3 мм.

Озон практически полностью поглощает поток ультрафиолетового излучения (УФ) Солнца с длиной волны 200–280 нм и 90% излучения с длиной волны 280–320 нм. Озоновый слой является защитой всего живого от жесткого излучения Солнца, а также является регулятором температуры атмосферы. Максимальный на-

грев приходится на слой, находящийся на высоте 40–45 км в высоких широтах весной и летом.

Кроме этого, озоновый слой интенсивно поглощает инфракрасное излучение в середине «окна прозрачности» с длиной волны 8–13 мкм, где не работают в качестве поглотителя этого излучения пары воды.

3. Высокое разнообразие организмов в биосфере (биологическое разнообразие) – это все виды животных, растений и микроорганизмов, а также экологические системы и процессы, частью которых они являются.

Стабильность биосферы в значительной степени основывается на большом разнообразии всех живущих в ней существ. Отдельные их группы выполняют различные функции в поддержании общего потока вещества и энергии, а также связывают биогенные и абиогенные процессы, согласовывают циклы отдельных элементов. Биосфера рассматривается как сложная экосистема, работающая в стационарном режиме. Каждый вид организмов занимает в ней исторически сложившееся место, выполняет свои устоявшиеся функции, связан с другими видами и со средой обитания.

4. Редуцентное звено биосферы. Ткани и органы отмерших растений и животных под действием редуцентов подвергаются деструкции (разложению). Вещества и элементы, которые входили в состав живых существ, вновь становятся доступными для повторного усвоения.

Существуют три основных пути возвращения питательных веществ в новые циклы поглощения.

Первый путь соответствует пищевой цепи пастбищного типа.

Второй путь характерен для степей, лесов умеренной зоны и других сообществ, в которых основной поток энергии идет через детритную пищевую цепь.

Третий путь – прямая передача питательных веществ от растения к растению симбиотическими организмами.

Важным свойством биосферы является участие её живых компонентов в разложении остатков растительной биомассы (минерализация). В результате освобождаются химические элементы, которые были связаны в растительной органике. Благодаря

этому химические элементы вновь вовлекаются в круговорот веществ, предотвращая истощение ресурсов питания растений.

Деструкция – это процесс, в котором участвует вся биота (живые системы) совместно с абиотическими факторами среды. В процессе разложения участвуют беспозвоночные, грибы, бактерии. Все они и составляют *редуцентное звено биосферы*.

В природной среде существует динамическое равновесие, которое описывается **принципом Ле Шателье – Брауна**: при внешнем воздействии, выводящем экосистему (биосферу) из состояния устойчивого равновесия, оно (равновесие) смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется.

Стабильность (устойчивость) биосферы имеет пределы. На это указывает **правило одного процента**: изменение природной системы в среднем на 1% выводит ее из состояния динамического равновесия. Равновесие потом может наступить, но на более низком (худшем для системы) уровне. Все значительные явления на поверхности Земли (извержения вулканов, циклоны и др.) имеют суммарную энергию, не превышающую 1% энергии солнечного излучения, попадающего на неё. Переход энергетики процесса за это значение (1%) обычно приводит к серьезным аномалиям – климатическим отклонениям, переменам в характере растительности, крупным лесным и степным пожарам [4].

1.3. Техногенная система

Человечество заявило о себе как о силе, по мощности воздействия на поверхности планеты почти не уступающей суммарному воздействию всех живых организмов. Обладая способностью влиять на ход биосферных процессов, оно в ходе техногенеза создало техносферу.

Техногенез – процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека. Заключается он в преобразовании биосферы, вызываемом совокупностью геохимических процессов, связанных с технической и технологической деятельностью людей по извлечению из окружающей среды, концентрации и перегруппировке целого ряда химических элементов, их минеральных и органических соединений.

Техносфера – часть биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого и косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия ее своим социально-экономическим потребностям.

Частью техносферы является техногенная система.

Техногенная система – это упорядоченная материально-энергетическая совокупность природных объектов и технических сооружений. Она существует и управляется человеком как единое целое за счет взаимодействия, распределения и перераспределения имеющихся, поступающих извне и продуцируемых этой системой веществ, энергии и информации (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Структура техногенной системы на примере промышленного предприятия

Техногенные системы классифицируют по:

1) отраслям промышленности (добывающие, энергетические, перерабатывающие, транспортные, сельскохозяйственные и другие);

- 2) площади занимаемой территории (от небольшого предприятия до крупного территориально-производственного комплекса);
- 3) степени урбанизированности территории (приближение к городскому типу) – от небольшого поселка до крупного мегаполиса;
- 4) степени качественного и количественного воздействия на окружающую природную среду (количественный и качественный состав выбросов и сбросов);
- 5) устойчивости к внешним и внутренним изменениям [2].

2. Влияние техногенных систем на окружающую среду

2.1. Развитие производительных сил общества и рост численности населения

Демографический взрыв. Это резкое увеличение народонаселения, связанное с изменением социально-экономических и общеэкологических условий жизни, включая уровень здравоохранения.

Человечеству, которое появилось около 600 тыс. лет назад, потребовалось 500 тыс. лет, чтобы его численность возросла от нескольких сотен тысяч до 1 млрд. человек (1830 г.). Ситуация заметно изменилась в XVIII–XIX веках. Население перешло от состояния медленного роста к эпохе взрывообразного увеличения. Последние 150 лет население Земли продолжает расти. В 1930 г. численность населения Земли превысила 2 млрд. человек; через 30 лет (1960 г.) она достигла 3 млрд.; через 15 лет (1975 г.) – 4 млрд. человек. Затем еще через 12 лет (1987 г.) численность населения перевалила отметку 5 млрд. человек. Такой прирост продолжается, составляя примерно 90 млн. человек в год.

Если посмотреть на темпы роста численности населения, то для удвоения ее вначале потребовалось 25 тыс. лет, затем соответственно 2 тыс., 800, 200, 50 (в период 1920–1970 гг. население планеты увеличилось с 1,8 до 3,6 млрд. человек), а для нового удвоения численности потребуется всего 25–35 лет.

Демографический взрыв явился результатом резкого снижения смертности во всех возрастных группах, которое стало возможным благодаря развитию медицины и здравоохранения, успехам в борьбе с эпидемиями и голодом. Средняя продолжительность жизни людей в неолите составляла 18 лет, в Древнем Риме 25 лет, а уже в 1900 г. – 50 лет, в 1970 г. – 73 года.

С середины XVIII до начала XIX вв. численность населения росла в тех странах, которые относят к категории развитых. Но с 1950 г. центр роста переместился в развивающиеся страны. И если в развитых странах ежегодный прирост численности населения составляет 0,6%, то в развивающихся – 2%. Разница объясняется тем, что в развивающихся странах дети служат источником дополнительного дохода. В развитых странах эти факторы многодетной семьи отсутствуют. В них преобладают другие факторы: удовлетворение психологической потребности в воспитании детей, стремление дать им образование, наличие частной собственности, переходящей по наследству.

Распределение численности населения в различных регионах планеты имеет следующие особенности:

- 1) в Европе – высокая плотность, слабый прирост населения;
- 2) в Сибири и Северной Америке – низкая плотность, слабый прирост населения;
- 3) в Центральной Америке, Африке, Востоке – низкая плотность, быстрый прирост населения;
- 4) в Индии, Китае, Юго-Восточной Азии – высокая плотность, быстрый прирост населения.

Рекорд по перенаселенности принадлежит Египту (1 тыс. чел./км²); самые высокие темпы роста – в Индии (1945 г. – 300 млн. чел.; 1975 г. – 600 млн. чел.).

Урбанизация – это рост и развитие городов; увеличение удельного веса городского населения; преобразование сельской местности; процесс повышения роли городов в развитии общества.

Общая площадь урбанизированной территории Земли составляла в 1980 г. 4,7 млн. км², в 2070 году ожидается 19 млн. км² – это 13% всей и более 20% пригодной для жизни территории суши. А уже к 2030 г. практически все население Земли будет проживать в поселениях городского типа.

Жизнь в городах имеет ряд преимуществ: более разнообразен выбор профессии, больше рабочих мест, город дает возможность выбрать работу по более узкой специальности, оптимальная система жизнеобеспечения. В среднем 75% сельских мигрантов улучшают в городах свое экономическое положение.

Отрицательные стороны жизни в городах: нарушение естественной среды; загрязнение почвы, воды, воздуха; повышенный шум; темпы развития инфраструктуры не успевают за темпами роста численности населения.

Рост городов порождает существенные изменения во взаимоотношении человека и биосферы. Крупный город изменяет все компоненты природной среды: атмосферу, растительность, почву, рельеф, подземные воды, климат. Перепады температур, относительной влажности между городом и его окрестностями соизмеримы с передвижением человека в естественных условиях на 20 ° по широте. В городе изменены гравитационное, электрическое, магнитное поле Земли. Влияние города на недра распространяется на глубину 0,5–0,8 км. Иными становятся условия питания подземных вод и их химический состав.

Климатические условия в больших городах хуже, чем в средних и малых городах. Большие города получают на 15% меньше солнечной радиации, на 10% больше дождя и других осадков, на 10% больше облачных дней, на 30% больше тумана летом и на 100% зимой.

Научно-техническая революция – это качественное изменение производительных сил общества на основе превращения науки в ведущий фактор общественного развития, непосредственную производительную силу. Научно-техническая революция характеризуется резким ускорением развития науки и техники, обусловленным необходимостью удовлетворения общественных потребностей, выходящих за рамки имеющихся форм использования природных, материальных и трудовых ресурсов.

Научно-техническая революция дает возможность с меньшими затратами труда вовлекать в производство огромные массы природных ресурсов. Только за один XIX в. человечество извлекло из недр Земли 23 млн. т свинца, 11 млн. т цинка, 10 млн. т серебра, 11 тыс. т золота, 28 тыс. т алюминия. В XX в. человек еже-

годно выносил на поверхность 4 км^3 горных пород. По сравнению с 1965 г. мировое сжигание каменного угля возросло в 2,5 раза; нефти – в 4; дров – в 1,8 раза. К 1972 г. человек освоил и изменил в различной степени природные ландшафты на 55% территории.

Начиная с 1900 г. потребление сырья промышленности возросло в 100 раз. В настоящее время на одного жителя Земли добывается и выращивается 20 т сырья, которое перерабатывается в конечные продукты массой 2 т. Хозяйственной деятельностью охвачено более 30% суши (60 млн. км^2).

В процессе переработки сырья возникает множество веществ. Человеком синтезировано около 10 млн. химических соединений. В больших масштабах производится 50 тыс., а в особо крупных – 5 тыс. наименований. При этом 90% сырья уходит в отходы. Из двух тонн конечного продукта выбрасывается не менее 1 т.

В целом все **геохимическое воздействие** человека на природу в настоящее время определяется следующими факторами:

1. Синтезировано большое количество химических веществ, которые отсутствовали раньше в естественных условиях;

2. Полученные вещества обладают такими качествами, которых нет у природных соединений;

3. Построена широкая сеть различных коммуникаций (газо- и нефтепроводов, шоссейных и железных дорог, линий электропередач и электросвязи). В итоге происходит массовая транспортировка сырья и энергии из районов добычи в районы переработки и потребления;

4. Интенсивно развивается сельское хозяйство, в результате чего увеличивается потребление удобрений и средств защиты растений;

5. Создана разветвленная сеть тепло- и электросетей, транспортных магистралей и радиотехнических устройств. Это привело к появлению в биосфере нового вида загрязнения – **энергетического**.

В результате этого **сокращается видовое разнообразие, нарушены естественный круговорот веществ и естественный энергетический обмен [3].**

2.2. Характер и особенности воздействия техногенных систем на окружающую среду

1. Изменение границ оптимальных и лимитирующих факторов. Своей деятельностью человек способен изменять силу действия и число лимитирующих факторов, а также сужать или расширять границы оптимальных значений факторов среды. Например, уборка урожая связана с извлечением из почв элементов минерального питания культурных растений и переходом некоторых из них в разряд лимитирующих факторов для вновь посаженных культур.

2. Сокращение численности популяций. Животные, птицы и насекомые находят смерть на дорогах под колесами автотранспорта, а также при проведении полевых работ. Перелетные птицы сгорают в газовых факелах, где сжигают отходы газа и нефти; погибают на проводах и опорах линий электропередач. Загрязняющие вещества наиболее опасны для растений, они вызывают ожоги, а при высоких концентрациях и гибель отдельных особей. Изменяется половая и возрастная структура популяции; численность особей сокращается до таких пределов, что затрудняется поиск брачных партнеров. Из-за загрязнения среды нарушаются циклы размножения, уменьшается количество беременных самок, детенышей в помете, растет смертность новорожденных. Распадается ареал вида, сокращаются площади местообитаний, изолируются и исчезают мелкие островки его обитания.

3. Изменение характера функционирования экосистем.

а) Изменение цепей питания и экологических пирамид. В естественных условиях на более высоких звеньях пищевой цепи не бывает большого количества биомассы, а человек нарушил данный принцип по отношению к своей популяции и к популяции сельскохозяйственных видов животных и растений. Это стало возможным из-за вложения в экосистемы дополнительного количества вещества и энергии, что привело к изменению круговорота веществ. При этом чаще всего накапливаются отходы производства или какие-либо неиспользованные вещества, загрязняющие окружающую среду.

б) *Изменение границ экологических ниш организмов.* Вследствие выравнивания условий мест обитания и урбанизации организмов усиливается сближение близких в экологическом отношении видов, конкуренция между ними, что ведет к обеднению генофонда и расширению возможностей для внедрения в экосистему несвойственных ей организмов.

в) *Изменение динамики экосистем.* Осушение болот, вырубка лесов, пожары и другие виды антропогенной деятельности разрушают или нарушают конечные, то есть климаксные, стадии экосистем, заменяют их промежуточными сообществами. В своих интересах человеком нередко поддерживаются экосистемы на промежуточных стадиях в течение длительного времени, например сохраняются лиственные леса на месте коренных хвойных, поскольку они более ценны в рекреационном отношении (для отдыха) или устойчивы к загрязнениям атмосферы.

г) *Обеднение генофонда.* Сокращение числа видов уменьшает сложность экосистем. Разрушаются межвидовые отношения: хищник – жертва, опылитель – опыляемое растение, симбиотические связи. Световое, звуковое, химическое загрязнение нарушает сложившиеся системы сигнализации в природном сообществе между видами. Происходит обеднение генофонда биосферы вследствие вымирания видов, снижение их популяционного разнообразия и численности особей во всех сокращающихся по территории популяциях. Ежедневно из общего числа видов исчезает один вид животных и еженедельно – один вид растений.

д) *Сокращение территорий, занятых естественными экосистемами.* В настоящее время распаханно примерно 12% суши, 25% частично или полностью занимают культурные пастбища. В промышленно развитых странах под всеми автодорогами и населенными пунктами занято площади в расчете на 1 год – 3000 км².

4. Влияние человека на функции живого вещества в биосфере.

а) *Изменение постоянства (константности) живого вещества.* Условием постоянства массы живого вещества в биосфере является сохранение условий, обеспечивающих нормальную продуктивность сообществ. Они нарушаются в результате истощения почв, замены более продуктивных экосистем менее продуктив-

ными, при отчуждении земель под различные виды строительства и т.п. Все это приводит к уменьшению объема биомассы на Земле. За счет повышения человеком продуктивности агропромышленных систем потери живого вещества не компенсируются.

б) Изменение транспортной и рассеивающей функции живого вещества. Человек вынужден в результате своей деятельности перемещать в пространстве большие массы ценных веществ. Например, при вырубке с 1 гектара соснового леса с древесиной удаляется 100 кг калия, 330 кг кальция, 70 кг магния, 20 кг фосфора и 250 кг азота. Эти потери не компенсируются. Рассеивающие функции живого вещества усиливаются в результате использования человеком всех видов ресурсов. Из 7 млрд. т железа, находящегося в обороте всех видов промышленности, примерно 120 млн. т рассеивается ежегодно.

в) Изменение деструктивной и концентрационной функции. Усиление человеком деструктивных процессов в биосфере происходит в результате извлечения ресурсов из недр, а также воздействия на поверхность литосферы. Только обработкой почв ежегодно разрушаются и выносятся в океан или перемещаются в пределах материков воздушными и водными потоками миллиарды тонн материала, в том числе наиболее ценной части почвы – гумуса.

5. Изменение временного фактора биосферных процессов. Весь период развития жизни на Земле можно уместить в 4 млрд. лет. Время появления самого человека – 600 тыс. лет назад. Если сравнить эти цифры, то выходит, что период биогенеза и период ноогенеза несопоставимы по продолжительности, а также по интенсивности проходящих процессов. Нарушение временного фактора приводит к несоответствию темпов изменения среды (под действием человека), с одной стороны, и изменения адаптационных возможностей организма – с другой.

Все вышеназванные процессы воздействия человека на биосферу приводят к экологическим кризисам. **Экологический кризис** – ситуация, которая возникает в экосистемах (биогеоценозах) в результате нарушения равновесия под воздействием стихийных природных явлений или в результате воздействия антропогенных факторов. В более широком смысле экологический кризис – критическая фаза в развитии биосферы, при которой происходит ка-

чественное обновление живого вещества (вымирание одних видов и возникновение других).

В развитии биосферы и цивилизации выделяют следующие экологические кризисы:

1. Предантропогенный кризис (аридизации);
2. Обеднение ресурсов собирательства и промысла для человека;
3. Перепромысел крупных животных (кризис консументов);
4. Кризис примитивного поливного земледелия;
5. Кризис недостатка растительных ресурсов и продовольствия (кризис продуцентов);
6. Глобальное загрязнение среды и угроза истощения ресурсов (кризис редуцентов). Начался 30-50 лет назад и продолжается по настоящее время;
7. Глобальный термодинамический кризис (тепловое загрязнение);
8. Глобальное истощение надежности экосистем [1, 3].

2.3. Основные типы загрязнений и вредных воздействий

1. Физические загрязнения:

- радиоактивное;
- тепловое;
- шум и вибрация.

2. Химические загрязнения.

3. Биологические загрязнения:

- микробиологическое.
- изменения биоценозов из-за внедрения новых растительных или животных видов.

4. Эстетический вред:

- нарушение естественной среды грубой урбанизацией или малопривлекательными постройками;
- строительство индустриальных центров в девственных или практически не затронутых человеком биотопах.

Загрязнение окружающей среды – это любое внесение в ту или иную экосистему (биогеоценоз) несвойственных ей живых

или неживых компонентов, физических или структурных изменений, прерывающих или нарушающих процессы круговорота и обмена веществ, потоки энергии и информации с неизменными последствиями в форме снижения продуктивности или разрушения данной экосистемы. **Загрязнением** можно также считать превышение естественного среднесуточного уровня указанных изменений в среде.

Виды вмешательства человека в естественные процессы в биосфере можно сгруппировать по следующим **категориям загрязнений**:

ингредиентное загрязнение, или внесение в окружающую среду (ОС) химических веществ, которые количественно или качественно чужды естественным биогеоценозам;

параметрическое (физическое) загрязнение, связанное с изменением качественных параметров окружающей среды;

биоценотическое загрязнение, которое заключается в воздействии на состав и структуру популяций живых организмов, населяющих биогеоценоз;

стационально-деструктивное загрязнение (станция – место обитания популяции), изменение ландшафтов и экологических систем в процессе природопользования, связанное с оптимизацией природы в интересах человека.

В отличие от естественных антропогенные помехи часто приводят не к отбору наиболее приспособленных особей, а к массовому вымиранию организмов. Это обусловлено следующим:

1) нерегулярностью действия, а значит, и непредсказуемостью в последствиях для организмов, а также высокой интенсивностью изменений, которая превышает их адаптационные возможности.

2) неограниченными возможностями действия их на организм (вплоть до уничтожения), что присуще и природным факторам, и процессам, но лишь в редких случаях [5].

2.4. Биологические уровни воздействия загрязнений биосферы

1. Молекулярно-генетический уровень. Прямое мутагенное действие физических и химических факторов заключается в изменении генетической информации живых организмов:

- генетические мутации в половых клетках ведут к развитию патологических состояний у потомков;

- мутации в соматических клетках стимулируют онкологические заболевания особей в живущем поколении.

2. Биомембранный уровень. В зависимости от характера загрязняющего вещества наблюдаются эффекты:

- нарушение проницаемости мембран (к этому приводят пестициды, соли меди и других тяжелых металлов, оксиды азота, серы, озон, металлоорганические соединения);

- изменение величины мембранного потенциала (катионы никеля и других металлов);

- нарушение структуры мембран (пестициды, нитросоединения, озон);

- фотодеструкция растительных клеток и их мембран, разрушение хлорофилла (пестициды).

Эти эффекты возможны благодаря биотрансформации и биодеградации загрязняющих веществ. **Биотрансформация** включает в себя растворение вещества в воде, его окисление или восстановление. **Биодеградация** – это расщепление молекулы на фрагменты и взаимодействие их с веществами клетки. После этих двух процессов загрязнители могут иметь следующие преобразования:

- расщепление и утилизация либо вывод из организма отдельных фрагментов вещества;

- преобразование в водорастворимые формы и их вывод из организма;

- преобразование в более токсичные соединения (например, полициклические ароматические соединения преобразуются в фенолы);

- связывание веществ с белками и их «консервирование» в неактивной форме (например, кадмий, медь, цинк связываются с белками и накапливаются в печени, почках, селезенке).

Процессы биотрансформации и биodeградации протекают во всех биосистемах различного уровня.

3. Популяционно-видовой уровень. В настоящее время под угрозой уничтожения находятся 25–30 тыс. видов растений, 10 тыс. видов беспозвоночных животных, 500 видов моллюсков, 500 видов птиц, 230 видов млекопитающих, 110 видов рыб, 60 видов земноводных.

Причины исчезновения видов – охота и рыболовство, браконьерство, разрушение мест обитания вида, интродукция, загрязнение биосферы вредными веществами.

4. Биогеоценотический уровень. Биогеоценоз – это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений: атмосферы, горной породы, гидрологических условий, растительности, животного мира, микроорганизмов и почвы. Биогеоценозу присущи специфика взаимодействий слагающих его компонентов, их особая структура и определенный тип обмена веществ и энергии между собой и другими субъектами природной среды. Биогеоценоз является минимальной по протяженности и иерархическому уровню экосистемой. Загрязнение биосферы приводит к нарушению его структуры, взаимосвязей, пищевых цепей, потоков энергии и информации. В итоге устойчивость биогеоценоза резко снижается [2].

2.5. Воздействие техногенных систем на человека и социальную компоненту среды

Главными негативными факторами воздействия техногенных систем на популяцию человека и его здоровье являются следующие.

Канцерогенные факторы. Среди физических факторов, а также химических веществ, поступающих в биосферу, наиболее опасными являются канцерогены. Это вещества, способные вызывать в живых организмах злокачественные новообразования. К физическим канцерогенам внешней среды относят УФ-лучи в больших дозах, рентгеновские лучи, радиоактивные загрязнения.

Наиболее сильным химическим канцерогеном является бенз(а)пирен, который образуется при сгорании угля, нефти, сланцев в отопительных системах промышленного и бытового назначения. С дымовыми газами он поступает в биосферу.

Тератогенные факторы. Эта группа веществ вызывает пороки индивидуального развития и уродства у потомков. Загрязнители этой группы могут менять генотип организма в целом, отдельных групп клеток и органов и не изменять генотип организма. Тератогенным может быть любой естественный фактор, если интенсивность его воздействия оказывается больше оптимальной.

Мутагенные факторы. К ним относятся химические вещества и физические факторы среды, воздействие которых на живые организмы вызывает появление мутаций. К ним относят пестициды, азотистые удобрения, тяжелые металлы, некоторые лекарства, вирусы, бактерии. Мутагены способны проникать в клетки и поражать их генетический аппарат (ДНК).

Ингибирующие факторы. Эти факторы замедляют или останавливают нормальное течение естественных биологических или биохимических процессов в организме отдельного человека или группы людей.

Некротические факторы. Некроз – это процесс омертвения тканей, чаще всего этот процесс характерен для растительных организмов, но может проявляться у животных и человека

Токсичные факторы. Эти факторы вызывают отравление организма. В основном это вещества, попадающие в него из внешней среды

Все перечисленные факторы могут воздействовать поодиночке или в различном сочетании друг с другом.

Взаимосвязь экологического и экономического вреда. Помимо вредного влияния на здоровье людей, загрязнение биосферы наносит огромный ущерб экономике. Деление вреда на экономический и экологический логично вытекает из самой системы взаимодействия общества и природы, где функционируют две подсистемы – экономическая (техносфера) и экологическая.

Все виды ущерба можно подразделить на две группы: исчисляемые (стоимостные, или натуральные) и условно-исчисляемые (практически не поддающиеся количественной оценке).

1. Исчислимый ущерб делится на *экономический и социально-экономический*. *Экономический ущерб* включает в себя:

- потери в результате недополученной промышленной, сельскохозяйственной и лесохозяйственной продукции;
- потери вследствие снижения продуктивности биогеоценозов;
- затраты, обусловленные сокращением срока службы зданий и сооружений; потери сырья, топлива и материалов, вызванные выбросами и сбросами; затраты на ликвидацию последствий от загрязнения;
- затраты на восстановление или поддержание равновесия в экосистемах;
- потери производства, вызванные снижением эффективности труда (она обусловлена ростом заболеваемости).

К *социально-экономическому ущербу* относятся: затраты в области здравоохранения и социального обеспечения в связи с ростом заболеваемости; затраты на сохранение рекреационных ресурсов; потери вследствие миграции, вызванной ухудшением качества среды.

2. Условно-исчислимый вид ущерба подразделяется на социальный и экологический.

К *социальному ущербу* относятся: эстетический вред от деградации ландшафтов; рост смертности, патологических изменений в организме людей; психологический ущерб вследствие неудовлетворенности населения качеством среды.

Экологический ущерб составляют необратимые разрушения уникальности экосистем, исчезновение некоторых видов флоры и фауны, генетический ущерб [2].

2.6. Критерии оценки изменения природной среды

1. Атмосферный воздух. Критериями оценки качества атмосферного воздуха являются критические нагрузки (максимальные значения выпадений) и критические уровни загрязняющих веществ (максимальная концентрация). Параметры устанавливаются для наземной растительности, лесных и водных экосистем по веществам: NO₂, SO₂, HF, кислоты, щелочи.

2. Водные объекты. Для водных объектов критериями являются химические и биологические показатели. Химические показатели – концентрации наиболее опасных токсикантов, в том числе обладающих свойствами аккумуляции. Для совокупной оценки используют расчетный суммарный показатель для химических веществ, концентрация которых превышает ПДК. Биологические показатели – характеристики развития фито-, зоопланктона, зообентоса, запасов ихтиофауны, степень эвтрофикации водоемов.

3. Почва. В оценке состояния почв основными критериями экологического неблагополучия являются показатели физической деградации почв, химического и биологического загрязнения. Величины параметров устанавливают для следующих показателей: площадь земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота; степень нарушения гумусового горизонта; изменение уровня грунтовых вод; радиоактивное загрязнение; превышение ПДК для химических веществ.

4. Растительность. Критерии оценки состояния растительности: уменьшение биологического разнообразия; снижение плотности популяций видов-индикаторов; изменение площади лесов; уменьшение запасов древесины; процент поврежденных деревьев; площадь посевов, пораженных вредителями; уменьшение ареалов редких видов.

5. Животный мир. Критерии состояния животного мира: уменьшение биологического разнообразия; снижение плотности популяций видов-индикаторов, снижение численности охотничье-промысловых видов.

6. Биогеохимическая оценка. При биогеохимической оценке ОС рассматривают провинции с резким изменением состава химических элементов. Основные показатели: соотношение углерода и азота в почвах, поверхностных водах, растениях; содержание токсичных элементов в растениях.

7. Оценка степени деградации наземных экосистем. По скорости нарастания изменений выделяют четыре класса динамики экосистем:

- стабильные и слабые динамичные со скоростью изменений 0,5% площади в год;

- умеренно-динамичные: 1,0–2,0% в год (полная смена происходит за 50–100 лет),
- средне-динамичные: 2,0–3,0% (полная смена за 30–50 лет);
- сильно-динамичные: 3,0–4,0% в год (полная смена за 25 лет) [2].

2.7. Глобальные изменения биологического разнообразия

Биологическое разнообразие является основой жизни на Земле, одним из важнейших жизненных ресурсов. Под **биологическим разнообразием** понимают все виды растений, животных, микроорганизмов, а также экосистемы и экологические процессы, частью которых они являются. Биологическое разнообразие рассматривается на трех уровнях: генетическом, видовом и экосистемном. **Генетическое разнообразие** представляет собой объем генетической информации, содержащейся в генах организмов, населяющих Землю. **Видовое разнообразие** – это разнообразие видов живых организмов, обитающих на Земле. **Разнообразие экосистем** касается различных сред обитания, биотических сообществ и экологических процессов в биосфере, а также огромного разнообразия сред обитания и процессов в рамках экосистемы.

Число видов организмов, населяющих Землю, очень велико: по различным оценкам оно составляет величину от 5 до 80 млн. Четкая таксономическая принадлежность установлена для 1,4 млн видов. Из этого известного числа видов 750 тыс. – насекомые, 41 тыс. – позвоночные животные, 250 тыс. – растения. Остальные виды представлены беспозвоночными, грибами, водорослями, микроорганизмами.

Человеком используется в пищу около 7 тыс. видов растений, но 90% мирового продовольствия создается за счет всего 20 видов, а три из них (пшеница, кукуруза, рис) покрывают более половины всех потребностей. Биологические ресурсы являются также значительным источником сырья для промышленности.

Понятие биологического разнообразия является главным при оценке состояния и экологического благополучия биосфер и экосистем.

Видовое богатство различных зон сильно отличается, хотя прослеживается тенденция увеличения видов от полюсов к экватору Земли. Между 1990 и 2020 гг. могут исчезнуть 5–15% видов. Причиной этого считают уничтожение тропических лесов. По мнению экспертов, в ближайшие 20–30 лет под угрозой исчезновения будет находиться примерно 25% всего биологического разнообразия тропических лесов. Это составит от 15 до 50 тыс. видов в год, или 40–140 видов в день. В настоящее время около 22 тыс. видов растений и животных находятся под угрозой исчезновения. Из них 66% видов позвоночных животных являются обитателями континентов.

Выделяют **четыре основные причины утраты видов:**

- 1) утрата среды обитания, фрагментация и модификация;
- 2) чрезмерная эксплуатация ресурсов;
- 3) загрязнение окружающей среды;
- 4) вытеснение естественных видов интродуцированными экзотическими видами.

Во всех случаях это причины антропогенного характера. Подсчитано, что каждый год погибают тропические леса на площади 11,1 млн. га, (т.е. 21 га каждую минуту). Сокращение 70% тропических лесов ведет не только к исчезновению видов, которые обитали на уничтоженных участках леса, но и к сокращению до 30% численности видов, обитающих на соседних участках леса.

Разрабатывается четыре вида мер, направленных на сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия. Это:

- 1) защита особой среды обитания – создание национальных парков, биосферных заповедников и других охраняемых зон;
- 2) защита отдельных видов или групп организмов от чрезмерной эксплуатации;
- 3) сохранение видов в виде генофонда в ботанических садах или банках генов;
- 4) сокращение загрязнения окружающей среды [2].

3. Источники загрязнения биосферы

3.1. Отрасли промышленности и их воздействие

Электроэнергетика. В настоящее время основная доля энергии производится за счет сжигания и переработки природного сырья – угля, нефти, газа, горючих сланцев, торфа, а также использования энергии рек путем строительства гидроэлектростанций и сооружения водохранилищ.

Наибольшему воздействию в результате деятельности энергетической промышленности подвергаются воздушный бассейн и поверхностные воды. Водоохранилища, особенно крупные, оказывают существенное влияние на изменение микроклимата регионов, где они расположены. Происходит затопление плодородных земель и поселений, гидросооружения влияют на уровень грунтовых вод, вызывают засоление или заболачивание почв, снижение их продуктивности. Затопление водохранилищами наземной растительности сопровождается ее разложением, развитием новых видов флоры и фауны, приводит к эвтрофикации водоемов.

В энергетике основными источниками загрязнения являются тепловые электростанции, производство электроэнергии на которых сопровождается в первую очередь загрязнением атмосферного воздуха. Характерными выбросами энергетического комплекса являются сернистый газ, оксиды углерода, азота, сажа, а также наиболее токсичные ингредиенты – оксид ванадия (V) и бенз(а)пирен. Основные источники образования летучих выбросов – установки обогащения и брикетирования угля, углеразмольные агрегаты, энергетические и теплофикационные котельные установки. Ежегодно объем выбросов вредных веществ в атмосферный воздух энергетическими предприятиями Российской Федерации (РФ) составляет около 6 млн. т; из них 31% пыли, 42% двуокиси серы, 23,5% оксидов азота (здесь и далее количественные показатели приведены для промышленности РФ на конец 2000 года).

Энергетика является отраслью промышленности, потребляющей большое количество чистой воды, 99% которой используется на производство электрической и тепловой энергии. Ежегодно используется 30 млрд. м³ воды, 65–70% экономится за счет использования оборотного водоснабжения. Большая часть воды расходуется на охлаждение различных агрегатов, поэтому тепловые электростанции являются источниками теплового загрязнения.

Со сточными водами в водные объекты сбрасываются загрязняющие вещества, типичными из которых являются взвешенные вещества, нефтепродукты, хлориды, сульфаты, соли тяжелых металлов.

Черная металлургия. Наиболее сильное влияние эта отрасль оказывает на атмосферный воздух и поверхностные воды, а также на уровень загрязнения подземных вод и почв. Она занимает второе место по общему количеству выбросов в атмосферу среди отраслей промышленности РФ. В основном в атмосферу поступают оксид углерода (67,5% суммарного выброса); твердые вещества (15,5%); диоксид серы (10,8%) и оксид азота (5,4%). Основными источниками выбросов в атмосферу в черной металлургии являются агломерационные машины, печи для обжига, дробильно-размольное оборудование, места погрузки и пересыпки материалов, доменные, мартеновские и сталеплавильные печи, установки непрерывной разливки стали, травильные отделения.

В настоящее время общее водопотребление в черной металлургии составляет 1689,6 млн. м³/год по РФ. Воду на предприятиях используют на вспомогательные цели. Основное количество воды (75%) расходуется на охлаждение конструктивных элементов металлургических печей и машин. При этом вода только нагревается и практически не загрязняется. До 20% воды используется на охлаждение оборудования, которое не только нагревает воду, но и загрязняет ее металлическими и растворенными примесями. Ежегодно в поверхностные водные объекты сбрасывается около 1 млн. м³ сточных вод, из них 85% загрязненных. Вместе со сточными водами сбрасываются взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, соединения железа, тяжелых металлов и др.

Цветная металлургия. Ежегодно предприятиями выбрасывается в атмосферу около 3 млн. т вредных веществ. Загрязнение

атмосферы характеризуется в основном выбросом оксида серы (75% суммарного выброса в атмосферу), оксида углерода (10,5%) и пыли (10,4%). Источниками образования вредных выбросов при производстве глинозема, алюминия, меди, свинца, олова, цинка никеля и драгоценных металлов являются различные виды печей, дробильное оборудование, конвертеры, места погрузки, сушильные агрегаты, открытые склады. При пирометаллургической обработке сульфидных руд образуется большое количество серосодержащих газов. Степень очистки газов от диоксида серы остается на низком уровне (22,6%).

Ежегодно в отрасли потребляется около 1200 млн. м³ чистой воды. Сточные воды предприятий цветной металлургии обычно сильно загрязнены. К загрязнителям относятся минеральные вещества, флотореагенты, цианиды, ксантогенаты, нефтепродукты, соли тяжелых металлов, мышьяк, фтор, ртуть, сурьма, сульфаты, хлориды.

Крупные комбинаты цветной металлургии являются самыми мощными источниками загрязнения почвенного покрова как по интенсивности, так и по разнообразию загрязняющих веществ. Это является следствием того, что на предприятиях отрасли преобладает открытый способ добычи сырья.

Нефтедобывающая промышленность. Основное негативное воздействие предприятия нефтедобычи оказывают на атмосферный воздух. Ежегодно по РФ отраслью выбрасывается в атмосферу вредных выбросов около 1650 тыс. т. Основная доля выбросов (98%) приходится на жидкие и газообразные вещества. Характерными загрязняющими веществами являются углеводороды (48% суммарного выброса в атмосферу), оксид углерода (33%), твердые вещества (20%). Отраслью неудовлетворительно используется попутный газ, извлекаемый при добыче нефти. Ежегодно теряется и сжигается в факелах около 7,1 млрд. м³ нефтяного газа (около 20% извлекаемого).

Дополнительный ущерб окружающей среде наносят аварии на буровых установках и платформах, а также на магистральных газо- и нефтепроводах. Все это является типичными причинами загрязнения нефтью поверхностных вод и почвы.

Нефтеперерабатывающая промышленность. Предприятия данной отрасли являются серьезными источниками загрязнения воздушного и водного бассейнов. Главные источники загрязняющих веществ – это процесс извлечения серы, регенераторы катализаторов крекинга и котлы; потенциальные источники – емкости для хранения сырья и продуктов, сепараторы воды и нефти.

Улов вредных веществ по отрасли невысокий – 47,7%. Предприятия отрасли загрязняют атмосферу выбросами углеводородов (73% суммарного выброса), диоксида серы (18%), оксида углерода (7,0%), оксидов азота (2%).

Со сточными водами в водоемы поступает значительное количество нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, соединений азота, фенолов, солей тяжелых металлов.

НПЗ являются источниками загрязнения почвы нефтепродуктами. На НПЗ и заводах переработки сланца на территории РФ накоплено около 95 млн. т отходов, в том числе 2,4 млн. т нефтешлаков, 0,8 млн. т кислых прудовых гудронов, 1,5 млн. т отработанных отбеливающих глин, 10 млн. т избыточных активных илов, 80 млн. т золы сланцепереработки.

Химическая и нефтехимическая промышленность. Основными источниками вредных выбросов в атмосферу в промышленности является производство кислот (серной, соляной, азотной, фосфорной и др.). Большой вред окружающей среде наносит производство резинотехнических изделий, фосфора, пластмасс, красителей и моющих средств, искусственного каучука, минеральных удобрений, растворителей (толуола, ацетона, бензола, фенола), крекинг нефти. Структура выбросов в атмосферу характеризуется следующими данными: твердые вещества – 13,4% общего количества выбросов, жидкие и газообразные вещества – 86,6% (оксид углерода, летучие органические соединения, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды).

Для этой отрасли характерными являются выбросы металлической ртути, оксида ванадия (V) и хрома (VI), которые относятся к веществам первого класса опасности.

Из общего объема использования предприятиями химического комплекса воды 62% приходится на химическую промышленность, 29,2% – на нефтехимическую и 9,8% на микробиологиче-

скую. Экономия свежей воды за счет использования оборотных систем водоснабжения составляет 90%. Сброс загрязненных сточных вод составляет 1,7 км³ в год. В стоках данной промышленности содержатся нефтепродукты, сульфаты, соединения фосфора, цианиды, роданиды, соединения кадмия, кобальта, марганца и других тяжелых металлов, сероводород, спирты, фенолы, формальдегид, ПАВ, пестициды.

В отрасли ежегодно образуется 125 млн. т отходов, из которых используется повторно около 30%. Ежегодно на предприятиях отрасли не применяется более 90 млн. т отходов, из которых уничтожается более 30 млн. т (кубовые остатки, растворители, кислоты) и более 50 млн. т складывается в специальных местах (фосфогипс, известковые и гипсовые отходы).

Угольная промышленность. Добываемый уголь содержит много примесей и негорючих материалов. Состав и количество примесей зависят от типа месторождения, методов добычи и типа угля. В естественном состоянии уголь содержит глину, обломки скальных пород, пириты и другие материалы, относимые к золе. В результате добычи и разработки месторождений возникают примеси другого типа – рудная масса, обломки породы, древесины и случайные примеси железа.

Объем вредных выбросов предприятиями отрасли невелик и составляет 1,7% общего количества выбросов в промышленности РФ. В выбросах содержатся твердые вещества (28,2% суммарного выброса в атмосферу), оксид углерода (16,4%), диоксид серы (14,5%), оксиды азота (3,9%), сероводород (0,05%), фториды (0,01%) и другие вещества.

Наиболее водоемкими производственными процессами являются процесс гидродобычи угля, процесс мокрого обогащения угля и сланца. Предприятия сбрасывают в поверхностные водоемы в среднем 81% загрязненных сточных вод. Со стоками угольной промышленности в водоемы попадают взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, нефтепродукты, соединения железа, меди, никеля, алюминия, кобальта, магния, марганца, формальдегида и др.

За счет оборотного водоснабжения экономия воды производственного назначения составляет 76%.

Вооруженные силы и оборонная промышленность. Вооруженные силы РФ для своей деятельности имеют в пользовании 12,8 млн. га земель. Среди экологических проблем оборонного комплекса на первое место вышла проблема захоронения радиоактивных отходов, поскольку имеющиеся мощности, размеры, надежность хранилищ ограничены, а строительство новых связано с огромными затратами.

На долю отрасли приходится всего 2,2% объема используемой чистой воды промышленностью РФ и 1,3% сброса сточных вод в поверхностные водоемы.

В составе вредных выбросов в окружающую среду на предприятиях оборонной промышленности содержатся пыль, оксиды серы, азота, бенз(а)пирен, оксиды металлов, отдельные группы углеводородов и большая группа специфических веществ, характерных для оборонных предприятий.

Наибольший объем сброса загрязненных сточных вод в водоемы осуществляют предприятия, производящие оружие и боеприпасы (71,1% от общего сброса сточных вод этой категории по отрасли).

Ракетная и ракетно-космическая техника оказывает специфическое воздействие на природную среду Земли и околоземное космическое пространство (ОКП). Это воздействие обусловлено применением высокотоксичных компонентов ракетного топлива, необходимостью использования больших земельных площадей под районами падения отработанных ступеней, обтекателей, переходных отсеков. На обширных территориях районов до настоящего времени остаются лежать упавшие металлические конструкции отдельных частей ракет-носителей (общая масса металлолома составляет около 20 тыс. т).

Для отделяющихся частей ракет и ракет-носителей предусмотрено выделение во временное пользование (без прекращения хозяйственной деятельности) районов общей площадью 29 млн. га. В районах падения объекты окружающей среды подвергаются механическому засорению мелкими фрагментами и остатками топлива.

Газовая промышленность. При добыче, переработке, хранении и транспортировке природного газа наибольший вред ок-

ружающей среде наносится выбросами вредных веществ в атмосферный воздух. От общего объема отходящих веществ при добыче газа улавливается и обезвреживается около 20%. Выбросы в атмосферу предприятиями отрасли характеризуются наличием оксида углерода (28,1% суммарного выброса), углеводородов (25,1%), оксидов азота (7,1%) и диоксида серы (5,3%).

Объем забора чистой воды составляет около 68 млн. м³, объем сброса загрязненных сточных вод – 5 млн. м³.

Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Наиболее характерными загрязнителями атмосферы для данной отрасли являются твердые вещества (29,8% суммарного выброса), оксид углерода (28,2%), диоксид серы (26,7%), оксиды азота (7,9%), органические растворители (от 0,1 до 1,0%). Отрасль вносит вклад в загрязнение атмосферного воздуха РФ на уровне 3% от объема всех выбросов стационарных источников.

Целлюлозно-бумажная промышленность является одной из самых водоемких отраслей. Ежегодное потребление чистой воды составляет 2 млрд. м³, или 4,5% общего водопотребления в промышленности РФ. Экономия воды за счет оборотных систем составляет 69%.

На долю комплекса приходится свыше 20% (2 млрд. м³) сброса загрязненных сточных вод промышленностью РФ. Главный источник образования стоков – производство целлюлозы, основанное на сульфатном и сульфитном способах варки древесины и отбелке полуфабриката с помощью хлорпродуктов. Загрязненные сточные воды предприятий отрасли содержат сульфаты, хлориды, нефтепродукты, фенолы, формальдегид, метанол, фурфурол, диметилсульфид.

На долю отрасли приходится 5% объема используемой чистой воды промышленностью РФ и 6% сброса сточных вод в поверхностные водоемы.

Микробиологическая промышленность. Ежегодно предприятиями отрасли выбрасывается в атмосферу около 68 тыс. т вредных веществ. Степень очистки выбросов составляет 66–67%. В выбросах предприятий содержатся твердые вещества (35,5% суммарного выброса), диоксид серы (30%), оксид углерода (21%),

метанол (10,5%), уксусная кислота, аммиак, ацетон, серная кислота, формальдегид, оксид ванадия, толуол (в пределах 1%). Одним из наиболее вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, является белково-витаминный концентрат в виде пыли (1,5 т/год), относящийся ко второму классу опасности.

Основными по расходу и загрязнению являются сточные воды, образующиеся при выделении и сгущении биомассы. Сточные воды также образуются при мокрой очистке газовых выбросов, продувке систем оборотного водоснабжения, мойке оборудования, трубопроводов, уборке производственных помещений. Сброс загрязненных сточных вод составляет 80%. Характерными загрязнителями являются сульфаты, хлориды, соединения фосфора, азота, метанол, фурфурол и др.

Промышленность строительных материалов. Основное воздействие отрасль оказывает на атмосферный воздух. Наиболее сильно загрязняют его цементные, асбоцементные, известковые производства, предприятия по производству кровельных материалов, керамзитобетонные заводы, карьеры по добыче сырья. Из них на цементные заводы приходится 20%, а на предприятия по производству строительных материалов 50% общего объема выбросов по отрасли.

Основные источники выбросов вредных веществ: производство кровельных и теплоизоляционных материалов, цемента, извести, гипса, стекла и керамических изделий, битума и асфальта.

Ежегодно отраслью используется около 500 млн. м³ чистой воды, 60% которой расходуется на производственные нужды. Экономия свежей воды от использования оборотных систем водоснабжения составляет 70%.

В загрязненных стоках данной промышленности, поступающих в водоемы, присутствуют взвешенные вещества, нефтепродукты, аммонийный азот, нитраты, соединения фосфора, магния, железа.

Ежегодно в результате производственной деятельности предприятий отрасли образуется около 50 тыс. га площади нарушенных земель, в том числе отработанных 24 тыс. га. Среднегодовые объемы рекультивации нарушенных земель в пределах 3,6 тыс. га, или 60% площади отчуждаемых земель.

Машиностроение. Основными источниками загрязнения атмосферы являются литейное производство, цехи механической обработки, сварочные и покрасочные участки. По валовому выбросу вредных веществ в атмосферу доля машиностроительного комплекса составляет около 6% выбросов в атмосферу всей промышленностью РФ.

Процент улова загрязняющих веществ по отрасли составляет 56,5%, он значительно ниже среднего по промышленности (79,2%).

Выбросы машиностроения в атмосферу характеризуются присутствием в них оксида углерода (36,9% суммарного выброса в атмосферу), диоксида серы (22,1%), различных видов пыли и взвешенных веществ (21,5%), оксидов азота 8,45%), а также таких вредных веществ, как ксилол, ацетон, бутилацетат, аммиак, серная кислота, марганец, хром, свинец (от 0,2 до 2,0%). Наиболее опасным выбросом является хром и его соединения (43% выброса от всей промышленности РФ).

Предприятиями машиностроения ежегодно используется около 3,5 млрд. м³ чистой воды. Системой оборотного водоснабжения экономится 80% воды. Ежегодный сброс сточных вод в поверхностные водоемы составляет около 2 млрд. м³, в том числе загрязненных сточных вод 0,95 млрд.м³. В водные объекты со сточными водами попадают нефтепродукты, соединения азота, сульфаты, хлориды, взвешенные вещества, цианиды, соединения железа и тяжелых металлов, фосфора.

Пищевая промышленность. На собственные нужды предприятиями пищевой промышленности ежегодно используется около 60 млн. м³ воды, объем сбросов составляет 46 млн. м³. Доля загрязненных сточных вод к общему объему вод достигает около 77%. В производственном цикле в воду поступают различные загрязняющие вещества, в числе которых преобладают отходы производства, унесенные водой компоненты сырья и материалов. В основном это органические вещества животного происхождения. В сточных водах содержатся остатки корма, поваренная соль, моющие и дезинфицирующие вещества, нитриты, фосфаты, щелочи, кислоты, возможно присутствие болезнетворных микроорганизмов.

Пищевая промышленность вносит незначительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха. Это 2% всех выбросов промышленными стационарными источниками РФ.

Легкая промышленность. Основными источниками загрязнения в отрасли являются электролизные ванны, места погрузки сырья и материалов, дробильное оборудование, смесители, сушильное, трепальное и прядильное оборудование. В выбросах предприятий легкой промышленности присутствуют диоксид серы (31% суммарного выброса в атмосферу), оксид углерода (29,4%), твердые вещества (21,8%), оксиды азота (8,9%), бензин (2,3%), органические растворители, сероводород, аммиак, оксид ванадия (V) (от 0,04 до 2,0%).

Основное негативное воздействие легкая промышленность оказывает на водные объекты. Экономия свежей воды за счет использования оборотных систем по отрасли составляет 73%. Из общего объема сброса сточных вод 97% приходится на сброс в поверхностные водные объекты, 87% которых сбрасываются неочищенными. Основными источниками загрязнения водоемов являются текстильные фабрики и комбинаты, а также кожевенные заводы. Сточные воды предприятий текстильной промышленности содержат взвешенные вещества, хлориды, сульфаты, соединения азота и фосфора, нитраты, ПАВ, соединения железа, цинка, никеля, хрома. В сточных водах кожевенной промышленности присутствуют соединения азота, фенола, ПАВ, жиры и масла, соединения хрома, алюминия, сероводорода, метанола, формальдегида.

Транспорт. Ежегодно около 53% выбросов загрязняющих веществ в атмосферу приходится на выбросы от транспортных и других передвижных средств, в том числе автомобильных, воздушных, водных, железнодорожных, тракторов и других машин. Общий объем выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом в атмосферу РФ составляет примерно 70% от всех видов транспорта, или 40% от общего количества антропогенного загрязнения атмосферы.

Основное загрязнение атмосферного воздуха на железных дорогах дают тепловозы. На их долю приходится до 90% выбросов на железнодорожном транспорте. Общий объем выбросов загрязняю-

щих веществ от тепловозов в РФ составляет около 3 млн. т и 9% суммарного выброса от передвижных источников загрязнения.

Определяющая доля всех выбросов транспорта (56%) принадлежит грузовым автомобилям. Около 50% соединений свинца в атмосферу попадает от легковых автомобилей и 66% двуокиси азота – от грузовых.

Основным источником загрязнения при эксплуатации флота являются накопления на пассажирских и грузовых судах хозяйственно-бытовых и нефтесодержащих вод. 57% судов, эксплуатируемых на внутренних водных путях, не оснащены необходимым водоочистным оборудованием. На их долю приходится более 50% хозяйственно-бытовых сточных вод, нефтесодержащих вод, сухого мусора и отходов, образующихся в процессе эксплуатации речного транспорта.

Потоки автомобильного транспорта являются основным источником шума в городах любой величины. Они не только создают 80% всех зон акустического дискомфорта городов, но и определяют максимальное превышение уровней шума сверх норматива.

Жилищно-коммунальное хозяйство. В настоящее время водопроводными сетями подается около 25,5 млрд. м³ воды в год, в том числе населению и на коммунально-бытовые нужды 17,2 млрд. м³/год. Мощность водопроводов составляет 94,5 млн. м³/сутки, протяженность водопроводных сетей составляет 434 тыс. км. Состояние 66% водных объектов, являющихся источниками питьевого водоснабжения, не отвечает требованиям стандарта. В результате около 50% населения РФ используют для питья воду, не соответствующую гигиеническим требованиям по различным показателям качества. В настоящее время в РФ централизованные системы водоснабжения имеют 1052 города (99% от общего количества городов) и 1785 поселков городского типа (81%).

Мощность очистных сооружений коммунальной канализации в РФ составляет 60,3 млн. м³/сутки, протяженность коммунальных канализационных сетей населенных пунктов достигла 105,2 тыс. км. Около 60% эксплуатируемых очистных сооружений перегружены, многие эксплуатируются 20–30 лет и требуют реконструкции. Дефицит мощностей канализационных сооружений в настоящее время достигает 9 млн. м³/сутки.

Через коммунальные системы канализации в поверхностные воды ежегодно сбрасывается 13,7 млрд. м³ сточных вод, из которых 8% очищаются до установленных стандартов, 82% сбрасываются недостаточно очищенными.

Большую проблему представляют вопросы утилизации осадков сточных вод. Наличие загрязняющих веществ промышленного происхождения не позволяет использовать осадок сточных вод в качестве удобрений в сельском хозяйстве. Из образующихся ежегодно более 2 млн. т осадка (по сухому веществу) утилизируется только 2-3%, остальной осадок складировается на иловых площадках и из-за перегрузки последних является загрязнителем поверхности почвы и подземных вод.

На территории РФ эксплуатируется около 18 тыс. отопительных котельных жилищно-коммунального хозяйства с суммарной тепловой мощностью 135 тыс. ккал/год. Из общего объема потребления топлива 41% приходится на природный газ, около 47% – на твердое топливо, остальные 12% – жидкое и прочие виды топлива. Суммарный ежегодный выброс загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями ЖКХ составляет 625 тыс. т. Из общего количества выбросов 190 тыс. т приходится на долю твердых веществ, 435 тыс. т жидких и газообразных, в том числе диоксида серы 115 тыс. т, оксида углерода 227 тыс. т, оксидов азота 85 тыс. т, углеводородов 3,1 тыс. т, летучих органических соединений – 520 тыс. т.

ЖКХ имеет определяющее значение в объеме сброса загрязненных сточных вод в природные водоемы РФ. По их объему вклад отрасли достигает 45%.

Сельское хозяйство. По сравнению со среднегодовым уровнем 1986–1990 гг. применение минеральных удобрений в сельском хозяйстве РФ снизилось с 13 млн. т (в пересчете на 100%-е содержание питательных веществ) до 1,5 млн. т, а органических – соответственно с 482 до 147 млн.т. Уменьшение объемов применяемых удобрений, к сожалению, не привело к ослаблению в соответствующих пропорциях к уменьшению влияния средств химизации на природную среду, поскольку сохранились основные причины их попадания в поверхностные и грунтовые воды – нарушение регламентов хранения, транспортировки, применения.

Невосполнимый ущерб земельным ресурсам и окружающей среде наносит эрозия почв. К настоящему времени ветровой и водной эрозии подвержено около 54 млн. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 33 млн. га пашни. Кроме того, 30% всех сельхозугодий, в том числе 44 млн. га, или 33% пашни, считаются дефляционно-опасными.

Источником повышенной экологической опасности в сельском хозяйстве остаются крупные животноводческие комплексы и птицефабрики. Только на 20% из них имеются промышленные очистные сооружения с применением аэротенков.

В большинстве регионов РФ сложился отрицательный баланс питательных веществ в пахотных землях. С урожаем выносятся в 3 раза больше элементов питания растений, чем вносится с удобрениями. Запасы почвенного кальция снизились почти наполовину. Около 30% вносимых на поля пестицидов и минеральных удобрений поступают в водные объекты.

На долю сельского хозяйства приходится 25% используемой чистой воды в РФ и около 20% объема сброса сточных вод в поверхностные водоемы [6, 7].

3.2. Основные виды антропогенных примесей атмосферы

1. Оксиды углерода. Оксид углерода (II), или CO, встречается в естественных условиях в малых концентрациях. Общая масса его в атмосфере составляет $0,2 \cdot 10^{-6}$ т. Главным источником CO (70%) являются бензиновые двигатели; в меньшей степени он образуется при сжигании угля и древесины. Время пребывания CO в атмосфере 0,1–5,0 лет, далее он окисляется.

Оксид углерода (II) воздействует на нервную и сердечно-сосудистую систему, вызывая удушье. В местах проведения работ, где постоянно работают двигатели внутреннего сгорания (ДВС) – туннели, погрузочные площадки – концентрация CO может достигать 70 мг/м³. После 8 часов работы в такой среде у работающих людей 10% гемоглобина теряют способность к переносу кислорода. Если человек в течение 8 часов дышит воздухом с концентрацией CO 16 мг/м³, то его способность к переносу

кислорода утрачивается до 3% гемоглобина крови. Такая концентрация СО является обычной для городской улицы.

Стандарт на содержание СО в атмосфере составляет 10 мг/м³. Это значение является усредненным за 8-часовой период, и такой уровень не должен превышать более одного раза в год.

2.Оксиды серы.

Сернистый газ, или оксид серы (IV) (SO₂). Соединения серы поступают в воздух при сжигании топлива, богатого серой (табл. 3.1). При сжигании 1 млн. т. угля образуется 25 тыс. т. SO₂, 3% серы, содержащегося в топливе, окисляется сразу до SO₃. Из 145 млн. т. сернистого газа, выбрасываемого в атмосферу, 70% приходится на сжигание мазута; 10% – на производство металла. Основная часть SO₂ взаимодействует с водой с образованием сернистой кислоты, которая может окисляться до серной кислоты. Другой путь образования серной кислоты – взаимодействие SO₃ с водой.

Таблица 3.1

Содержание серы в различных видах топлива

Топливо	Содержание серы, %
Уголь	0,2–0,7
Горючие масла	0,4–0,5
Кокс	1,5–2,5
Дизельное топливо	0,3–0,9
Бензин	0,1
Керосин	0,1

При сжигании топлива образуются оксиды железа и кальция, которые при взаимодействии с серной кислотой дают сульфаты. Количество серной кислоты и сульфатов может достигать в воздухе городов 5–20%.

Высокая концентрация SO₂ приводит к повреждениям растительности.

При содержании SO₂ в воздухе 3 мг/м³ у растений разрушается хлорофилл, снижается интенсивность фотосинтеза и дыхания, замедляется рост, падает урожайность. Листья и хвоя желтеют, а затем приобретают красно-коричневый цвет. Механизм действия

SO₂ на растения состоит в том, что это вещество конкурирует с углекислым газом во время световой фазы фотосинтеза. В присутствии света SO₂ может восстанавливаться до сероводорода. Часть серы из SO₂ может переходить в аминокислоту цистеин, а затем в белки; часть экзогенной серы выделяется через корневую систему в виде сульфатов.

Сернистый газ SO₂ обладает острым запахом, раздражающе действует на слизистые оболочки, затрудняет дыхание. В больших концентрациях и при продолжительном действии приводит к бронхиту, астме. В присутствии углеводородов SO₂ действует как канцероген.

Суточный стандарт для оксидов серы составляет 365 мкг/м³, он не должен превышать более одного раза в течение года.

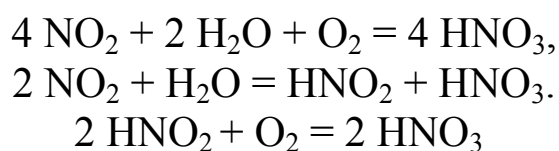
Эффект действия SO₂ возрастает при совместном присутствии в атмосфере, кроме этого газа, еще и паров воды, а также твердых примесей. Синергизм в действии твердых частиц и SO₂ объясняют тем, что твердые частицы являются центром конденсации паров воды и на поверхности быстрее протекают химические реакции образования сернистой и серной кислот. Смесь дыма и тумана обычно называют **смогом**. Наблюдается он, как правило, в осенне-зимнее время. Главную опасность представляет содержащийся в нем сернистый газ с концентрацией 5–10 г/м³ и более.

Классический случай такого загрязнения атмосферы – **Лондонский смог 1952 г.** (табл. 3.2). По своему типу он относится к первичному загрязнению. Использование топлива (угля) в это время в Лондоне было максимальным, воздух практически неподвижен. Следы металлов (Fe, Mn) в частицах дыма выполнили роль катализаторов реакции перехода сернистой кислоты в серную. Серная кислота обладает большим сродством к воде, поэтому небольшие частицы (капли) тумана хорошо абсорбируют влагу и быстро увеличиваются в размерах. Значения pH были очень низкие. За 3–4 дня в Лондоне погибло более 4 тысяч человек.

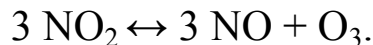
3. Оксиды азота (NO, NO₂, N₂O₄). Оксиды азота образуются в процессе горения веществ в воздухе. При высоких температурах часть молекулярного азота воздуха окисляется до NO, который затем окисляется кислородом до высших оксидов. Взаимодействие кислорода воздуха и азота воздуха – это один путь образования

оксидов азота при горении веществ. Вторым путем – это взаимодействие кислорода воздуха и азотосодержащих соединений топлива (содержание азота в угле 1%, в нефти и газе – 0,2–0,3%).

95% годового выброса оксидов азота в атмосферу – результат сжигания ископаемого топлива. 40% общего объема выбросов оксидов азота приходится на транспорт, 30% – на теплоэлектростанции, 20% – на использование топлива в промышленности. Еще два источника оксидов азота – производство азотной кислоты и взрывчатых веществ. Они не связаны с процессами горения топлива. В результате всех выбросов оксидов азота ежегодно в атмосфере Земли образуется до 60 млн.т. NO_2 . При взаимодействии оксида азота с парами воды происходят реакции:



Азотная кислота, реагируя с различными веществами, образует нитраты. Под действием света NO_2 распадается:



Такой процесс обратим, но если в воздухе присутствуют углеводороды, то NO фотохимическим способом (с помощью света) реагирует с ними с образованием пероксиацилнитратов (ПАН); а озон, вступая в реакцию с углеводородами, образует альдегиды. Озон, NO_2 , ПАН, альдегиды – фотохимические загрязнители воздуха. Они являются сильными окислителями.

Из оксидов азота наиболее опасна двуокись азота: она ослабляет обоняние, ночное зрение, затрудняет дыхание, нарушает процесс переноса кислорода гемоглобином крови. Патологические эффекты сводятся к заболеваниям: катар верхних дыхательных путей, бронхит, воспаление легких, заболевания сердца, раковые новообразования.

Оксиды азота участвуют в фотохимических реакциях в атмосфере с образованием озона, пероксиацилнитратов (ПАН), альдегидов. Эти вещества являются вторичными загрязнителями. Типичный пример – *Смог Лос-Анджелеса* (табл 3.2). Для его обра-

зования необходимо наличие NO_2 , углеводородов и солнечного света. Основной источник – автотранспорт. Впервые данный вид смога обнаружили в Лос-Анджелесе в 30-х гг. XX в. Это туман с влажностью 70%, образуется в солнечные дни, может подниматься в верхние слои атмосферы, поскольку задерживается инверсионным слоем. Воздух в нижнем слое холоднее, и «шапка» теплого воздуха препятствует его поднятию. Фотохимический туман сопровождается неприятным запахом, резко снижает видимость, у людей воспаляются глаза, слизистые оболочки, возникает удушье, обостряются легочные заболевания. Фотохимический туман повреждает растительность: сначала на ветвях появляется водное набухание, затем нижняя часть листьев приобретает серебристый или бронзовый оттенок. Верхняя часть становится пятнистой с белым налетом. Затем наступает быстрое увядание.

Таблица 3.2

Сравнение смога Лос-Анджелеса и Лондона

Характеристика	Лос-Анджелес	Лондон
Температура воздуха	24–32° С	-1...+4
Относительная влажность	Меньше 70%	85%
Тип температурных изменений	Падение t° на высоте 1000 метров	Изменение на высоте в несколько сотен метров
Скорость ветра	Меньше 3м/с	Безветренно
Видимость	Меньше 0,8–1,6 км	Меньше 30 м
Месяцы частого появления	Август – сентябрь	Декабрь – январь
Основные топлива	Бензин	Уголь и бензин
Основные составляющие	O_3 ; NO ; NO_2 ; CO ; органические вещества	Твердые частицы; CO ; Органические вещества
Тип химических реакций	Окислительные	Восстановительные
Время максимального сгущения	Полдень	Раннее утро
Основное воздействие на здоровье	Временное раздражение глаз (ПАН)	Раздражение бронхов, кашель (SO_2 /копоть)

Стандарт, установленный для NO_2 , представляет среднюю за год концентрацию, которая не должна превышать 100 мкг/м^3 .

Стандартная форма для фотохимических окислителей составляет 240 мкг/м^3 при усреднении за 1 час.

4. Углеводороды и их производные. Большая их часть – продукты деятельности человека. Главный источник – двигатели внутреннего сгорания (неполное сжигание жидкого топлива). Этот источник обеспечивает 50% от общего объема загрязнений; меньший вклад (14%) вносят НПЗ, перевозки нефтепродуктов и другие виды деятельности человека. Природные источники – месторождения нефти, газа, торфа, угля, хвойные леса.

5. Галогены и их производные. Источники: хлорирование и фторирование воды; неполное сгорание пластмасс в процессе их утилизации; предприятия электрохимической металлургии; производство растворителей, чистящих средств, хладагентов. Концентрация галогенов и их производных в атмосфере ниже, чем метана, CO_2 , оксидов азота, но они поглощают ИК-излучение в 50–100 раз интенсивнее. Поэтому их относят к «парниковым» газам. Галогены и их производные разрушают озон.

Газообразный хлор раздражающе действует на слизистую оболочку органов дыхания, вызывает отек легких. Фтор при повышенной концентрации ($>10\%$) проникает в листья растений и, накапливаясь, приводит к некрозу их паренхимы. Попадая с водой и пищей в организм человека и животного в избыточном количестве, соединения фтора вызывают флюороз. Это заболевание выражается в некрозе почек, надпочечников, кишечника, изменяются ткани зубов и других костных образований.

6. Твердые частицы и аэрозоли. К ним относят дисперсные системы, состоящие из твердых или жидких частиц, взвешенных в газообразной среде (смог, дым, туман, пыль). Частицы, как правило, заряжены положительно. Устойчивость аэрозолей определяется размером частиц. Естественное разрушение их происходит под действием трех процессов: седиментации, диффузии и коагуляции. Для жидких аэрозолей существенно испарение.

Основные источники твердых частиц: открытые разработки угля и полезных ископаемых; сжигание топлива; обработка и обогащение руд; выплавка и обработка металлов; производство асбеста, цемента, силикатов, удобрений и пестицидов [5].

4. Последствия загрязнения атмосферы

4.1. Изменение климата

Парниковый эффект – это удержание значительной части солнечной энергии у земной поверхности. Большинство газов являются прозрачными для солнечного излучения. Углекислый газ и другие газы в нижних слоях атмосферы пропускают солнечные лучи к земной поверхности. После её нагрева отраженные тепловые лучи не возвращаются обратно в космическое пространство. При отражении меняется длина волны ИК-излучения: она становится больше. Это отраженное излучение поглощается парами воды, углекислым газом и другими. При поглощении отраженного излучения атмосфера нагревается.

В 70-е гг. XX в. было доказано, что парниковый эффект могут создавать газы: CH_4 , оксиды азота, фтор- и хлоруглеводороды. Было рассчитано, что при удвоении концентрации CO_2 возможно глобальное потепление климата на 2–4 °С, а в полярной области Северного полушария – на 6–8 °С.

К настоящему времени сложился стереотип понятия «парниковый эффект» и его влияния на климат Земли. Состоит он в следующем.

Происходит постепенное и нарастающее увеличение выбросов в атмосферу углекислого газа. Еще быстрее увеличиваются выбросы других «парниковых» газов. Темпы ежегодного прироста их составляют: CO_2 – 0,5%; метана – 0,9%; оксидов азота – 0,25%; хлор- и фторуглеводородов – 4%. На последние годы приходится 15-20% парникового эффекта.

В результате увеличения концентрации «парниковых» газов возросла и продолжает увеличиваться среднегодовая температура. Особенно это сказывается в высоких и умеренных широтах. В 1890-е гг. для атмосферы в целом среднегодовая температура составила 14,5 °С; в 1980-е гг. – 15,2 °С.

По прогнозам ученых, в 2030–2050 гг. среднегодовая температура атмосферы может оказаться на 1,5–4,5 °С выше нынеш-

ней. Темпы потепления в первой половине XXI в. могут стать в 5–10 раз выше, чем в прошлом столетии.

Последствия потепления для населения и экономики разных стран могут оказаться различными и иметь как отрицательные, так и положительные стороны. Некоторые компьютерные модели вероятных изменений климата показывают, что лето в умеренных и высоких широтах может быть теплее с более влажными зимами в высоких широтах. Предвидятся изменения в разности между количеством осадков и испарением с поверхности почвы. Увеличение сухости летнего периода в умеренных широтах может привести к снижению урожаев зерновых и дать толчок к росту урожаев в более высоких широтах.

Другим потенциально важным последствием потепления климата может быть подъем уровня мирового океана вследствие таяния ледников, который прогнозируется на 0,5–1,0 м к середине и на 2,0 м к концу XXI века. В результате могут быть затоплены значительные территории суши. Это может отразиться не только на экономике, но и на состоянии экосистем: может сократиться видовое разнообразие, уменьшиться площадь лесов, начаться необратимое разрушение экосистем [7].

4.2. Истощение озонового слоя

Озон – газ, трехатомные молекулы которого содержат атомы кислорода. Он рассеян над Землей на высоте 15–50 км. Озоновая защита от космического излучения невелика – всего 3 млрд. т. газа с максимальной концентрацией на высоте 20–25 км. Если гипотетически сжать эту оболочку при нормальном атмосферном давлении, то получится слой толщиной в 3 мм.

Главные факторы разрушения озонового слоя: запуски ракет; полеты самолетов в высоких слоях атмосферы; испытания ядерного и термоядерного оружия; уничтожение лесов – естественного источника озона; массовое применение фреонов в технике и быту.

Основные озоноразрушающие вещества (ОРВ) – это фреоны или фторхлоруглеводороды.

Потребление их в России в 1992 г. составило:

- холодильники и кондиционеры – 27%;

- органические растворители – 14%;
- производство полимерных материалов, содержащих галогены – 11%;
- огнетушители – 2%;
- аэрозоли различного назначения – 46%.

Механизм действия фреонов. Сами по себе фреоны инертны, но, попадая в верхние слои атмосферы, под действием УФ-излучения разрушаются с образованием свободных радикалов атомов галогенов. Радикалы хлора или фтора взаимодействуют с озоном, продуктом этой реакции является кислород. Процесс имеет цепной характер, и активности 1 моля хлора хватает, чтобы разрушить десятки тысяч моль озона. В этих реакциях участвуют также оксид азота (IV) и твердые частицы (пыль) и аэрозоли. Процесс разрушения озона на поверхности частиц протекает при низкой температуре. Этим объясняется снижение концентрации озона в высоких широтах.

Согласно данным ООН, сокращение озонового слоя на 1% означает появление в мире 100 тыс. новых случаев катаракты и 10 тыс. случаев рака кожи. Потеря каждого процента озона в атмосфере может привести к увеличению заболеваемости; потеря 4–5% – к снижению иммунитета человека и животных. Истощение озонового слоя приводит также к усилению парникового эффекта и снижению урожайности, а также деградации почв.

В 1985 г. в Вене была принята Конвенция об охране озонового слоя, а в 1987 г. в Монреале подписан Международный Протокол о сокращении выбросов ОРВ и, прежде всего, фреонов. Несмотря на принятые меры, озоновый слой продолжает сокращаться с более высокой скоростью, чем предполагалось – в пределах 0,5–0,7% в год от общего содержания. В отдельных районах количество озона в верхних слоях атмосферы сократилось в еще большей степени – в Антарктиде за период с 1979 по 1992 гг. примерно на 50%.

Продолжительность жизни озона очень мала: от нескольких часов до нескольких месяцев. Время существования фреонов в атмосфере – гораздо больше и составляет десятки лет. Если поступление фреонов в атмосферу прекратится, восстановление озона займет очень долгое время (условия, а также содержание

озона, которое имело место 30 лет назад, восстановятся к середине XXI века) [7].

4.3. Антропогенное воздействие на ближний космос

Околоземное космическое пространство (ОКП) защищает все живое от жесткого ультрафиолетового излучения Солнца; оно играет важную роль в солнечно-земных взаимосвязях, от которых зависят условия жизни на Земле.

Антропогенное воздействие на ОКП связано с началом космической эры и насчитывает несколько десятилетий. Эта среда уязвима, так как количество вещества в ней значительно меньше и энергетика процессов слабее, чем в приземной атмосфере. Эти обстоятельства определяют опасность антропогенного воздействия на ОКП.

Кроме угрозы изменения этой среды, есть другие последствия. Бесконтрольное использование ОКП привело к его загрязнению большим количеством мусора, состоящего из фрагментов использования технических средств. Общая их масса более 3 тыс. т. Основная опасность этих фрагментов состоит в возможности столкновения с ними космических аппаратов. Фрагменты мусора накапливаются на высотах более 400 км, они занесены в соответствующий каталог и за ними ведется наблюдение. Существует большое количество очень мелких осколков (размером менее 10 см).

При сохранении нынешних темпов загрязнения общее количество твердых частиц размером 1–10 см вырастет за 100 лет в два с лишним раза.

Выделяют следующие виды воздействия человека на ОКП:

- 1) выброс химических веществ в результате работы ракетных двигателей;
- 2) энергетические и динамические возмущения вследствие полетов ракет;
- 3) загрязнение твердыми фрагментами;
- 4) электромагнитное излучение радиопередающих и других промышленных систем;

- 5) проникновение веществ из приземной атмосферы;
- 6) радиоактивное излучение от ядерных установок на космических аппаратах.

Наиболее опасен выброс химических веществ. В основном это газообразные продукты горения ракетного топлива. Они имеют высокую температуру вблизи сопла ракеты, а затем быстро охлаждаются.

Главные продукты выброса ракет – вода и углекислый газ. Например, в результате полета одной ракеты «Протон» в ОКП поступает 100 т. воды и более 90 т. углекислого газа. На высоте 90–100 км молекулы воды подвергаются фотодиссоциации под действием УФ-лучей с образованием свободных радикалов.

Молекулы воды и углекислого газа взаимодействуют с ионами кислорода ионосферы. Вследствие этого резко возрастает скорость рекомбинации ионосферной плазмы и снижается концентрация заряженных частиц. Таким образом, образуются «ионосферные дыры».

Углекислый газ играет важную роль в тепловом балансе термосферы, и увеличение его содержания приводит к нарушению баланса.

Запуск космических аппаратов приводит к уменьшению концентрации озона. При ежемесячных запусках «Шаттла» в течение 4 лет содержание озона снизилось на 0,3% для средних широт и на 0,4–0,6% – для высоких широт. Антропогенное выделение энергии при воздействии на ОКП составляет 10% от естественного содержания. Радиоактивное загрязнение приводит к осаждению радиоактивных веществ из ближнего космоса в приземную атмосферу и далее на поверхность Земли [7, 8].

4.4. Кислотные дожди

Термин «кислотные дожди» ввел в 1872 г. английский инженер Роберт Смит в книге «Воздух и дождь: начала химической климатологии». При сжигании любого вида топлива в составе выделяющихся газов содержатся оксид серы (IV) и оксид азота (IV). Взаимодействие оксидов серы и азота с парами воды приводит к образованию соответствующих кислот. Кислотные дожди содержат азотную и серную кислоты или их соли. На северо-

востоке США примерно 15–30% кислотных дождей определяется азотной кислотой; в Калифорнии 57% приходится на азотную кислоту, а 43% – на серную кислоту. Часто осадки содержат сульфаты кальция и магния.

В США pH дождевой воды колеблется от 4,2 до 4,5. Мировой рекорд принадлежит Шотландии, где pH дождевой воды составил 2,4. Для России значение pH дождевой воды составляет от 5,7 (побережье Арктики) до 7,0 (Урал).

Наибольшее влияние кислотные дожди оказывают на водоёмы и живые организмы, их населяющие. Кислая вода влияет на процессы размножения рыб, земноводных, беспозвоночных. В 1975 г. 51% озер США имели pH воды менее 5,0; в 90% этих озер рыба совершенно отсутствовала.

Многие виды земноводных размножаются во временных водоемах, возникающих весной. Вода в них более кислая, чем в постоянных водоемах, поскольку они пополняются только за счет дождевой воды.

Кислотность (pH) воды меняется в разных водоемах в зависимости от состава подстилающих пород. Если бассейн озера образован гранитами или гнейсами, вода в нем более мягкая и подвержена действию кислотных дождей. Если бассейн озера выстилают осадочные породы (известняк), то вода в них более жесткая и обладает буферной емкостью, препятствующей снижению pH воды. Аналогичную роль выполняет почва, окружающая озеро.

Земля и растения также страдают от кислотных дождей: снижается продуктивность почв; сокращается поступление питательных веществ; меняется состав почвенной микрофлоры.

Большой вред наносят кислотные дожди лесам. Леса высыхают или развивается «суховершинность» на больших площадях. Кислота увеличивает подвижность алюминия в почвах, а соединения алюминия токсичны для растущих корней. Это приводит к угнетению листвы, хвои и к хрупкости ветвей. Особенно страдают хвойные породы, т.к. хвоя сменяется реже, чем листья, и поэтому накапливает больше веществ за один и тот же период. Хвойные деревья желтеют, у них становится редкой крона, повреждаются мелкие корни. Лиственные деревья меняют окраску,

преждевременно сбрасывают листья, гибнет часть кроны, повреждается кора.

Действие кислотных дождей на леса характеризуется особенностями:

1) в большинстве случаев поврежденные леса находятся на возвышенностях; значительную часть года их окутывает туман, облака (рН воды составляет 3,5 и менее);

2) в высокогорных лесах наблюдается тенденция к повышению кислотности почвы, поскольку толщина почвенного слоя мала и в нем содержится мало органики;

3) химический анализ листьев и хвои показывает, что в них на 10% больше серы по сравнению со здоровыми деревьями;

4) анализ атмосферы лесов свидетельствует о высоком содержании озона в воздухе. Это является косвенным подтверждением наличия в воздухе оксидов азота, поскольку последние при взаимодействии с углеводородами дают озон. В качестве углеводородов выступают терпены, выделяемые хвойными породами [9].

5. Основные мероприятия по защите атмосферы

5.1. Классификация выбросов в атмосферу

Выбросы в атмосферу классифицируют:

1) по агрегатному состоянию вредных веществ. К ним относят газообразные вещества: SO_2 , CO_2 , CO , NO_x и др.; жидкие вещества (растворы кислот, щелочей, солей, органических соединений и др.); твердые вещества (металлы и их оксиды в виде пыли, органические вещества, сажа).

2) по массовому выбросу (т/сут): 1-я группа – менее 0,01; 2-я – 0,01–0,1; 3-я – 0,1–1,0; 4-я – 1,0–10,0; 5-я – 10,0–100,0; 6-я группа – более 100,0.

3) по размерам частиц. **Жидкие выбросы** делят на группы: 1-я – супертонкий туман (размеры частиц – до 0,5 мкм); 2-я – тонкодисперсный (0,5–3,0 мкм); 3 – грубодисперсный (3,0–10,0 мкм); 4 – брызги (размеры частиц более 10,0 мкм). **Твердые**

выбросы делят на следующие классы: 1-й – размер частиц до 1,0 мкм; 2-й – 1,0–10,0; 3-й – 10,0–50,0; 4-й – размер частиц более 50,0 мкм [7].

5.2. Методы снижения и предотвращения выбросов загрязнителей в атмосферу

1. Снижение выбросов углекислого газа. В России предложен способ утилизации CO_2 с применением новых технологий. Углекислый газ извлекают из дымовых газов, используя метод газоразделения с помощью ионообменных мембран. Концентрацию CO_2 доводят до 98,0–99,0%.

На следующей стадии CO_2 смешивают с парами воды и подвергают смеси электрохимическому разложению. При 1100 °С на аноде выделяется кислород, а на катоде – смесь газов CO и H_2 , то есть «синтез-газ», который служит сырьем для производства углеводородов (синтетический бензин, дизельное топливо). «Синтез-газ» используется также для бескоксового производства чугуна и стали.

В России в Институте нефтехимического синтеза разработаны технологии получения метанола и диметилового эфира из CO_2 , увеличивающие в 2–3 раза производительность аппаратов.

Введение данных технологий позволит снизить накопление CO_2 в атмосфере и синтезировать альтернативное топливо и сырье для получения органических веществ.

2. Снижение выбросов фтор- и хлоруглеводородов. С 1996 г. промышленно развитые страны прекратили производство фреонов и других озоноразрушающих веществ (ОРВ). С 1990 по 1996 гг. производство ОРВ в России снизилось более, чем в 10 раз (с 205 до 13 000 т). В промышленности принимаются активные меры по замене фреонов на пропан-бутановую смесь и циклопентан.

Институтом общей физики РАН предложен источник разрушения фтор- и хлоруглеводородов в атмосфере при воздействии микроволновым разрядом. Образующаяся плазма избирательно очищает атмосферу от фреонов, не нанося вреда другим компонентам. Для создания в атмосфере плазменного разряда исполь-

зуют «микроволновые пушки». Применяя этот метод и оборудование, можно очистить атмосферу за один год, имея в качестве источника энергии один блок АЭС мощностью 10 ГВт [8].

5.3. Снижение токсичности выхлопных газов автотранспорта

1. Совершенствование двигателя внутреннего сгорания. Автомобили ведущих фирм Европы и США выбрасывают в атмосферу в настоящее время в 10–16 раз меньше вредных веществ, чем в 80-х гг. XX в. Этому способствовали такие нововведения, как двигатели, работающие на переобедненных смесях, многоклапанные системы перераспределения, впрыск топлива вместо карбюраторного смесеобразования, электронное зажигание. При запуске холодного двигателя используются автоматы пуска и прогрева; на режимах торможения применяют устройство принудительного холостого хода (отключение подачи топлива).

Для уменьшения выбросов оксидов азота используется рециркуляция: часть отработанных газов снова поступает в двигатель, при этом понижается температура сгорания и оксидов азота образуется меньше.

Автомобиль можно сделать экономически более чистым, применяя электронные системы управления, оптимизирующие работу двигателя, тормозов и других агрегатов.

2. Повышение качества автомобильных бензинов. В большинстве стран мира этилированный бензин в настоящее время не используют. Применяют добавки, не содержащие свинца и не снижающие качества бензина: метилтретичнобутиловый эфир (МТБЭ); этанол; бутанол. Наиболее распространенная добавка – МТБЭ, применение которого снижает содержание СО в выхлопных газах на 10–20%, несгоревших углеводородов – на 5–10%, других вредных летучих соединений на 13–17%.

Разработаны катализаторы, позволяющие проводить перегонку нефти с получением чистых, высокооктановых фракций без каких-либо добавок.

3. Автомобили на газе. Перевод автомашин на газовое топливо позволит почти в 100 раз снизить выбросы в атмосферу кан-

церогенных веществ. Сократится расход нефтепродуктов: каждая тысяча газобаллонных автомобилей сэкономит на грузовых перевозках 12 тыс. т, на пассажирских – 30 тыс. т. бензина в год. Газовое топливо не требует присадок; оно продлевает срок службы двигателя в 1,5 раза; снижает вредные выбросы на 10%.

4. Использование водорода в качестве топлива. Характеристики водорода как моторного топлива уникальны: высокая теплота сгорания (в 3 раза выше, чем у бензина); безвредность отработанных газов; высокая скорость сгорания (в 4 раза выше, чем у смеси «бензин-воздух»). Водород получают паровой каталитической конверсией метана при 850 °С или электролитическим методом.

Разработан автомобиль, где окисление водорода происходит в электрохимическом генераторе, который вырабатывает электроэнергию. В генераторе используются полимерные мембраны, температура процесса 100 °С. Это исключает синтез оксидов азота. КПД такого двигателя достигает 70% (КПД ДВС 25–45%).

5. Электромобиль. Интерес к этому виду транспорта возник в 1973 г. Вызвано это было не только энергетическими, но и экологическими проблемами. В США в 1993 г. в Калифорнии вступил в силу закон, предусматривающий обязательный выпуск национальными производителями не менее 2% электромобилей.

В Швеции создан 15-тонный грузовик, в двигателе которого совмещен электромотор с газовой турбиной. Электромотор используется на улицах городов, турбина – на загородных шоссе. Максимальная скорость 110 км/ч. Газовая турбина работает на этаноле (можно использовать метанол, природный газ).

6. Нейтрализаторы отработанных газов. Нейтрализатор – дополнительное устройство, которое соединено с выхлопной системой двигателя с целью снижения токсичности выхлопных газов. Применяют нейтрализаторы жидкостные, каталитические, комбинированные и фильтры.

Принцип действия *жидкостных нейтрализаторов* основан на растворении или химическом взаимодействии токсичных компонентов выхлопных газов при пропускании через воду, раствор сульфата натрия, бикарбоната натрия. Пропускание отработанных газов дизелей через воду приводит к уменьшению запаха,

альдегиды поглощаются на 50%, сажа – на 60–80%. Недостаток этих нейтрализаторов – частая смена растворов, неэффективность по отношению к оксиду углерода (II), большая масса и размеры.

Каталитические нейтрализаторы снижают токсичность выхлопных газов за счет химических реакций, протекающих на поверхности твердого катализатора (в качестве катализаторов используют платину, палладий, рутений; оксиды меди, хрома, никеля, марганца, алюминия). Каталитические нейтрализаторы снижают содержание в выхлопных газах CO на 80%, углеводородов – на 70%; оксидов азота – на 50%. Процесс окисления протекает при прохождении отработанных газов через слой катализатора – керамические гранулы, покрытые благородным металлом или оксидом металла. Каталитические нейтрализаторы выполняются в виде двухкамерного реактора. В одной камере происходит окисление CO и углеводородов, в другой – восстановление NO_x. Такие нейтрализаторы селективны и долговечны. Единственный недостаток – возможность «отравления» катализатора соединениями серы или свинца.

Комбинированные нейтрализаторы представляют собой соединенные последовательно жидкостной и каталитический нейтрализаторы.

Для улавливания сажи дизельных ДВС наибольшее применение находят **фильтры**. Они выполняются в виде нескольких пористых перегородок; обладают механической прочностью и стойкостью к агрессивным средам и высокой температуре [8].

6. Очистка выбросов в атмосферу

6.1. Очистка от твердых частиц (пыли)

Классификация пылеулавливающего оборудования основана на особенностях отделения твердых частиц от газовой фазы:

1. Оборудование для улавливания пыли «сухим» способом. К нему относят циклон; ротационный, вихревой и радиальный пылеуловители; жалюзийный пылеотделитель; электрофильтр и фильтр.

2. Оборудование для улавливания пыли «мокрым» способом: скруббер; пенные и ударно-инерционные аппараты.

Обычно применяют пылеуловители пяти классов (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Классы пылеуловителей и их характеристики

Класс пылеуловителя	Размеры улавливаемых частиц, мкм	Группа пыли по дисперсности	Эффективность работы аппарата, %
I	Более 0,3	V IV	80 80–99
II	Более 2	IV III	45–92 92–99
III	Более 4	III II	80–99 99
IV	Более 8	II I	95–99 99
V	Более 20	I	99

Широкое применение для сухой очистки газов получили **циклоны** (рис. 6.1). Газовый поток вводится в циклон через патрубок (2) по касательной к внутренней поверхности корпуса (1) и совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса к бункеру (4). Под действием центробежной силы частицы пыли образуют на стенке циклона пылевой слой, который вместе с частью газа попадает в бункер. Отделение частиц пыли от газа, попавшего в бункер, происходит при повороте газового потока в бункере на 180°. Освободившись от пыли, газовый поток образует вихрь и выходит из бункера, давая начало вихрю газа, покидающему циклон через выходную трубу (3). Для нормальной работы циклона необходима герметичность. Производительность аппарата прямо пропорциональна его внутреннему диаметру.

Для очистки больших масс газов применяют батарейные циклоны, состоящие из большого числа параллельно установленных циклонных элементов. Конструктивно они объединяются в один корпус и имеют общий подвод и отвод газа.

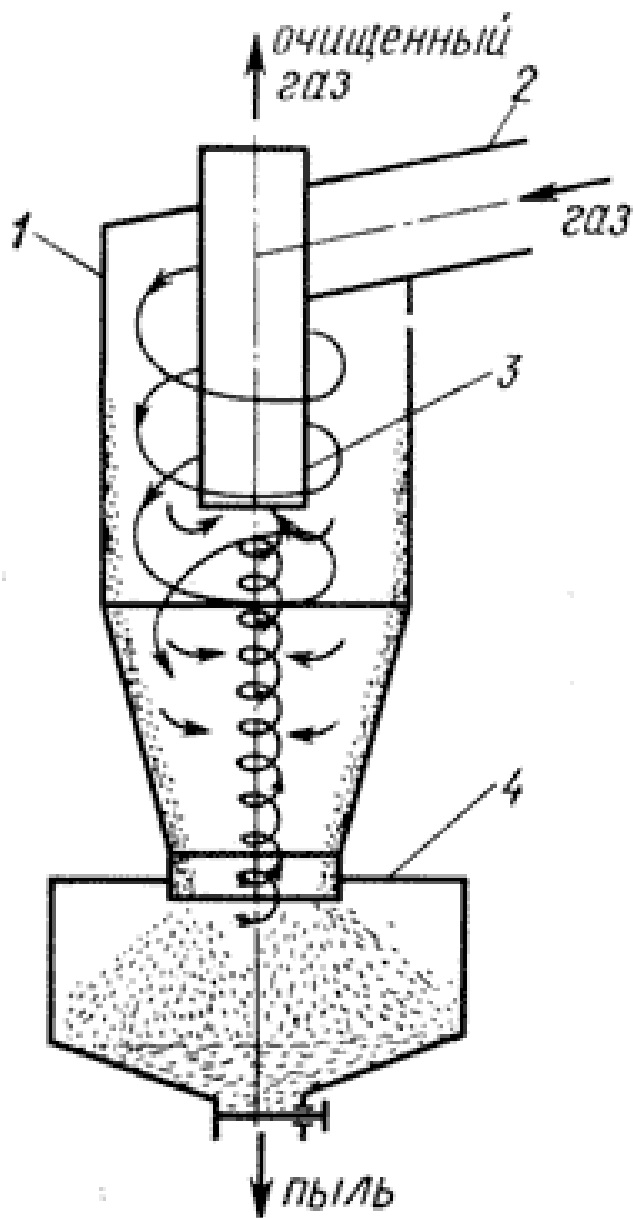


Рис. 6.1. Циклон:
 1 – корпус; 2 – патрубок для ввода загрязненного газа;
 3 – выходная труба; 4 – бункер для сбора пыли

Ротационные пылеуловители (рис. 6.2) относят к аппаратам центробежного действия, которые одновременно с перемещением воздуха очищают его от фракций пыли, крупнее 5 мкм. Они обладают большой компактностью, так как вентилятор и пылеуловитель совмещены в одном агрегате. При работе вентиляторного колеса (1) частицы пыли за счет центробежных сил отбрасываются к стенке спиралеобразного кожуха (2) и движутся по ней в направлении выхлопного отверстия (3). Газ, обогащен-

ный пылью, через выхлопное отверстие отводится в пылевой бункер, а очищенный газ поступает в выхлопную трубу (4). Ротационные пылеуловители обеспечивают высокую эффективность очистки воздуха при улавливании сравнительно крупных частиц пыли (свыше 20–40 мкм).

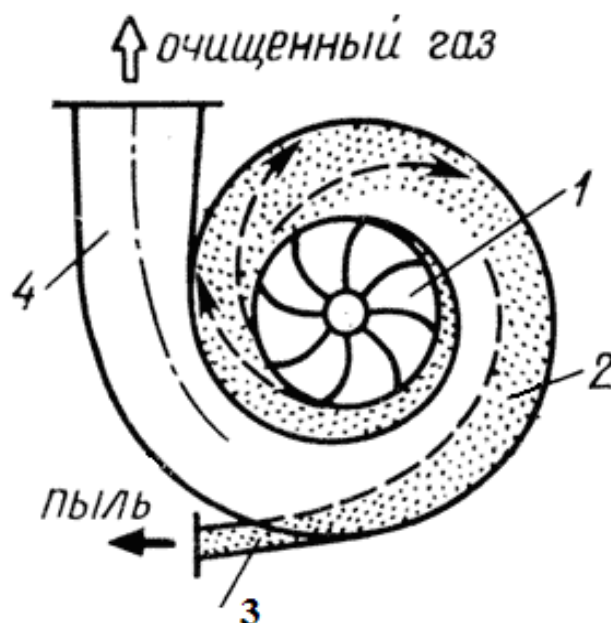


Рис. 6.2. Пылеуловитель ротационного типа:
1 – вентиляторное колесо; 2 – кожух;
3 – пылеприемное отверстие; 4 – выхлопная труба

Вихревые пылеуловители (ВПУ) также относят к аппаратам центробежного действия. Отличительная особенность ВПУ – высокая эффективность очистки газа от тончайших фракций пыли ($< 3\text{--}5$ мкм), что позволяет им в отдельных случаях конкурировать с фильтрами (рис. 6.3).

Процесс очистки происходит следующим образом: запыленный газ поступает в камеру (5) через изогнутый патрубок (4). Для предварительного закручивания запыленного газа в камеру (5) встроен лопаточный завихритель типа "розетки" (2). В ходе своего движения вверх к выхлопному патрубку (6) газовый поток подвергается действию вытекающих из завихрителя (1) струй вторичного воздуха, которые придают потоку вращательное движение. Под действием центробежных сил частицы пыли устремляются к периферии потока, откуда спиральными струями вторичного воздуха перемещаются к низу аппарата в кольцевое

межтрубное пространство. Безвозвратный спуск пыли в бункер обеспечивается подпорной шайбой (3). Вторичный воздух в ходе спирального обтекания потока очищаемого газа постепенно проникает в него.

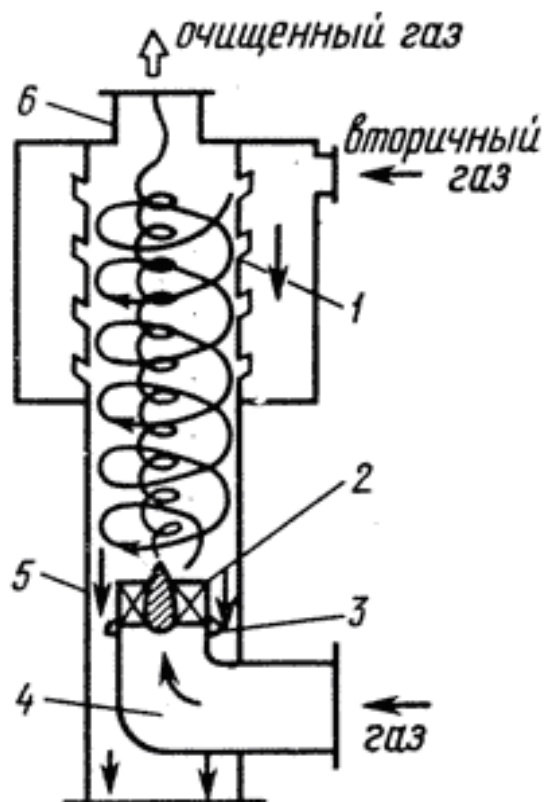


Рис. 6.3. Вихревой пылеуловитель:

- 1 – завихритель вторичного газа; 2 – завихритель первичного (очищаемого) газа; 3 – подпорная шайба;
4 – патрубок для подачи очищаемого газа;
5 – камера пылеуловителя; 6 – выхлопной патрубок

Оптимальное количество вторичного воздуха находится в пределах 40–60% от количества очищаемого газа. В качестве вторичного потока может быть использован воздух окружающей среды, очищенный газ, запыленный газ. С экономической точки зрения наиболее выгодно использование загрязненного газа. В этом случае производительность установки повышается на 40–65% без заметного снижения эффективности очистки.

В **радиальных пылеуловителях** (рис. 6.4.) отделение твердых частиц от газового потока происходит при совместном действии гравитационных и инерционных сил. Инерционные силы

возникают при повороте газового потока на 180° за срезом входной трубы (2). Средняя скорость подъема газа ω_r в корпусе (1) обычно не более 1 м/с. При этом для оседающих частиц должно выполняться условие $\omega_v > \omega_r$, где ω_v – скорость витания частиц. Эффективность очистки газа от частиц размером 25–30 мкм обычно составляет 65–85%. Из-за малой эффективности радиальные пылеуловители не применяют для очистки от мелкодисперсной пыли.

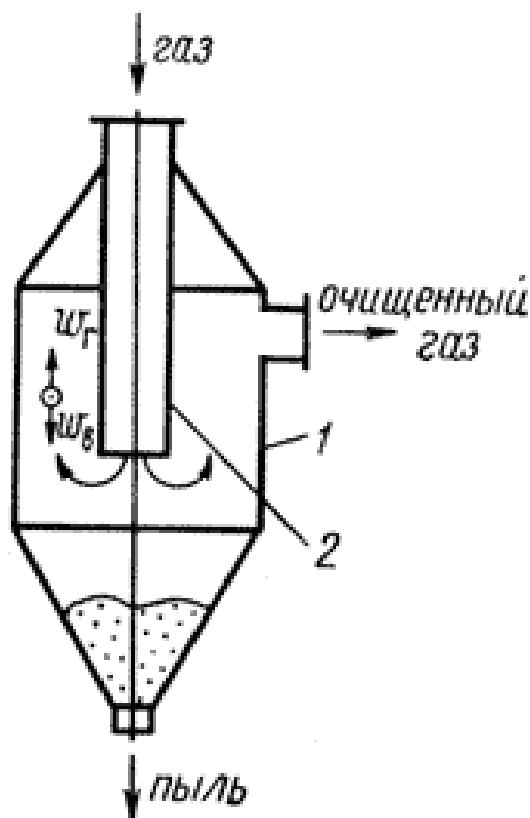


Рис. 6.4. Радиальный пылеуловитель:

1 – корпус аппарата; 2 – входная труба для очищаемого газа

Для разделения газового потока на очищенный газ и газ, обогащенный пылью, используют **жалюзийный пылеотделитель** (рис. 6.5). На жалюзийной решетке (1) газовый поток расходом Q разделяется на два потока расходом Q_1 (80–90% основного потока) и Q_2 (10–20% основного потока). Отделение частиц пыли от основного газового потока на жалюзийной решетке происходит под действием инерционных сил, возникающих при повороте газового потока на входе в жалюзийную решетку, а также за счет эффекта отражения частиц от поверхности решетки при соударе-

нии. Жалюзийные пылеотделители отличаются простотой конструкции и располагаются в газоходах, обеспечивая эффективность очистки 80% для частиц размером более 20 мкм. Они применяются для очистки дымовых газов от крупнодисперсной пыли при температуре 450–600 °С.

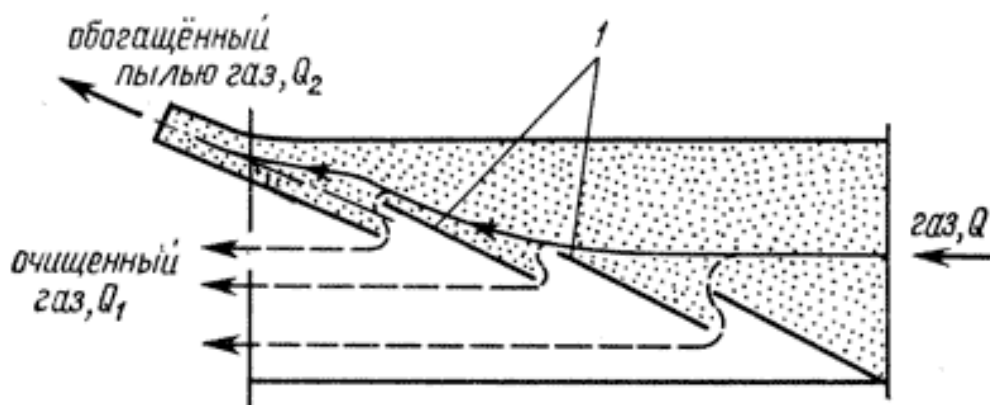


Рис. 6.5. Жалюзийный пылеотделитель:
1 – жалюзийная решетка

Электрофилтры. Электрическая очистка – это процесс, основанный на ударной ионизации газа в зоне электрического разряда, передаче заряда ионов частицам примесей и осаждении последних на электродах.

Загрязненные газы, поступающие в электрофилтр, частично ионизированы за счет различных внешних воздействий (нагрева газа, рентгеновских, космических лучей, радиоактивного излучения), поэтому они способны проводить ток, попадая в пространство между двумя электродами.

В зазоре между коронирующим (1) и осадительным (2) электродами (рис. 6.6) создается электрическое поле убывающей напряженности с силовыми линиями (3), направленными от осадительного к коронирующему электроду или наоборот. Напряжение к электродам подается от выпрямителя. Аэрозольные частицы, поступающие в зону между коронирующим и осадительным электродами, адсорбируют на своей поверхности ионы, приобретая электрический заряд, и получают тем самым ускорение, направленное в сторону электрода с зарядом противоположного знака. Учитывая, что в воздухе и дымовых газах подвижность отрицательных ионов выше, чем положительных, электрофилтры

обычно делают с короной отрицательной полярности. Движение заряженных частиц к осадительному электроду происходит под действием аэродинамических сил, силы взаимодействия электрического поля и заряда частицы, силы тяжести.

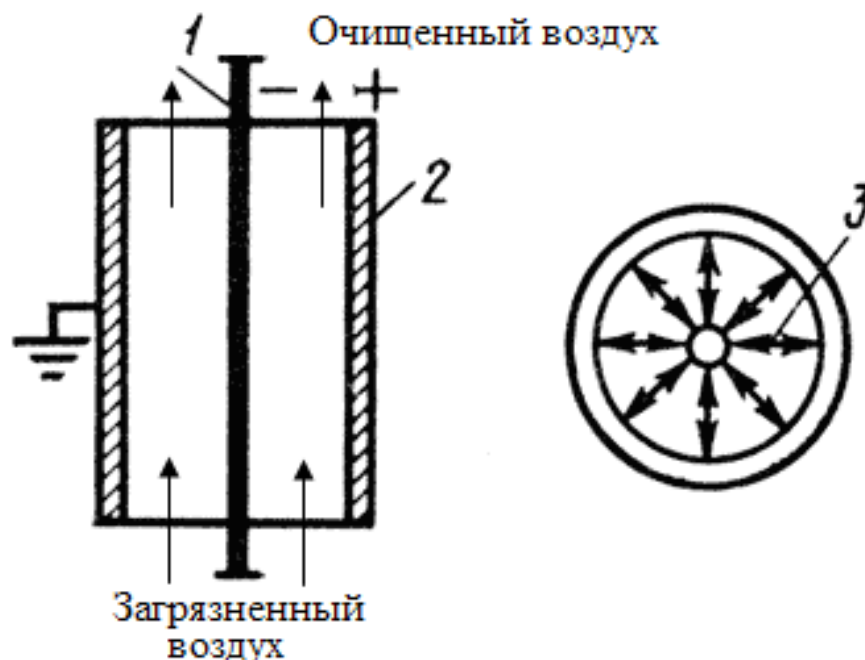


Рис. 6.6. Схема электрофильтра:
 1 – коронирующий электрод; 2 – осадительный электрод;
 3 – силовые линии электрического поля

Объем внешней зоны коронного разряда во много раз больше объема внутренней зоны, поэтому большинство частиц пыли получает заряд отрицательного знака. Следовательно, основная масса пыли осаждается на положительном электроде, относительно небольшая – на отрицательном.

Фильтры широко используются для тонкой очистки газовых выбросов от примесей с концентрацией не более 50 мг/м^3 .

Процесс фильтрования состоит в задержании частиц примесей на пористых перегородках при движении через них дисперсных сред. Принципиальная схема процесса фильтрования показана на рис. 6.7. Фильтр представляет собой корпус (1), разделенный пористой перегородкой (фильтроэлементом) (2) на две полости. В фильтр поступают загрязненные газы, которые очищаются при прохождении фильтроэлемента. Частицы примесей

оседают на входной части пористой перегородки и задерживаются в порах, образуя на поверхности перегородки слой (3), и таким образом становятся для вновь поступающих частиц частью фильтровой перегородки, что увеличивает эффективность очистки газа. Осаждение частиц на поверхность пор фильтра происходит в результате совокупного действия эффекта касания, диффузионного, инерционного и гравитационного процессов.

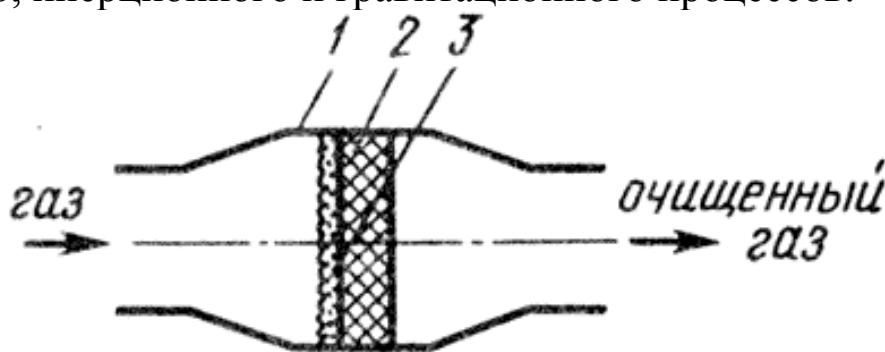


Рис. 6.7. Схема процесса фильтрации:
1 – корпус фильтра; 2 – фильтроэлемент; 3 – слой пыли

По типу перегородки фильтры подразделяются на следующие группы:

- 1) с зернистыми слоями (неподвижные свободно насыпанные зернистые материалы);
- 2) с гибкими пористыми перегородками (ткани, войлоки, губчатая резина, пенополиуретан);
- 3) с полужесткими пористыми перегородками (вязаные и тканые сетки, прессованные спираль или стружка и др.);
- 4) с жесткими пористыми перегородками (пористая керамика и пористые металлы).

Перегородки фильтров, выполненные из металлических материалов, имеют преимущества: они могут использоваться для очистки горячих газов (до 800°C).

Аппараты «мокрой» очистки газов имеют широкое распространение, так как характеризуются высокой эффективностью очистки от мелкодисперсной пыли с размером частиц 0,3–1,0 мкм, а также возможностью очистки от пыли горячих и взрывоопасных газов. Однако «мокрые» пылеуловители обладают рядом недостатков, ограничивающих область их применения: образование в процессе очистки шлама, что требует специальных сис-

тем его переработки; вынос влаги в атмосферу и образование отложений в отводящих газоходах при охлаждении газов до температуры точки росы; необходимость оборотных систем подачи воды в пылеуловитель.

Аппараты «мокрой» очистки работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность либо капель жидкости, либо на поверхность пленки жидкости. Осаждение частиц пыли на жидкость происходит под действием сил инерции, броуновского движения диффузии, при взаимодействии электрически заряженных частиц, на процесс влияет также испарение и конденсация. Конструктивно данные аппараты разделяют на скрубберы Вентури, аппараты ударно-инерционного типа, барботажно-пенные аппараты. Наибольшее применение находят скрубберы.

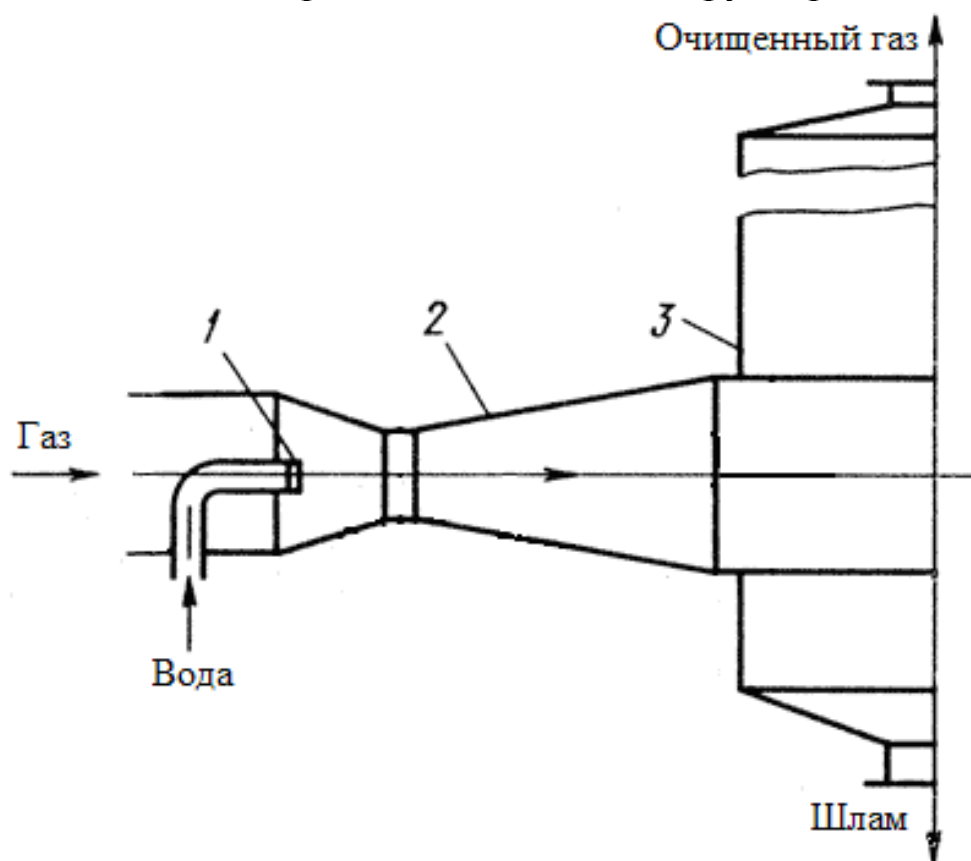


Рис. 6.8. Скруббер Вентури:

1 – центробежные форсунки; 2 – сопло; 3 – каплеуловитель

Основная часть скруббера Вентури (рис. 6.8) – сопло (2), в конфузную часть которого вводится запыленный поток газа и через центробежные форсунки (1) – жидкость на орошение. В

конфузорной части сопла происходит разгон газа до скорости 200 м/с. Процесс осаждения частиц пыли на капли жидкости обусловлен массой жидкости, развитой поверхностью капель и высокой скоростью частиц жидкости и пыли в конфузорной части сопла. В диффузорной части сопла поток тормозится до скорости 20 м/с и подается в каплеуловитель (3). Каплеуловитель обычно выполняют в виде прямоточного циклона. Скрубберы Вентури обеспечивают высокую эффективность очистки аэрозолей со средним размером частиц 1-2 мкм при начальной концентрации примесей до 100 г/м^3 . Удельный расход воды на орошение при этом составляет $0,1\text{--}6,0 \text{ л/м}^3$.

Аппараты ударно-инерционного типа (рис. 6.9) работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхности жидкости при повороте газового потока на 180° при скорости 20-25 м/с. Хорошо задерживаются частицы размером более 20 мкм. Основное преимущество аппарата – малый расход воды. Устройство аналогично радиальному пылеуловителю.

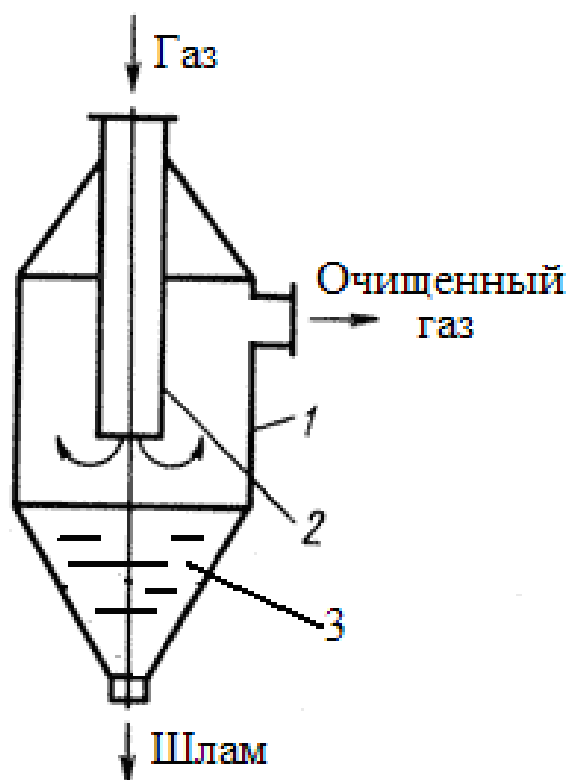


Рис. 6.9. Аппарат ударно-инерционного типа:
*1 – корпус аппарата; 2 – входная труба для очищаемого газа,
 3 – загрязненная жидкость*

Барботажно-пенные пылеуловители (рис. 6.10). Это аппараты, в которые газ для очистки поступает под решетку (3), проходит через отверстия и слой жидкости и пены (2). Частицы пыли поглощаются жидкостью, а также адсорбируются на внутренней поверхности газовых пузырей. Режим работы аппарата зависит от скорости подачи воздуха под решетку. При скорости до 1,0 м/с осуществляется барботажный режим работы. Дальнейший рост скорости подачи газа под решетку до 2,0–2,5 м/с сопровождается возникновением пенного слоя, что приводит к повышению эффективности очистки [8].

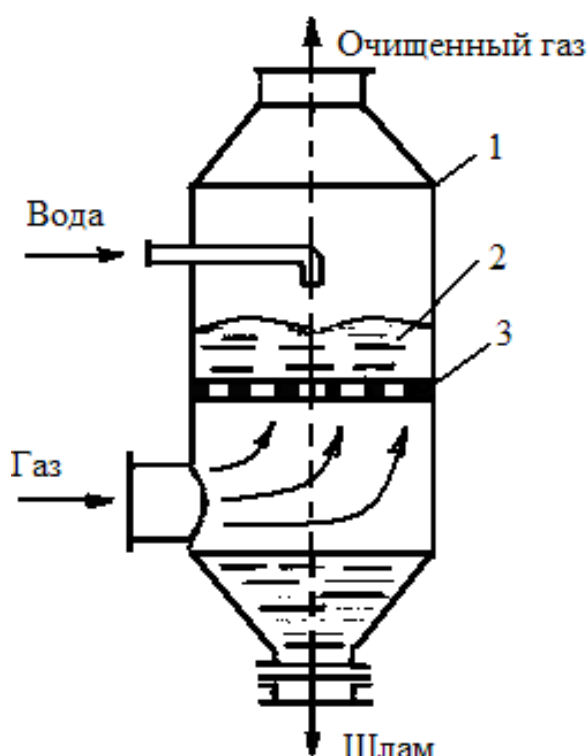


Рис. 6.10. Барботажно-пенный пылеуловитель:
1 – корпус аппарата, 2 – слой жидкости и пены, 3 – решетка

6.2. Очистка выбросов от газообразных и парообразных загрязнений

Методы очистки выбросов от газообразных загрязнений по характеру протекающих физико-химических процессов делят на пять основных групп:

1. Промывка выбросов растворителями примесей (абсорбция);
2. Промывка выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически (хемосорбция);
3. Поглощение газообразных примесей твердыми активными веществами (адсорбция);
4. Термическая нейтрализация отходящих газов;
5. Каталитическая нейтрализация.

1. Метод абсорбции. Метод заключается в разделении газовой смеси на составные части путем поглощения одного или нескольких газовых компонентов жидким поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора.

Устройство противоточной насадочной башни (абсорбера) приведено на рис. 6.11. Загрязненный газ (4) входит в нижнюю часть башни, а очищенный (3) покидает ее через верхнюю часть, куда при помощи одного или нескольких разбрызгивателей (2) вводят чистый растворитель (5). Из нижней части отбирают отработанный раствор (6). Жидкость, покидающую абсорбер, подвергают регенерации, десорбируя загрязняющее вещество, и возвращают в процесс или выводят в качестве отхода. Химически инертная насадка (1), заполняющая внутреннюю полость колонны, предназначена для увеличения поверхности жидкости, растекающейся по ней в виде пленки. В качестве насадки используют

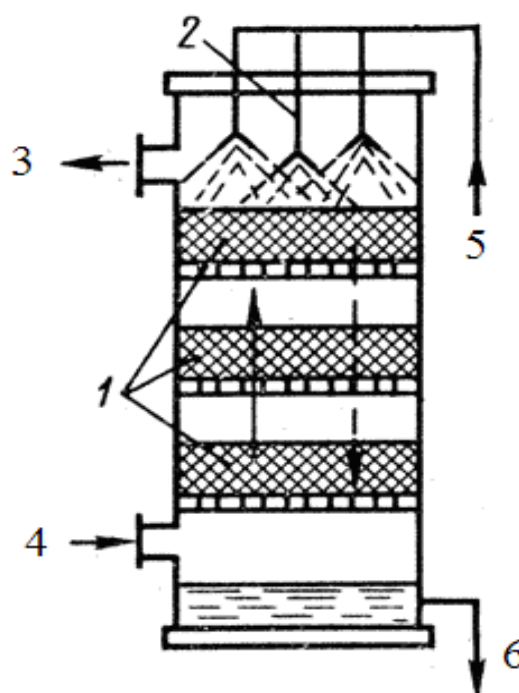


Рис. 6.11. Абсорбер:
 1 – поглощающая насадка,
 2 – форсунки для распыления
 растворителя, 3 – выход очищенного
 газа, 4 – подача газа на очистку,
 5 – подача растворителя,
 6 – слив загрязненного растворителя

в процесс или выводят в качестве отхода. Химически инертная насадка (1), заполняющая внутреннюю полость колонны, предназначена для увеличения поверхности жидкости, растекающейся по ней в виде пленки. В качестве насадки используют

тела различной геометрической формы, изготовленные из керамики, пластмассы, металлов.

2. Метод хемосорбции основан на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием малолетучих или малорастворимых химических соединений. Поглотительная способность хемосорбента не зависит от давления, поэтому данный метод выгоден при небольшой концентрации примесей. Большинство реакций хемосорбции экзотермические и обратимые, поэтому при повышении температуры раствора образующееся химическое соединение разлагается с выделением исходных компонентов. На этом основан механизм десорбции.

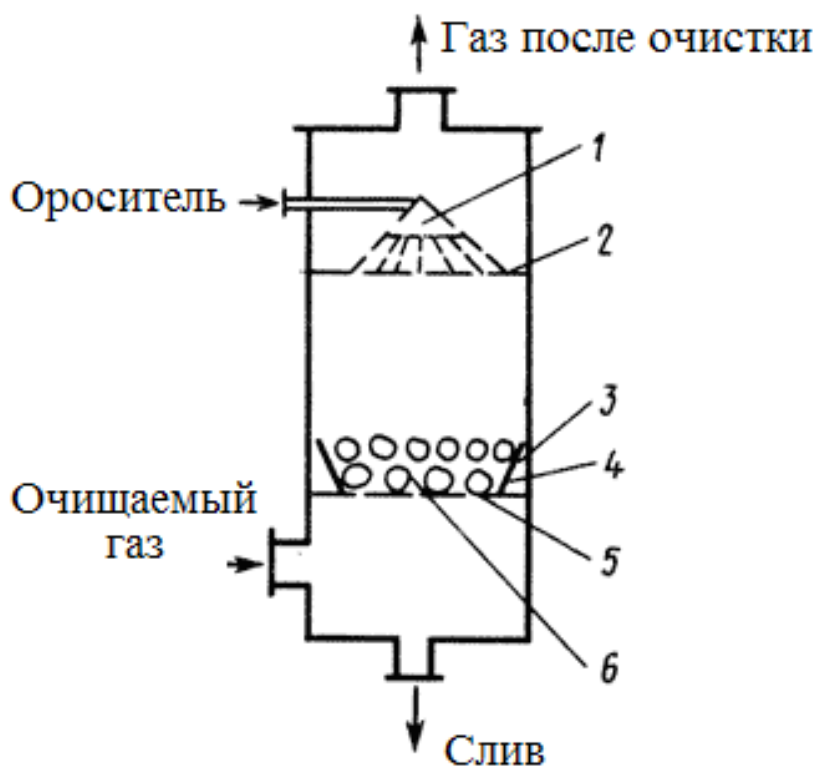


Рис. 6.12. Башня с подвижной насадкой:

1 – жидкость для орошения, 2 – решетка, 3 – корпус аппарата, 4 – емкость с адсорбентом, 5 – опорная решетка, 6 – адсорбент

Основным видом аппаратуры для реализации процессов хемосорбции служат насадочные башни. В промышленности распространены скрубберы с подвижной насадкой. К их достоинствам относят высокую эффективность и большую пропускную способность по газу. На рис. 6.12 показана принципиальная схема скруббера (башни) с подвижной насадкой. В верхней части аппа-

рата установлен ороситель (1), а под ним размещены верхняя (2) и нижняя (5) опорная ограничительные решетки. Между ними находится подвижная насадка. К опорной решетке меньшим основанием прикреплен расширяющийся усеченный кольцевой элемент (4), делящий пространство опорной решетки на кольцевую (3) и центральную (6) зоны. В качестве насадочных тел используют полые, сплошные и перфорированные шары, кольца, полукольца, кубики, перфорированные диски.

Обрабатываемый газ подается в аппарат под опорную решетку и делится на два потока: центральный и кольцевой. При прохождении кольцевой зоны поток газа сужается, увеличивает скорость движения, вступает в контакт с прижимаемыми к стенке элементами подвижной насадки и перемещает их от стенки в центральный поток. Насадка совершает пульсационное движение в центральном и пристеночном потоках и обеспечивает высокую эффективность обработки газа жидкостью. Методы абсорбции и хемосорбции называют "мокрыми". Преимущество абсорбционных методов заключается в экономичности очистки большого количества газов и осуществлении непрерывных технологических процессов. Эффективность мокрой очистки по отношению к хлороводороду составляет 75–92% (в зависимости от растворителя); по отношению к оксидам азота 65%. Основной недостаток «мокрых» методов состоит в понижении температуры газа и образовании большого количества отходов (смеси пыли, растворителя, продуктов поглощения).

3. Метод адсорбции основан на способностях некоторых тел с ультрамикроскопической структурой селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты из газовой смеси. В пористых телах с капиллярной структурой поверхностное поглощение дополняется капиллярной конденсацией.

Адсорбция подразделяется на два вида: *физическую и химическую*. При *физической* адсорбции процессе молекулы газа взаимодействуют с поверхностью под действием сил Ван-дер-Ваальса. Взаимодействие – обратимый процесс. При уменьшении давления или при увеличении температуры поглощенный газ легко десорбируется без изменения химического состава. В основе *хемосорбции* лежит химическое взаимодействие между адсор-

батом и адсорбируемым веществом. Процесс хемосорбции, как правило, необратим.

В качестве адсорбентов или поглотителей применяют вещества, имеющие большую площадь поверхности на единицу массы (активированный уголь, активированный глинозем, силикагель, активированный оксид алюминия, синтетические цеолитные смолы).

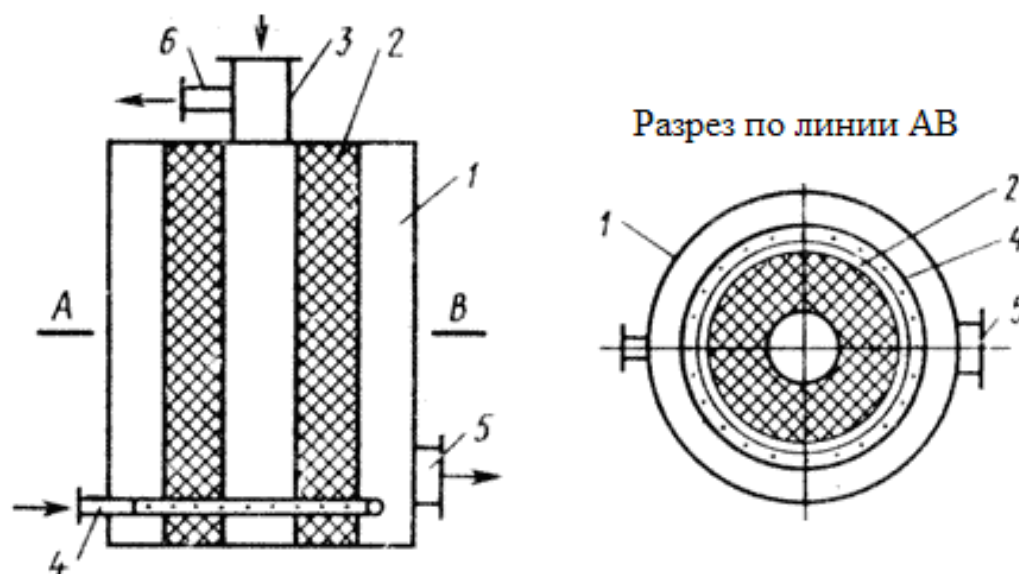


Рис. 6.13. Вертикальный адсорбер:

- 1 – адсорбер; 2 – слой активированного угля; 3 – центральная труба для подачи паровоздушной смеси при адсорбции;
4 – барботер для подачи острого пара при десорбции; 5 – труба для выхода инертных по отношению к адсорбенту газов при адсорбции; 6 – труба для выхода пара при десорбции*

Фильтрация газа происходит через неподвижный или движущийся слой адсорбента. Адсорбцию широко используют при удалении паров растворителя из отработанного воздуха при окраске автомобилей, органических смол и паров растворителей в системе вентиляции предприятий по производству стекловолокна и стеклоткани, паров эфира, ацетона и других растворителей в производстве нитроцеллюлозы и бездымного пороха. Адсорбенты применяют для очистки выхлопных газов автомобилей; для удаления ядовитых компонентов, выбрасываемых при работе вытяжной вентиляции в лабораториях; для удаления радиоактивных газов при эксплуатации ядерных реакторов (рис. 6.13).

4. Термическая нейтрализация (дожигание). Данный метод основан на способности горючих токсичных компонентов газовой смеси окисляться до менее токсичных в присутствии свободного кислорода воздуха при высокой температуре. **Преимущества метода:** отсутствие шламового хозяйства; небольшие габариты установок; простота обслуживания; пожарная автоматизация; высокая эффективность при низкой стоимости очистки.

Различают три схемы термической нейтрализации газовых выбросов: прямое сжигание в пламени, термическое окисление, каталитическое сжигание. Прямое сжигание в пламени и термическое окисление осуществляют при температурах 600–800 °С; каталитическое сжигание – при 250–450 °С. Выбор схемы нейтрализации определяется химическим составом загрязняющих веществ, их концентрацией, начальной температурой газовых выбросов, расходом и предельно допустимыми нормами выброса загрязняющих веществ.

Прямое сжигание (рис. 6.14) используют в тех случаях, когда отходящие газы обеспечивают подвод значительной части энергии, необходимой для осуществления процесса. Этот вклад должен превышать 50% общей теплоты сгорания. Примером процесса прямого сжигания является сжигание углеводородов, содержащих токсичные газы (цианистый водород и другие), непосредственно в факеле, т.е. открытой горелке, направленной вертикально вверх. Факел применяют главным образом для сжигания горючих отходов, с трудом поддающихся другим видам обработки.

На рис. 6.14 представлена установка для очистки газообразных выбросов лакокрасочного производства. Установка представляет циклонную топку, соединенную с газовой горелкой и камерой разбавления газов после их очистки. Воздух, загрязненный примесями (толуол, ксилол и др.), поступает в вихревую горелку (2) по каналу (6) и непосредственно во внутреннюю полость печи (4) по тангенциальным каналам (5). Природный газ подается в горелку по трубе (3), атмосферный воздух – по центральной трубе (1) горелки только при обезвреживании выбросов, содержащих менее 15% кислорода. Эффективность очистки составляет 90–99%, если время пребывания примесей в высокотемпературной зоне не менее 0,5 с при температуре обезврежива-

ния газов, содержащих углеводороды, не менее 500–650 °С, а содержащих оксид углерода (II) – 660–750 °С.

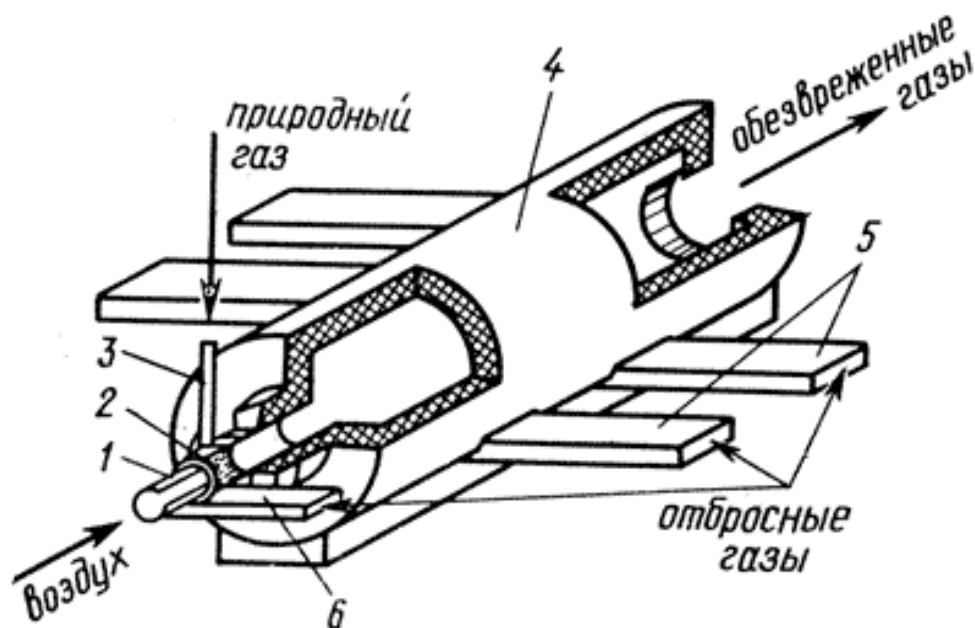


Рис. 6.14. Установка очистки газообразных выбросов лакокрасочного производства методом прямого сжигания:

- 1 – подача атмосферного воздуха; 2 – вихревая горелка;
3 – подача природного газа; 4 – корпус горелки;
5, 6 – каналы для подачи загрязненного газа

Термическое окисление (рис. 6.15) применяют либо когда отходящие газы имеют высокую температуру, но в них нет достаточного количества кислорода, либо когда концентрация горючих примесей настолько низка, что они не обеспечивают подвод теплоты, необходимой для поддержания горения. Время пребывания газов в аппарате, необходимое для полного их окисления, составляет 0,3–0,8 с. Рабочая температура зависит от характера горючих примесей. При окислении углеводородов она составляет 500–760 °С, при окислении оксида углерода (II) – 680–800 °С.

Каталитическая нейтрализация (рис. 6.16) используется для превращения токсичных компонентов промышленных выбросов в вещества, безвредные для окружающей среды или менее вредные путем введения в систему дополнительных веществ – **катализаторов**. Катализатор, взаимодействуя с одним из реагирующих соединений, образует промежуточное вещество, которое распадается с образованием продукта и регенерированного ката-

лизатора. Каталитическое окисление отличается от термического кратковременностью протекания процесса и сравнительно низкой температурой (до 300 °С).

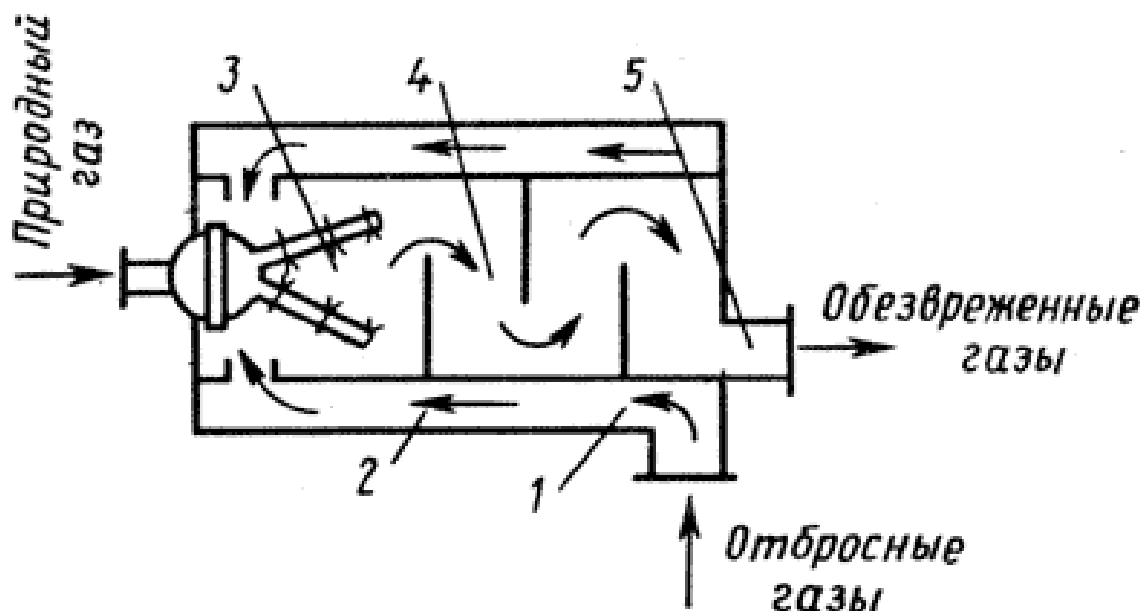


Рис. 6.15. Установка для огневого обезвреживания технологических и вентиляционных выбросов:

1 – патрубок для подачи загрязненного газа; 2 – полость теплообменника – подогревателя; 3 – горелка; 4 – камера дожигания; 5 – патрубок для вывода обезвреженных газов

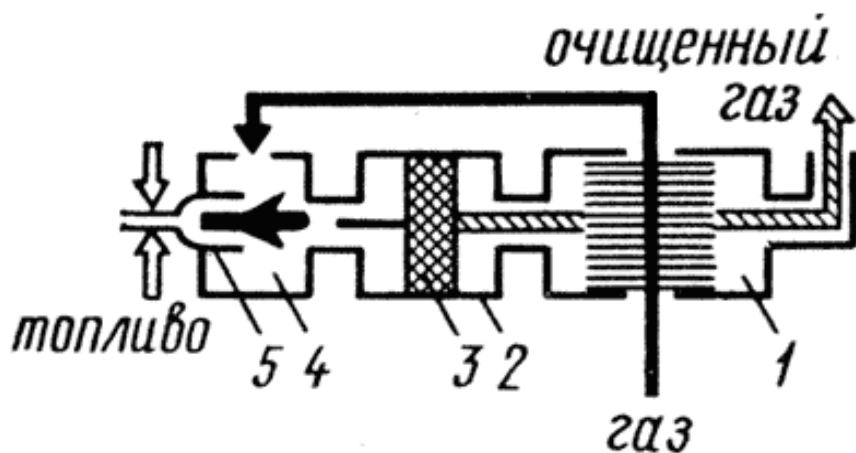


Рис. 6.16. Каталитический реактор:

1 – теплообменник – рекуператор; 2 – контактное устройство; 3 – катализатор; 4 – подогреватель; 5 – горелка природного газа

Для осуществления каталитического процесса необходимы незначительные количества катализатора, расположенного таким образом, чтобы обеспечить максимальную поверхность контакта с газовым потоком. В большинстве случаев катализаторами могут быть металлы (Pt, Pd и другие благородные металлы) или их соединения (оксиды меди, марганца и др.). Каталитическая масса обычно выполняется из шаров, колец, пластин, проволоки, свитой в спираль из нихрома, никеля, оксида алюминия с нанесенными на их поверхность благородными металлами (сотые доли процента к общей каталитической массе).

Наиболее распространенным аппаратом каталитического обезвреживания органических соединений и оксида углерода (II) является реактор очистки газов, в котором рекуператор теплоты, подогреватель и контактный узел размещены в одном корпусе (рис. 6.16). Воздух, содержащий примеси толуола, подогревается в теплообменнике-рекуператоре (1), откуда по переходным каналам поступает в подогреватель (4). Продукты сгорания природного газа, сжигаемого в горелках (5), смешиваются с воздухом, повышая его температуру до 250–350 °С, т.е. до уровня, обеспечивающего оптимальную скорость окисления толуола на поверхности катализатора. Процесс химического превращения происходит на поверхности катализатора (3), размещенного в контактном устройстве (2). В качестве катализатора применена природная марганцевая руда в виде гранул.

Смесь воздуха и продуктов реакции при температуре 350–450 °С направляется в рекуператор (1), где отдает тепло газовоздушному потоку, идущему на очистку, и затем через выходной патрубок выводится в атмосферу. Эффективность очистки реактора составляет 95–98%.

6.3. Рассеивание выбросов в атмосфере

На процесс рассеивания выбросов в атмосфере оказывает влияние состояние атмосферы, характер местности, свойства выбросов, высота источника. Горизонтальное перемещение примесей определяется скоростью ветра, вертикальное – градиентом температуры воздуха. По мере удаления от источника выбросов

(1) выделяют три зоны загрязнения атмосферы: переброс факела выбросов (2); задымление с максимальным содержанием вредных веществ (3); зона снижения уровня загрязнений (4) (рис. 6.17). Зона задымления является наиболее опасной. Размеры ее находятся в пределах расстояния, равного 10–49 высотам трубы.

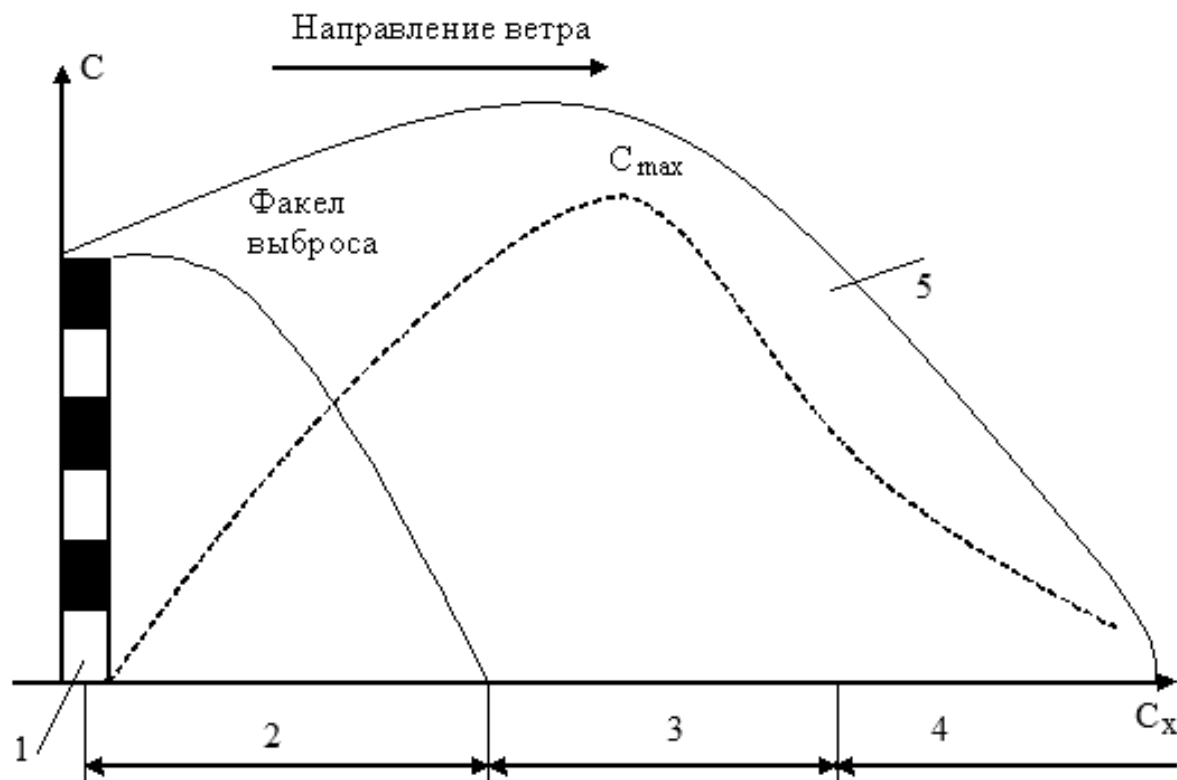


Рис. 6.17. Рассеивание выбросов в атмосфере:
 1 – источник выброса, 2 – зона переброса факела,
 3 – зона максимального загрязнения, 4 – зона снижения уровня
 загрязнений, 5 – дымовой факел, C_x – концентрация примесей

Максимальная концентрация примесей прямо пропорциональна квадрату высоты источника выбросов над землей. Разбавление вдоль оси струи дыма пропорционально скорости ветра, при которой приземная концентрация имеет максимальное значение. Чтобы предотвратить отклонение струи дыма вблизи горловины трубы, скорость выбрасываемого газа (дыма) должна быть вдвое больше скорости ветра.

В зависимости от расположения организации выбросов, источники делят на группы (рис. 6.18) [7, 8].



Рис. 6.18. Классификация источников загрязнения атмосферы

6.4. Санитарно-защитные зоны

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – обязательный элемент любого промышленного предприятия или другого объекта, который может быть источником химического, биологического или физического воздействия на окружающую среду и здоровье людей.

СЗЗ – это расстояние между жилой застройкой и границами промышленной площадки, складов закрытого и открытого хранения материалов и реагентов, предприятий сельского хозяйства с учетом перспективы их расширения. СЗЗ предназначена для следующих целей:

1. Обеспечение требуемых гигиенических норм содержания в приземном слое атмосферы загрязняющих веществ; уменьшение

отрицательного воздействия предприятий, транспортных коммуникаций; линий электропередач на население.

2. Создание архитектурно-эстетического барьера между промышленностью и жилыми районами.

3. Организация дополнительных площадей озеленения с целью усиления ассимиляции и фильтрации загрязнителей атмосферного воздуха, а также повышения процесса диффузии воздушных масс для локального благоприятного влияния на климат.

СЗЗ нельзя рассматривать как резервную территорию предприятия и использовать ее для расширения производства. Для максимального ослабления влияния на окружающую среду вредных веществ территория СЗЗ должна иметь зеленые насаждения и быть благоустроена. Зеленые насаждения должны состоять из газоустойчивых пород деревьев и кустарников. Со стороны жилого массива ширина полосы зеленых насаждений должна быть не менее 20,0 м. При прохождении через них вредных выбросов их концентрация должна снижаться, как минимум, в 2,0 раза.

В зависимости от мощности, условий эксплуатации, концентрации объектов на данной территории, характера и количества выделяемых в окружающую среду вредных веществ, уровня шума, вибрации и других факторов, установлены минимальные размеры СЗЗ:

I Класс опасности предприятия – 1000 м;

II Класс – 500 м;

III Класс – 300 м;

IV Класс – 100 м;

V Класс – 50 м.

7. Утилизация и ликвидация отходов производства и потребления

Отходы делят на бытовые (коммунальные), промышленные (отходы производства, отходы производственного потребления), а также опасные (токсичные) и радиоактивные отходы. Основные виды отходов представлены на рис. 7.1.

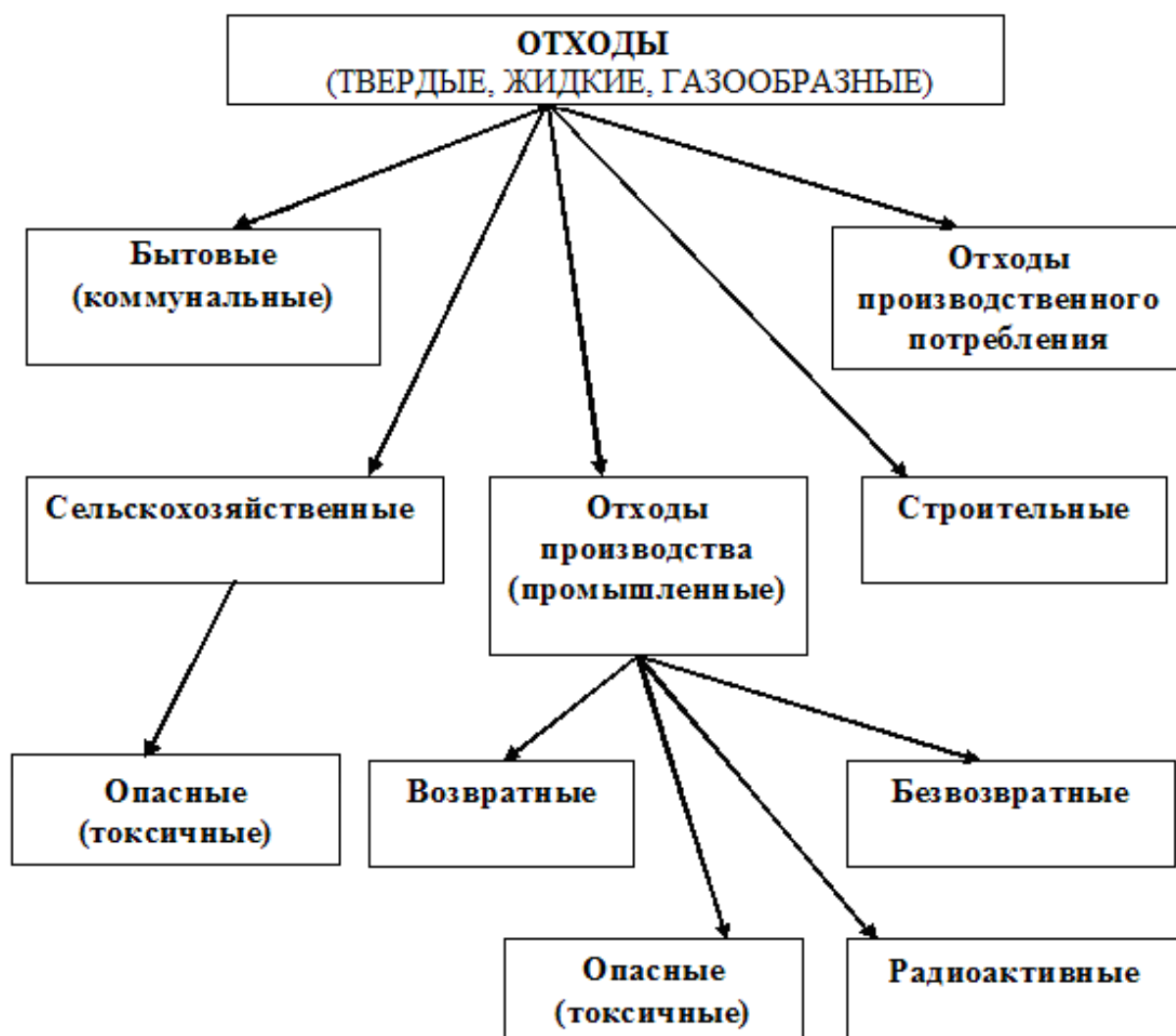


Рис. 7.1. Классификация отходов производства и потребления

7.1. Твердые бытовые отходы и их переработка

Количество твердых бытовых отходов (ТБО) в расчете на одного человека увеличивается примерно на 1–4% в год, а по массе – на 0,2–0,4% и в настоящее время составляет: в благоустроенных зданиях – 160–190, в неблагоустроенных – 600–700 т в год. В городах США образуется ежегодно около 150 млн. т отходов, в 2004 г. ожидается увеличение их количества на 20%. В значительно меньшей по размеру Японии количество образующихся бытовых отходов превышает 72 млн. т ежегодно. Количество образующихся бытовых отходов в Москве составляет примерно 270 кг на од-

ного человека в год и продолжает увеличиваться. В США на каждого жителя приходится 715 кг мусора в год, в Швеции – 480 кг. Только за 1997 г. территория свалок в черте Москвы увеличилась на 108 га. Даже в центре города существует 14 свалок.

Наибольшее распространение в РФ и за рубежом получили методы утилизации отходов: **складирование, сжигание, компостирование.**

Общая классификация методов обезвреживания и утилизации ТБО представлена на рис. 7.2.



Рис. 7.2. Общая классификация методов обезвреживания и утилизации ТБО

1. Сбор и удаление ТБО. Первым этапом очистки территории является повсеместный ежедневный сбор отходов, для чего в домовладениях устанавливают мусоропроводы и (или) мусоросборники. Тип и емкость мусоросборников зависит от количества накапливающихся отходов, этажности застройки, а также от способа загрузки и вывоза мусора. Наиболее распространенными являются контейнеры емкостью 110–120, 210–220 и 500–600 л. Их целесообразно размещать по несколько штук на территории двора или квартала.

Все твердые отходы вывозятся специализированным транспортом в специально отведенные места для обезвреживания и утилизации не реже трех раз в неделю, а в крупных городах ежедневно.

В нашей стране в большинстве городов применяется плано-регулярная или коммунальная очистка, т.е. ТБО с места их сбора удаляют в установленные сроки независимо от степени наполнения контейнера. Мусоросборные машины по определенному маршруту объезжают кварталы города и забирают емкости с ТБО. В зависимости от местных условий их могут пересыпать из контейнера в кузов машины или вывозить прямо в контейнерах, оставляя взамен пустой.

В некоторых городах используется поквартирная очистка, когда жители в установленное время выносят собравшийся мусор непосредственно в транспортную машину.

2. Обезвреживание и переработка ТБО. В настоящее время ТБО городов свозятся на полигоны, где складировются на грунт с расчетом на их последующую минерализацию. Это наиболее простой метод – **складирование**. Полигоны, размещаемые за пределами населенных пунктов, – это природоохранные сооружения, обеспечивающие защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующие распространению болезнетворных микроорганизмов. Ежегодно под полигоны в РФ отчуждается около 10 тыс. га пригодных для использования земель (это без учета площадей, загрязненных несанкционированными свалками). При выборе участка для устройства полигона ТБО учитывают климатические, почвенные и другие условия. Для полигона ТБО выбирают ровную местность,

исключающую возможность смыва атмосферными осадками части отходов и загрязнения ими прилегающих земельных площадей, открытых водоемов, почвы расположенных близко населенных пунктов. Санитарно-защитная зона между полигоном и жилой застройкой должна составлять не менее 100 м.

В результате микробиологических процессов, проходящих в отходах на свалках, образуется **биогаз**. **Биогаз** обладает значительным энергетическим потенциалом (содержание метана в нем достигает 44–66%). Он может быть использован в теплосиловых установках, а в очищенном виде – в газовых турбинах. В мире в настоящее время эксплуатируется 146 установок по получению и использованию биогаза, получаемого в результате анаэробного окисления органических веществ на свалках городских отходов. Для получения биогаза отходы загружают в отдельно расположенные бункеры, врытые в землю. Выделение биогаза начинается через три месяца и продолжается в течение 15–20 лет. Каждый бункер производит 17 м³/мин. биогаза. После очистки от органических включений и конденсата его подают под давлением 1,75 МПа в газотурбинную установку мощностью 64,5 МВт. Кроме полученной электроэнергии, побочное тепло идет на обогрев близлежащих теплиц.

3. Промышленные методы обработки ТБО. Усовершенствованные свалки не являются радикальным решением проблемы обезвреживания и утилизации ТБО. На некоторых мусороперерабатывающих заводах осуществляется промышленная переработка ТБО в сельскохозяйственное удобрение – компост.

Бытовые отходы перегружают в бункер-накопитель, откуда грейферным краном подаются в загрузочные воронки, затем – во вращающиеся барабанные грохоты, где разделяются на две фракции – **мелкую и крупную**. **Мелкая** фракция ТБО проходит через дробилку и поступает в биотермические башни, где за четверо суток в результате аэробного процесса бытовой мусор превращается в **компост (биохимическая переработка, компостирование)**. Крупная фракция поступает в котлы и сжигается при температуре 800–1000 °С. Вырабатываемый котлами пар под давлением 13 атм. с температурой 250 °С используется для нужд завода, а его избыток – другими предприятиями. Магнитными

сепараторами из поступающих отходов извлекают металлы, которые пакетируют и реализуют как вторичное сырье.

Компост, получаемый на мусороперерабатывающих заводах, используют в качестве органического удобрения (урожайность некоторых культур может повышаться на 20-30%).

4.Термические методы обезвреживания ТБО. Обезвреживание ТБО осуществляется также методом сжигания. Из бункера-накопителя отходы подают в загрузочные воронки, а затем – топki котлов, где сжигают на специальной решетке при температуре 800–1000 °С без дополнительной подачи топлива. Образующийся при сжигании шлак транспортируют в специальное помещение. Магнитный сепаратор, установленный на транспортере, извлекает черный металлолом, который пакетируется и реализуется как вторичное сырье. Дымовые газы проходят очистку в электрофильтрах (степень очистки 96–98%). Вырабатываемый котлами пар под давлением 13 атм. и с температурой 194 °С используется для нужд завода, а его избыток направляется в бойлерную установку для нагревания сетевой воды городской системы теплоснабжения [9, 10].

7.2. Промышленные отходы и их переработка

Функционально промышленные отходы подразделяют на три основные группы:

1.Отходы, которые складываются на свалках, сжигаются на открытых площадках, подвергают захоронению, сбрасываются в водоемы, т.е. загрязняют окружающую среду;

2.Отходы, которые находят применение в хозяйстве;

3.Отходы, которые используются на самом предприятии для получения товарной продукции.

В процессе производства образуется большое количество отходов, которые при соответствующей обработке могут быть вновь использованы как сырье для производства промышленной продукции. Все виды промышленных отходов делят на две группы: твердые и жидкие. **Твердые** – это отходы металлов, дерева, пластмасс и других материалов, пыли минерального и органического происхождения от очистных сооружений в системах очист-

ки газовых выбросов промышленных предприятий, а также промышленный мусор. К **жидким** отходам относят осадки сточных вод после их обработки, а также шламы пыли минерального и органического происхождения в системах мокрой очистки газов.

Критерием определения целесообразности переработки отходов в местах их образования является количество и степень их использования в производстве. Большая доля в общем объеме твердых отходов принадлежит **металлическим** отходам. Вторичные ресурсы металлов складываются из лома (43%) и отходов (57%). Основные операции первичной обработки металлических отходов – сортировка, разделка и механическая обработка. Паке-тирование отходов организуется на предприятиях, где образуется 50 т и более отходов в месяц. На предприятиях, где образуется большое количество данных отходов, организуются специальные участки для утилизации вторичных металлов.

Отходы **древесины** широко используются для изготовления различных товаров, главным образом методом прессования. Переработанные древесные отходы применяются в производстве древесно-стружечных плит.

Переработку промышленных отходов производят на специальных полигонах, предназначенных для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий, НИИ и учреждений. **Приему на полигон подлежат:**

- отходы, содержащие мышьяк, неорганические твердые отходы и шламы;
- отходы, содержащие свинец, цинк, олово, кадмий, никель, сурьму, висмут, кобальт и их соединения;
- отходы гальванического производства;
- использованные органические растворители;
- органические горючие материалы; неисправные ртутные дуговые и люминесцентные лампы;
- формовочная земля, песок, загрязненный нефтепродуктами;
- испорченные баллоны с остатками веществ и др.

Жидкие токсичные отходы перед вывозом на полигон должны быть обезвожены на предприятиях.

На полигон принимают: отходы, для которых разработаны эффективные методы извлечения металлов и других веществ; нефтепродукты, подлежащие регенерации; радиоактивные отходы.

Переработка отходов на полигонах предусматривает использование физико-химических методов; термическое обезвреживание с утилизацией теплоты; демеркуризацию ламп с утилизацией ртути и других ценных металлов; прокаливание песка и формовочной земли; подрыв баллонов в специальной камере; затаривание отходов в герметичные контейнеры и их захоронение.

Полигоны должны иметь санитарно-защитные зоны: завод по обезвреживанию токсичных отходов мощностью 100 тыс. т отходов в год и более – 1000 м; завод мощностью менее 100 тыс. т. в год – 500 м; участок захоронения токсичных отходов – не менее 3000 м. Полигоны устраивают двух видов:

- 1) для обезвреживания одного вида отходов только захоронением или химическим способом;
- 2) комплексные.

Во втором случае территорию полигона разделяют на зоны приема и захоронения твердых несгораемых отходов; приема и захоронения жидких химических отходов и осадков сточных вод, не подлежащих утилизации; захоронения особо вредных отходов; огневого уничтожения горючих отходов.

Захоронение промышленных отходов осуществляют в котлованах глубиной до 10–12 м в специальной таре (стальные бочки). Их размещают в котлованах и железобетонных резервуарах (особо опасные отходы).

Земельные участки, выбранные для полигонов, должны отвечать следующим требованиям:

- размещаться с подветренной стороны по отношению к населенным пунктам и зонам отдыха;
- находиться ниже мест заборов питьевой воды, рыбных хозяйств, мест нереста, массового нагула и зимовальных ям рыбы;
- состоять из слабо-фильтрующих грунтов;
- залегание грунтовых вод при их наибольшем подъеме должно быть не менее 2 м от нижнего уровня отходов.

Размещение токсичных промышленных отходов **под землей** является пока одним из наиболее перспективных способов избав-

ления от тех из них, которые не могут быть утилизированы или полностью уничтожены путем сжигания и при накоплении их на земной поверхности представляют реальную опасность для биосферы. Подземное размещение промышленных отходов должно производиться при соблюдении ограничений, относящихся к выбору места для создания подземных и заглубленных хранилищ (первая группа) и к их проектированию, строительству и эксплуатации (вторая группа).

Первая группа ограничений. Подземное размещение высокотоксичных промышленных отходов первого и второго классов может осуществляться только в геологических формациях, создающих природный барьер для выноса подземными водами размещаемых веществ и продуктов их взаимодействия с окружающим массивом в биосферу. Регион их размещения не должен быть сейсмоопасным.

Приемлемыми формациями для размещения жидких промышленных отходов являются массивы горных пород, представленные пористыми замкнутыми коллекторами.

Вторая группа ограничений. Для создания подземных и заглубленных хранилищ малотоксичных промышленных отходов могут использоваться выработанные пространства, вокруг которых по завершении эксплуатации хранилищ образуются водопроводящие каналы, если воды, проникшие в хранилища через эти каналы, после контакта с отходами остаются в нем и не мигрируют в водоносные горизонты. Подземные хранилища для высокотоксичных отходов могут эксплуатироваться только после того, как в них будут сооружены и опробованы средства изоляции выработанных пространств, позволяющие при необходимости оперативно и навечно отделить размещенные отходы от биосферы.

Минимизация отходов в различных отраслях промышленности может быть достигнута следующими способами:

- 1) усовершенствование технологических процессов в направлении сокращения количества отходов;
- 2) рециклизация отходов предпочтительно в процессе их образования;
- 3) переработка отходов в полезные продукты;

4) изменение свойств отходов, снижение их объема и токсичности для облегчения последующего удаления и переработки [9, 10].

7.3. Радиоактивные отходы: проблемы локализации, консервации, захоронения, переработки

По агрегатному состоянию радиоактивные отходы (РАО) делят на группы: жидкие, твердые и газообразные. **Все жидкие РАО по степени активности подразделяют на три класса:**

1) слабоактивные отходы, удельная активность которых не превышает $3,7 \cdot 10^7$ Бк/м³;

2) отходы средней степени активности (удельная β -активность в пределах $3,7 \cdot 10^7$ – $3,7 \cdot 10^{13}$ Бк/м³);

3) высокорadioактивные отходы (удельная активность превышает $3,7 \cdot 10^{13}$ Бк/м³).

Типичными **жидкими** отходами первого класса являются сточные воды дезактивационных пунктов, санпропускников, прачечных и т.д. Высокоактивные РАО, содержащие преимущественно искусственные радионуклиды, образуются на конечных звеньях производственного цикла, а также в некоторых научных лабораториях. Особую опасность в экологическом аспекте представляют отходы заводов, на которых перерабатываются облученные тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) АЭС с целью извлечения из них невыгоревшего ядерного топлива или выделения вновь образовавшегося плутония.

Твердые РАО подразделяют на три группы:

1) удельная активность находится в пределах $3,7 \cdot 10^4$ – $3,7 \cdot 10^6$ Бк/кг;

2) удельная активность в пределах $3,7 \cdot 10^6$ – $3,7 \cdot 10^9$ Бк/кг;

3) удельная активность более $3,7 \cdot 10^9$ Бк/кг.

К твердым РАО относятся:

- негорючие отходы: металлы, стекло, керамика, строительный мусор.

- горючие отходы: дерево, пластмасса, резина, полихлорвиниловые изделия, текстиль.

Количество и объемы средне- и низкоактивных РАО велики. В 2000 г. в России их накоплено около 1,5 млн. м³, в США – около 3,6 млн. м³. Почти 98,5% ядерного топлива АЭС идет в отходы, представляющие радиоактивные продукты расщепления (плутоний, цезий, стронций), которые нельзя уничтожить, а можно вечно хранить на спецскладах. Если загрузка одного реактора мощностью 1000 МВт составляет около 180 т, чего хватает на три года, то за это время на территории АЭС с 4 реакторами скапливается до 700 т отработанного топлива.

Образующийся в активной зоне ядерных реакторов тритий, углерод-14, криптон-85 и йод-129 практически полностью выделяются в биосферу. Выброс трития атомной энергетикой бывшего СССР за 1985 г. в 3,5 раза превзошел равновесное содержание его в атмосфере и более чем в 2 раза – содержание во всех реках континентов. Криптон-85, содержащийся в атмосфере, имеет в основном искусственное происхождение. За 1985 г. его выброс на всех АЭС в 500 тыс. раз превзошел равновесное содержание в атмосфере криптона-85 естественного происхождения.

Захоронение и переработка РАО. Свалки РАО в морях возникли вслед за появлением атомного флота. Сбросы РАО, начавшиеся в 1959 г., систематически продолжались до 1992 г. в некоторых районах Балтийского, Баренцева, Белого, Карского, Охотского и Японского морей, а также в прибрежных водах архипелага Новая Земля и полуострова Камчатка. В период с 1964 по 1991 г.г. в северных морях затоплено 4900 контейнеров с твердыми РАО низкой и средней степени активности. У восточных берегов России, в Японском и Охотском морях за 1986–1991 гг. было захоронено 6868 контейнеров со средне- и низкоактивными твердыми РАО, а также 38 судов и более 100 крупногабаритных объектов. Их суммарная активность оценивается в 22,2 тыс. кюри. За 30 лет эксплуатации атомного флота в экосистемы северных морей поступило около 100 тыс. м³ жидких РАО с активностью более 24 тыс. кюри.

Общее количество РАО, сброшенных в море США, в 1946–1970 гг. составило более 86 тыс. контейнеров с суммарной радиоактивностью около 95 тыс. кюри. В 1971–1983 гг. РАО предприятий военной и мирной атомной промышленности регулярно

сбрасывали в море Бельгия, Англия, Германия, Швеция, Япония, Южная Корея.

К настоящему времени выработаны следующие технологии захоронения РАО:

1) для больших количеств высокоактивных РАО – концентрирование и последующее хранение – **консервация** – посредством стеклования, бетонирования и складирования в глубоких шахтах;

2) для небольших количеств высокоактивных РАО – **переработка** – извлечение долгоживущих изотопов с высокой токсичностью перед удалением остаточной активности;

3) для отходов средней степени активности – **хранение** до достижения распада короткоживущих изотопов и последующее рассеивание в той или иной среде;

4) для относительно небольших количеств слабоактивных отходов – разбавление и последующее рассеивание.

Длительное хранение высокоактивных РАО. Хранение высокоактивных жидких отходов (обычно это водные азотнокислые растворы) осуществляется в баках из нержавеющей стали с двойными стенками объемом от нескольких десятков до нескольких сотен кубометров. Устанавливают их в бетонных камерах. Резервуар непрерывно продувают воздухом. Отработанный воздух в дальнейшем очищают от радиоактивных аэрозолей в специальных фильтрах. Содержимое баков постоянно перемешивают, так как выпадение твердых частиц плутония или урана может привести к накоплению критической массы. Современное хранилище высокорadioактивных отходов состоит из вертикальных шахт, горизонтальных коридоров (штреков) и помещений для захоронения, сооружаемых в соляных породах на глубине 600 м. В полу помещения бурят шурфы для хранения канистр с растворами отходов высокой удельной активности. Между шурфами выдерживают расстояние 10–50 м [9, 10].

8. Последствия загрязнения гидросферы

8.1. Способность водоемов к самоочищению

Каждый водоем – это сложная живая система, где обитают организмы различных экологических групп. Кроме того, в водоеме существует набор абиотических факторов среды. Все факторы участвуют в процессе самоочищения водоема от загрязнителей.

1. Физические факторы: разбавление, растворение и перемешивание поступающих веществ. Хорошее перемешивание и снижение концентрации обеспечивается интенсивным течением реки. Способствует самоочищению оседание нерастворимых веществ на дно водоема, испарение, окисление с помощью кислорода воздуха и при наличии солнечного освещения. Перемешивание также снижает концентрацию токсичных веществ.

2. Химические факторы – окислительно-восстановительные процессы для органических и неорганических веществ. Процесс окисления характеризуется показателями БПК и ХПК. Биохимическое потребление кислорода (БПК) – это его количество, которое необходимо для окисления бактериями и простейшими всей органики в 1,0 л воды. Этот показатель не несет информации о составе органики в воде. Он дает только возможность оценить максимальную опасность загрязнения. Другой показатель – химическая потребность в кислороде (ХПК). В этом случае для окисления органики используют окислители – бихромат калия и серную кислоту. Бихромат окисляет те вещества, которые не смогли окислить микроорганизмы.

Оценку самоочищающей способности воды проводят также по отдельным группам веществ: фенолам, углеводородам, хлорорганике и др.

3. Биологические факторы самоочищения – качественный и количественный состав водорослей, плесневых и дрожжевых грибов, моллюсков и других организмов [7].

8.2. Влияние органических загрязнений на водоем

Предельное насыщение воды кислородом составляет 8,0–9,0 мг O_2 /л в зависимости от температуры. Если концентрация органических веществ в воде достаточно велика, то при окислении их израсходуется весь запас растворенного кислорода. При этом создаются анаэробные условия, исчезают все организмы, приспособленные к его высокой концентрации. Вместо них развивается популяция бактерий, которые используют в качестве окислителя соединения серы. Сера присутствует в органических веществах, и по строению ее атомы похожи на атомы кислорода. Продуктом восстановления в данном случае будет не вода, а сероводород.

При попадании в текущий водоем органических веществ с бытовыми и промышленными стоками концентрация растворенного кислорода в воде постепенно снижается. Контакт воды с воздухом и перемешивание способны возместить недостаток кислорода, но это происходит не сразу. Возникает конкуренция между факторами, снижающими концентрацию кислорода в воде, и факторами, восстанавливающими ее. В потоке воды выделяют четыре основные зоны:

1. Зона чистой воды располагается выше места сброса сточных вод. Из животных здесь обитают большинство видов рыб, личинки ручейников, поденок, веснянок, двустворчатые моллюски; из водорослей – кладофора, навикула, динобрион, улотрикс.

2. Зона ухудшения качества воды (содержание кислорода снижается от 8,0 до 1,0 мг O_2 /л). Зона находится ниже по течению реки от места сброса. Виды, которые приспособлены к жизни в такой среде, относятся к умеренно толерантным. Из животных здесь встречаются мокрицы, бокоплав, личинки стрекоз, пиявки, прудовики; водоросли и простейшие – спирогира, пандорина, эвглена, вортицелла, парамеция.

3. Зона ущерба (концентрация кислорода в воде снижена до 0,5 мг O_2 /л). При такой низкой концентрации кислорода в воде способны выживать немногие виды (толерантные): трубочник, личинки двукрылых, формидиум, осциллятория. В зоне ущерба обитает небольшое число видов, но при этом численность каждого высокая.

4. Зона восстановления (концентрация кислорода повышается до нормы). Вода становится чище и пропускает солнечный свет. Вслед за этим появляются организмы, характерные для чистой воды [7].

8.3. Влияние фосфатов и нитратов на водоем

Многие озера в начале своего существования являются олиготрофными, то есть содержат мало органики и элементов питания (соединения азота и фосфора). За многие столетия в таких озерах накапливаются ил, детрит и растворенные органические вещества. Озеро постепенно превращается в эвтрофное, и этот процесс обычно называют старением.

Не все озера стареют естественным путем. Искусственная эвтрофизация озера происходит, когда в озеро попадают промышленные и городские стоки, содержащие соединения азота и фосфора. Эти соединения занимают особое место, так как поодиночке или вместе являются лимитирующими факторами в естественных чистых водоемах. Водоросли и другая растительность будут развиваться до тех пор, пока не используют весь доступный для них азот или фосфор. Фосфаты, в отличие от нитратов, попадают в водоем только из источников искусственного происхождения.

При загрязнении непроточных водоемов определяющую роль играют такие факторы, как большая площадь поверхности воды и низкая скорость ее перемешивания. Это приводит к медленной смене воды и низкой скорости насыщения ее кислородом.

Выделяют четыре стадии нарушения озерной среды.

1-я стадия. Происходит эвтрофизация водоема в связи с увеличением поступающих фосфатов и нитратов. Это способствует быстрому развитию фитопланктона и прибрежной водной растительности. Ускоряется процесс седиментации: озеро уменьшается в размерах и затягивается илом.

2-я стадия. Вода в озере становится мутной и вспененной. Повышается концентрация кислорода, но только в поверхностном слое воды. Быстро растущая популяция водорослей вызывает процесс «цветения» воды. Животные, особенно позвоночные, ис-

пытывают трудности вследствие недостатка кислорода. Особенно этот процесс обостряется в ночное время.

3-я стадия. Вследствие увеличения мутности воды отмирает значительная часть водорослей, особенно в глубинных слоях озера. В результате образуется вертикальный градиент концентрации кислорода. В придонных слоях органические остатки подвергаются разложению, происходит интенсивное отложение донного ила. Исчезают благородные виды рыб и появляются более неприхотливые – карповые.

4-я стадия. После полного израсходования растворенного в воде кислорода в глубинных слоях воды начинается процесс анаэробного брожения. При этом выделяется аммиак и сероводород. Грунт приобретает восстановительные свойства. Под действием сероводорода и соединений железа образуется нерастворимый фосфат железа. Появление фосфата вызывает новые автокаталитические вспышки численности водорослей. Появляется новый избыток органики.

Биологические индикаторы данного процесса: увеличение численности сапрофитов (трубочников, личинок двукрылых), уменьшение численности личинок поденок.

Восстановление эвтрофных озер. Необходимое условие восстановления – предотвращение новых поступлений фосфатов в озеро. Самым распространенным способом очистки озера является увеличение степени его проточности (для быстрой смены воды).

Для осаждения фосфатов применяют соединения алюминия, кальция и железа. Зола ТЭС также может применяться для этой цели, но она не должна содержать новых загрязнителей – солей тяжелых металлов.

Одним из методов очистки озера является его аэрация. С этой целью в нижние слои воды под давлением подают кислород или воздух. Это создает благоприятные условия для возвращения в озеро рыбы и переходу его в первоначальное олиготрофное состояние.

Иногда применяют биологические методы очистки озера. К ним относят изменение рН воды с целью благоприятствования зеленым водорослям, увеличения численности видов рыб, питающихся макрофитами или одноклеточными водорослями [7].

8.4. Тепловое загрязнение водоемов и его последствия

При использовании воды для охлаждения энергетических установок, химических реакторов, технологических систем она нагревается. Такие "тепловые отходы" обычно сбрасывали в окружающую среду (водоем), что приводило к опасным эффектам. Такое избыточное тепло классифицируется как **тепловое (термальное) загрязнение**. В Великобритании, например, тепловое загрязнение было уже значительным в конце 60-х гг. XX в., когда превышение температуры воды составило 6,0–9,0 °С по сравнению с нормой. Во Франции это превышение составляет около 7 °С по сравнению с нормой; в летний период температура воды в Сене может достигать 30 °С.

Нормальному процессу перемешивания теплой и холодной воды препятствует стратификация – вертикальный градиент температуры между слоями воды. Особенно это касается водоемов, где отсутствует течение или естественное перемешивание водных масс. Рассеивание тепла затрудняется из-за разности в плотности между слоями воды (поверхностный слой воды сильно нагревается).

Повышение температуры влияет на концентрацию растворенного в воде кислорода и других газов. При повышении температуры воды от 15,0 до 20 °С концентрация кислорода в воде снижается на 2%. Снижается также концентрация азота и углекислого газа в воде.

Температура – один из важных абиотических факторов окружающей среды, действующий на вид организма. Большинство водных организмов приспособились к узким температурным интервалам. Тепловая гибель рыб – сравнительно редкое явление. Повышение температуры чаще может вызвать другие реакции. Например, форели необходимы низкие температуры воды летом для формирования половых клеток. Взрослые особи способны выжить в теплой летней воде, но они не будут размножаться. У некоторых насекомых выход личинок из яиц стимулируется повышением температуры. Если вода искусственно подогревается, то температура, при которой это происходит, может

установиться раньше, чем в годы с нормальными условиями. Тогда для большинства личинок не хватает пищи и они погибают.

Температура может оказывать воздействие на структуру всего водного сообщества, приток избыточного тепла упрощает его. Например, при 31 °С число видов водорослей становится вдвое меньше, чем при 26 °С. Еще 24% видов исчезают при 34 °С. Диатомовые водоросли предпочитают пониженную температуру воды и относятся к более уязвимым видам. Повышение температуры на 10 °С уменьшает их видовое разнообразие в 2,5–3,0 раза. Приток избыточного тепла упрощает водное сообщество: уменьшается биоразнообразие, хотя число особей отдельных видов может быть велико.

Тепловое загрязнение стимулирует сукцессию растительных видов. При 25 °С диатомовые водоросли сменяются зелеными, а последние при 35 °С уступают место сине-зеленым. Аналогичные изменения происходят и с зооценозом водоема.

Способы уменьшения теплового загрязнения водоемов. К проблеме теплового загрязнения можно подойти двумя путями. В идеальном случае тепловым отходам можно найти полезное применение, а не просто сбросить нагретую воду в близлежащий природный водоем. Наиболее распространены следующие способы утилизации тепловых отходов:

- 1) обессоливание (дистилляция, опреснение) воды;
- 2) обезвреживание питьевой воды с применением тепла вместо химических реагентов;
- 3) подогрев поступающей воды на электростанциях, предупреждающий забивание труб накипью;
- 4) перегонка мазута и других тяжелых нефтяных фракций;
- 5) аквакультура – разведение рыбы для вылова, выращивание теплолюбивых видов в северных районах;
- 6) обогрев жилых помещений.

Если ни одну из перечисленных возможностей реализовать нельзя, переходят на охлаждение воды замкнутого типа. Все проблемы теплового загрязнения связаны с системой охлаждения открытого типа, когда сбрасываемое тепло передается массам воды в окружающей среде. Разработаны технологии, которые позволяют передавать значительную часть тепла нагретой воды в ат-

мосферу. Эти технологии называют **охлаждением с замкнутым циклом**. Они включают применение прудов-охладителей, охладительных каналов и охлаждающих башен (градирен). Охлаждение замкнутого типа имеет два преимущества: если тепло передается от охлаждающей воды в атмосферу, то нет необходимости в сбросе нагретой воды в озеро или реку; количество воды, забираемой из реки или озера, сокращается до нескольких процентов от того количества, которое обычно требуется при охлаждении открытого типа. Действие градирен, прудов-охладителей и охладительных каналов основано на том, что при испарении воды поглощается большое количество тепловой энергии, необходимой для перехода воды из жидкой фазы в газообразную. Если позволяют земельные площади, то используют пруды и охладительные каналы. Где земля оказывается слишком дорогой, градирня остается единственным способом охлаждения.

Градирни – более сложные сооружения, чем пруды-охладители. Они бывают нескольких типов. Испарительная градирня с естественной циркуляцией представляет крупное сооружение из бетона, по форме напоминающее усеченный конус. Высота и диаметр основания могут достигать величин от 40 до 120 м. Вода, циркулирующая в градирне, испаряется, и температура ее понижается на 14 °. Испаряется небольшая доля воды – примерно 2,5%. Существуют градирни с принудительной циркуляцией воздуха. Принудительная циркуляция осуществляется путем всасывания наружного воздуха с помощью вентиляторов. Сооружение таких градирен требует дополнительных затрат, но охлаждение воды происходит более интенсивно, и градирни имеют меньшие размеры, чем при использовании естественной циркуляции воздуха.

В среднем в градирнях за минуту охлаждается 1,95 млн. л воды и температура ее снижается с 45 до 32 °С [8].

8.5. Нефтяное загрязнение Мирового океана

Основные источники нефтяного загрязнения: речной сток – 41%; сточные воды, попадающие непосредственно в моря и океана (сток с побережья) – 16%; естественные излияния нефти со дна океана – 15%; перевозка нефти морем (аварии и рабочие

операции) – 20%; выпадение с атмосферными осадками – 4%; добыча нефти на континентальном шельфе – 4%.

Половина нефтепродуктов, загрязняющих природные водоемы, – это отработанное масло промышленных и автомобильных двигателей. Оно попадает в водоемы с промышленными и ливневыми стоками. Отработанное масло содержит добавки: соединения бария, кальция, цинка, магния, фосфора и хлора. Кроме этих добавок, в масле могут содержаться другие загрязнения из воздуха, машин и механизмов.

Помимо стоков, большую роль в загрязнении нефтью вносит перевозка нефтепродуктов. На всех обычных судах нефть хранят в специальных емкостях. Простейший способ очистки емкостей перед новой загрузкой – слив остатков в океан. На танкерах, перевозящих нефть, после выгрузки в пустые емкости в качестве балласта заливают морскую воду; ее же используют и для промывки емкостей. Во всех случаях перед новой загрузкой нефти балластные и промывные воды сбрасывают за борт.

Аварии танкеров и внезапные выбросы нефти из скважин в открытом море наносят небольшой урон. Они приводят к попаданию больших количеств нефти в море за короткий промежуток времени. Последствия аварий бывают тяжелыми, но выводят водные экосистемы из равновесия на сравнительно короткое время (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Наиболее крупные разливы нефти при авариях танкеров

<i>Название танкера</i>	<i>Год</i>	<i>Количество разлитой нефти, т</i>
Torrey Canion	1967	119 000
Amoco Cadiz	1978	223 000
Atlantic Empress	1979	287 000
Castulo dt Bellver	1983	252 000
Odissey	1988	132 000
ABT Sammer	1991	260 000
Haven	1991	144 000

Добыча нефти на континентальном шельфе, кроме выбросов самой нефти, приносит и другие отрицательные последствия для

водных экосистем. В ходе бурения скважин используют большое количество бурильного раствора, содержащего добавки тяжелых металлов. После процесса бурения на дне остаются обломки выбуренных пород. При откачке нефти из скважин вместе с нефтью попадает часть воды. Полученную смесь приходится разделять отстаиванием, а воду с остатками нефти сбрасывать в море.

Процесс самоочищения воды от нефти. Нефть представляет собой смесь различных веществ, из которых 50–88% приходится на углеводороды, а остальная часть – на соединения, содержащие помимо углерода и водорода также кислород, серу, азот (гетероциклические соединения). Часть нефтепродуктов с низкой молекулярной массой (4–12 атомов углерода, их в сырой нефти до 50%) довольно быстро испаряется с поверхности воды. Не исключено также, что она вновь может попадать в океан с осадками.

Часть нефтепродуктов растворяется в морской воде и распространяется в ее толще. При этом в ходе химико-биологических превращений образуются новые химические вещества, более растворимые, чем исходные, например спирты и кислоты.

Нефтепродукты быстро образуют с водой стойкие эмульсии, которые затем превращаются в нефтяные комки и сгустки. Дальнейшие превращения нефтепродуктов приводят к увеличению их плотности, и в конечном итоге они оседают на дно.

Под действием кислорода и УФ-излучения нефтепродукты окисляются. В окислении важную роль играют микроорганизмы (бактерии). Нефтепродукты включаются в пищевую цепь водной экосистемы, подавляют фотосинтез водорослей, нарушают хеморецепторные реакции у морских животных, вызывают нарушения репродуктивных и пищевых функций и др. Одна тонна нефти, разливаясь по поверхности моря, занимает площадь 12 км². Нефтяная пленка меняет все физико-химические процессы: повышается температура поверхностного слоя воды, ухудшается газообмен, рыба уходит или погибает. Нефтяная пленка нарушает обмен энергией, теплом, влагой и газами между океаном и атмосферой. В конечном итоге она влияет на климат Земли и баланс кислорода в атмосфере. Пятно не пропускает солнечные лучи, замедляет процесс обновления кислорода в воде. В результате

перестает размножаться планктон – основной продукт питания морских обитателей.

К морским организмам, которые участвуют в процессе самоочищения воды от нефти, относят в основном моллюски: мидии, устрицы, гребешок. Мидии являются самыми распространенными. Крупный моллюск мидии может профильтровать до 70 л воды в сутки и очистить ее от механических и органических веществ.

В процессе самоочищения участвуют также грибы, дрожжи, мшанки, губки, асцидии.

Воздействие нефти на морские организмы. В верхних слоях воды (5–10 см) развивается богатейшее сообщество разнообразных морских организмов – нейстон. Здесь находится "питомник" молоди очень многих видов рыб и беспозвоночных, которые, вырастая, населяют водную толщу морей и океанов.

Очень ядовиты растворимые компоненты нефти. Они становятся причиной гибели рыбы, морских птиц и животных. Канцерогенные компоненты нефтепродуктов (бенз(а)пирен) вызывают не только заболевания гидробионтов, но и опасны для человека, так как передаются и концентрируются в пищевых цепях.

Считается, что в Мировом океане растворенные углеводороды содержатся в количествах примерно 400–1300 млн. т и обнаруживаются на глубинах порядка 1000 м.

Нефтяная пленка на поверхности воды нарушает процесс газообмена, обмена влагой и обмен энергией между водной средой и атмосферой. Нефтяное пятно замедляет процесс фотосинтеза и насыщения воды кислородом. Во время крупных выбросов нефти страдают водоплавающие птицы. Нефть пропитывает их перьевой покров, лишая его водоотталкивающих и теплоизолирующих свойств. При крупных разливах нефти живые организмы могут исчезать до глубины 15 м и на расстоянии до 0,5 км от берега [9, 10].

8.6. Борьба с нефтяным загрязнением

1. При строительстве и эксплуатации буровых платформ на них устанавливают по всей площади настил с системой стока в специальные емкости. Выбуренный со дна шлам собирают, выво-

зят на береговые базы и складировуют в специальных местах, включающих сток в водные объекты.

Промывочные воды, жидкость из систем охлаждения используют в оборотных системах водоснабжения.

Бурение с возможным появлением нефти проводят при наличии обратного клапана на скважине или устройства, которое обеспечит ее своевременное перекрытие.

Перед началом эксплуатации скважина оборудуется герметичным устьевым устройством для сбора отходов.

2. Предотвращение загрязнения, поступающего с нефтеналивных судов. Суда водоизмещением более 70 тыс. т должны иметь емкости для приема чистого балласта. В такие емкости грузить нефть запрещается. Все нефтяные отходы должны поступать на береговые приемные пункты. Все транспортные суда должны быть оснащены сепарационными устройствами для очистки сливных вод, а танкеры – устройствами, позволяющими проводить их мойку без слива нефтяных остатков в море.

Береговые очистные сооружения, куда поступает отработанная вода, должны не только очищать воду, но и регенерировать несколько тысяч тонн нефти. Обычно для мойки нефтяных емкостей используют ПАВ и специальные устройства. Вода не сбрасывается в море, а регенерируется. С каждого танкера удастся собрать в среднем до 300 т нефти.

При отсутствии специальных устройств промывку танкеров осуществляют с помощью береговой станции.

В целях предотвращения утечки нефти совершенствуют конструкцию танкеров: обычно они имеют «двойное дно».

3. Для очистки портовых акваторий от рóзливов нефти применяют плавучие нефтесборщики и бóновые заграждения. Нефтесборщики способны очищать водную поверхность от плавающих нефтепродуктов и мусора.

Бóновые заграждения предназначены для локализации случайных и аварийных разливов нефти на акватории порта и в открытом море. Их изготавливают из стеклопластика, устойчивого к нефти, ветру и течению.

В ряде случаев растекание нефти предотвращают химическими методами. С этой целью по периметру пятна наносят вещества-адсорбенты (пенопласты).

После сбора нефти химическим или механическим способом на поверхности воды остается ее тонкая пленка. Эту пленку удастся удалить с помощью химических веществ, которые приводят к деградации пленки. Диспергирующие вещества не извлекают из воды, поэтому основное требование к ним – безопасность. Нефтяная пленка после такой обработки распадается в толще воды и окончательно разрушается в результате биохимических процессов под действием микроорганизмов [9, 10].

9. Очистка промышленных сточных вод

Существует большое количество способов очистки сточных вод и видов их классификации. Выбор необходимых способов при проектировании станций очистки основывается на виде и концентрации преобладающих примесей (взвешенных твердых частиц, растворенных и органических примесей).

9.1. Очистка стоков от твердых частиц

В зависимости от свойств, концентрации и фракционного состава частиц очистка осуществляется методами процеживания, отстаивания, отделения твердых частиц в поле действия центробежных сил и фильтрования.

1. Процеживание – первичная стадия очистки сточных вод – предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Процеживание сточных вод осуществляется пропуском воды через **решетки и волокнуловители**.

Решетки, изготовленные из металлических стержней с зазором 5–25 мм, устанавливают в коллекторах сточных вод вертикально или под углом 60–70 ° к горизонту. Размеры поперечного сечения решеток выбирают из условия минимальных потерь давления по-

тока воды на решетке. Скорость сточной воды в зазоре между стержнями решетки не должна превышать значений 0,8–1,0 м/с.

При эксплуатации решетки должны непрерывно очищаться, что осуществляется механически. В зависимости от состава примеси, снятые с решеток, измельчают на специальных дробилках и сбрасывают в поток сточной воды за решеткой или направляют на переработку. Однако эта процедура усложняет технологическую схему очистки сточных вод и ухудшает качество воздушной среды в помещениях очистных станций. Для устранения этих недостатков применяют решетки-дробилки, измельчающие задержанные примеси, не извлекая их из воды. Средний размер измельченных примесей не должен превышать 10 мм.

2. Отстаивание основано на особенностях процесса осаждения твердых частиц в жидкости. При этом может иметь место свободное осаждение частиц, сохранивших свои формы и размеры, и осаждение частиц, склонных к коагуляции. В последнем случае частицы меняют свою форму и размеры. Закономерности свободного осаждения частиц практически сохраняются при их объемной концентрации до 1%, что соответствует их массовой концентрации не более 2,6 кг/м³.

Очистку стоков методом отстаивания осуществляют в **песколовках** и **отстойниках**. Песколовки применяют для выделения частиц песка, нерастворимых оксидов металлов и т.д. В зависимости от направления движения воды песколовки делят на горизонтальные с прямым и круговым движением воды, вертикальные и аэрируемые.

На рис. 9.1 представлена схема **горизонтальной песколовки** с прямолинейным движением сточной воды, поступающей в песколовку (2) через входной патрубок (1). Оседающие в процессе движения воды твердые частицы скапливаются в шламосборнике (3) и на дне песколовки, а очищенная сточная вода через выходной патрубок (4) направляется для дальнейшей обработки. Время пребывания воды в песколовке 120 с.

Отстойники используют для выделения из сточных вод твердых частиц размером менее 0,25 мм. По направлению движения воды в отстойниках последние делят на группы: **горизонтальные, вертикальные, радиальные и комбинированные**.

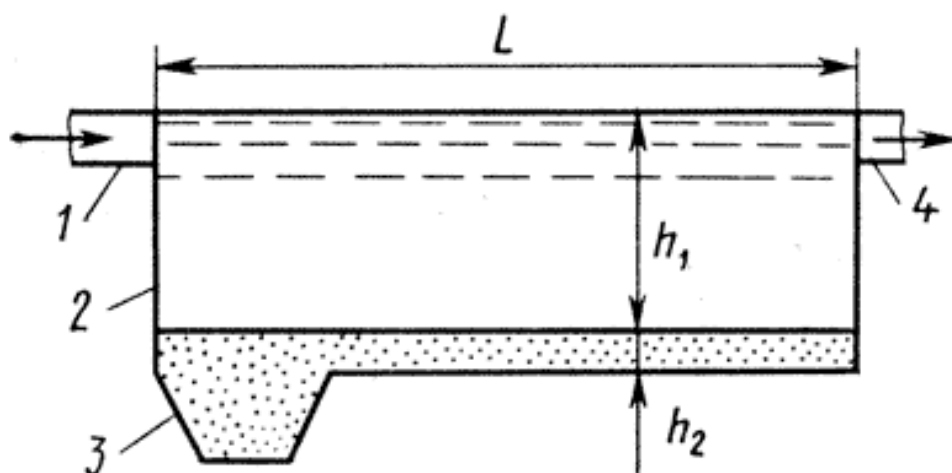


Рис. 9.1. Схема горизонтальной песколовки:
 1 – входной патрубок; 2 – песколовка; 3 – шламосборник;
 4 – выходной патрубок; L – длина песколовки;
 h_1 – высота уровня воды; h_2 – высота слоя песка

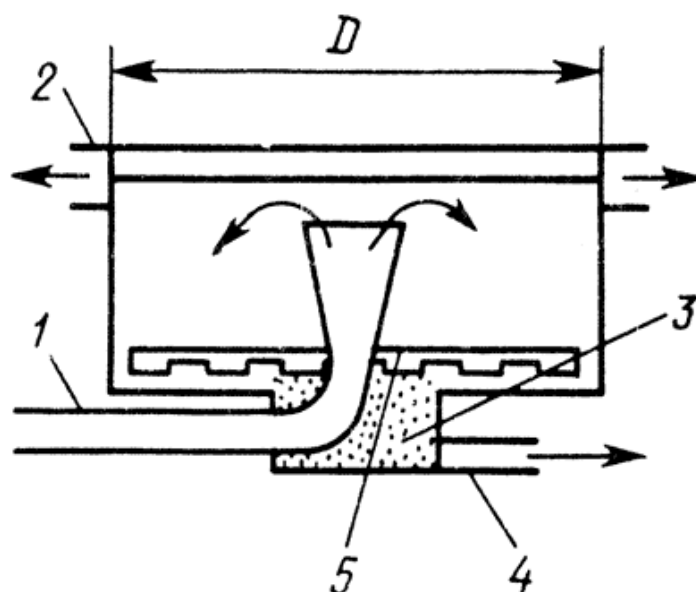


Рис. 9.2. Схема радиального отстойника:
 1 – входной патрубок; 2 – отводящий трубопровод;
 3 – шламосборник; 4 – канал для удаления шлама;
 5 – вращающийся скребок; D – диаметр отстойника

Широкое применение для очистки производственных сточных вод находят **радиальные отстойники** (рис. 9.2.), обладающие высокой производительностью. Очищаемая вода по входному патрубку (1) с расширяющимся диаметром сечения на выходе

поступает в отстойник и движется в радиальном направлении. Увеличение выходного диаметра патрубка обеспечивает при заданном расходе уменьшение скорости течения сточной воды из трубопровода и, следовательно, увеличение вероятности ламинарного осаждения твердых частиц в отстойнике. Очищенная сточная вода по отводящим трубопроводам (2) направляется для дальнейшей обработки, а шлам направляется в шламосборник (3) вращающимся скребком (5) и через канал (4) периодически удаляется из отстойника. Диаметр отстойника рассчитывают по скорости осаждения наиболее мелких частиц.

3. Отделение твердых примесей в поле действия центробежных сил осуществляется в открытых или напорных гидроциклонах и центрифугах. Открытые гидроциклоны применяют для выделения из стоков крупных твердых частиц со скоростью осаждения более 0,02 м/с. Преимущества открытых гидроциклонов перед напорными – большая производительность и малые потери напора воды.

На рис. 9.3 представлена схема открытого гидроциклона. Он состоит из патрубка (1), кольцевого водослива (2), трубы для отвода очищенной воды (3) и шламоотводящей трубы (4). Загрязненная вода подается в патрубок (2) по касательной к внутренней стенке. При закручивании водного потока твердые частицы под действием центробежных сил отбрасываются к стенке аппарата, затем оседают на дно и периодически удаляются через отверстие (4). Производительность аппарата прямо пропорционально зависит от диаметра (D), который может иметь значения 2–10 м.

4. Фильтрация сточных вод предназначено для очистки их от тонкодисперсных примесей с невысокой концентрацией. Обычно используют два класса фильтров: зернистые, в которых очищаемую жидкость пропускают через насадки несвязанных пористых материалов, и микрофильтры, фильтроэлементы которых изготовлены из связанных пористых материалов. В зернистых фильтрах широко используют в качестве фильтроматериалов кварцевый песок, дробленый шлак, гравий, антрацит и т.п. Зернистые фильтры изготавливают одно- и многослойными.

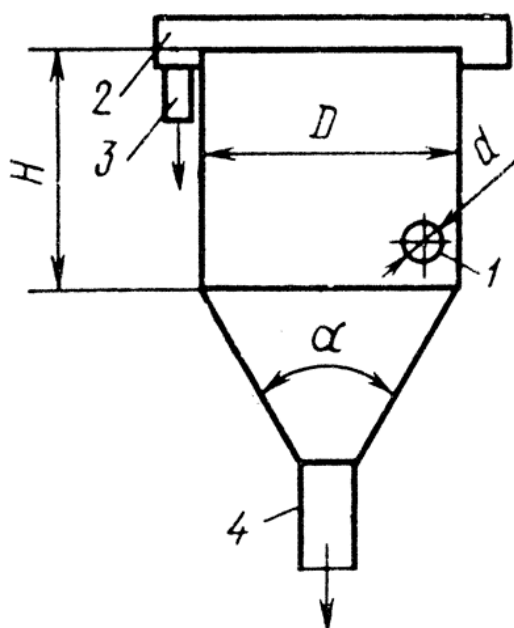


Рис. 9.3. Схема открытого гидроциклона:

- 1 – входной патрубок (d – его диаметр); 2 – кольцевой водослив;
 3 – отвод очищенной воды; 4 – шламоотводящая труба;
 D – диаметр аппарата; H – высота аппарата;
 α – угол конической части ($\alpha=60^\circ$)

9.2. Очистка сточных вод от маслопродуктов

1. Процесс отстаивания основан на закономерностях всплытия маслопродуктов в воде по тем же законам, что и осаждение твердых частиц. Процесс отстаивания осуществляют в отстойниках и маслоловушках. Конструкции этих аппаратов аналогичны конструкции горизонтального отстойника. При среднем времени пребывания воды в маслоловушке, равном двум часам, скорость ее движения составляет $0,003\text{--}0,008$ м/с. В результате отстаивания маслопродукты, имеющие меньшую плотность, всплывают на поверхность, откуда удаляются маслосборным устройством.

Для очистки концентрированных маслосодержащих стоков применяют обработку сточных вод реагентами, способствующими коагуляции примесей в эмульсиях. В качестве реагентов используют Na_2CO_3 , H_2SO_4 , NaCl , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, смесь NaCl и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

2. Отделение маслопродуктов в поле действия центробежных сил осуществляют в напорных гидроциклонах. При этом целесообразно использовать комбинированный напорный гидро-

циклон для одновременного выделения твердых частиц и маслопродуктов. На рис. 9.4 представлена схема напорного гидроциклона для одновременного выделения из воды твердых частиц (оксидов металлов) и маслопродуктов.

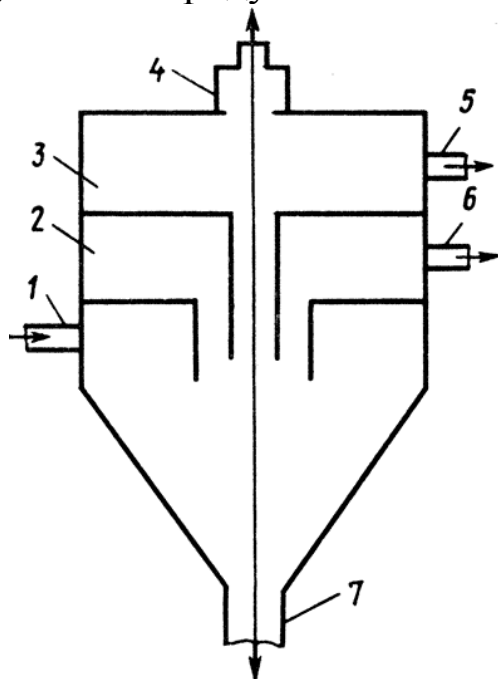


Рис. 9.4. Схема комбинированного напорного гидроциклона:
 1 – входной трубопровод; 2 – камера для сбора сточной воды после очистки; 3 – камера для сбора маслопродуктов;
 4 – регулятор давления; 5 – трубопровод для вывода маслопродуктов; 6 – трубопровод для вывода сточной воды;
 7 – шламособорник для нерастворимых твердых примесей

Сточная вода через установленный тангенциально по отношению к корпусу гидроциклона входной трубопровод (1) поступает в гидроциклон. Вследствие закручивания потока сточной воды твердые частицы отбрасываются к стенкам гидроциклона и стекают в шламособорник (7). Оттуда они периодически удаляются. Сточная вода с содержащимися маслопродуктами движется вверх, при этом вследствие меньшей плотности маслопродуктов они концентрируются в ядре закрученного потока, который поступает в приемную камеру (3), и через трубопровод (5) выводятся из гидроциклона для последующей утилизации. Сточная вода, очищенная от твердых частиц и маслопродуктов, скапливается в камере (2), откуда через трубопровод (6) отводится для дальнейшей очистки. Регулируемое гидравлическое сопротивление (4)

предназначено для выпуска воздуха, концентрирующегося в ядре закрученного потока очищаемой сточной воды. Эффективность действия данных гидроциклонов по отношению к твердым частицам и маслопродуктам составляет соответственно 70% и 50%.

3. Очистка сточных вод от маслопродуктов флотацией заключается в интенсификации процесса их всплывания при обволакивании их частиц пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду. В основе процесса лежит молекулярное слипание частиц масла и пузырьков тонкодиспергированного в воде воздуха. Образование агрегатов "частица – пузырьки воздуха" зависит от интенсивности столкновения их друг с другом, химического взаимодействия находящихся в воде веществ, избыточного давления воздуха в сточной воде.

В зависимости от способа образования пузырьков воздуха различают несколько видов флотации: *напорную, пневматическую, пенную, химическую, биологическую и электрофлотацию.*

4. Очистка стоков от маслопродуктов фильтрованием – заключительный этап очистки. Этот этап необходим, поскольку концентрация маслопродуктов в сточной воде на выходе из отстойников и гидроциклонов достигает 0,01–0,2 кг/м³ и значительно превышает ПДК для маслопродуктов в водоемах.

Исследование процессов фильтрации сточных вод, содержащих примеси масла, показали, что кварцевый песок – лучший фильтроматериал. Применение реагентов повышает эффективность очистки, однако при этом существенно возрастает стоимость очистных сооружений и усложняется процесс их эксплуатации. Образующийся при этом осадок требует дополнительных устройств для его переработки.

В качестве фильтроматериалов, кроме кварцевого песка, используют доломит, керамзит, глауконит. Эффективность очистки повышается при добавлении волокнистых материалов (асбеста и отходов его производства). Перечисленные фильтрующие материалы характеризуются рядом недостатков – малой скоростью фильтрации, сложностью процессов регенерации материала. Эти недостатки устраняются при использовании пенополиуретана. Этот материал обладает большой маслопоглощающей способно-

стью, обеспечивает эффективность очистки до 99% при скорости фильтрования до 0,01 м/с, насадка и полиуретана легко регенерируется механическим отжиманием маслопродуктов [8].

9.3. Очистка сточных вод от растворимых примесей

Данный вид очистки осуществляется *экстракцией, адсорбцией, нейтрализацией, электрокоагуляцией, ионным обменом, озонированием*. Обычно перечисленные методы используют для очистки сточных вод от неорганических веществ.

Экстракция – процесс перераспределения примесей сточных вод в двух взаимно нерастворимых жидкостях (сточной воде и экстрагенте) в соответствии с коэффициентом экстракции. Чаще всего экстракцию применяют для очистки сточных вод от фенола. При использовании в качестве экстрагента бензола или бутилацетата коэффициент экстракции составляет соответственно 2,4 и 8-12. Для интенсификации процесса экстракции перемешивание сточных вод с экстрагентом осуществляют в экстракционных колоннах, заполненных насадками в виде колец. После завершения процесса смесь сточной воды и экстрагента подвергают отстаиванию, затем жидкости разделяют путем слива сточной воды (поскольку она имеет большую плотность, чем экстрагент). Экстрагент можно использовать несколько раз, после чего из него извлекают фенол путем отгонки растворителя. Сточную воду направляют на дальнейший этап очистки.

Адсорбция – процесс поглощения примесей из стоков веществами с высокоразвитой поверхностью. В качестве сорбентов используют любые мелкодисперсные вещества – золу, торф, опилки, шлаки, глину. Наиболее эффективным сорбентом является активированный уголь.

Вследствие обратимости процесса адсорбции, ее используют для очистки стоков от примесей, которые можно использовать как вторичное сырье.

Нейтрализация сточных вод предназначена для выделения из них неорганических веществ – кислот (H_2SO_4 ; HCl ; HNO_3 ;

H_3PO_4), щелочей (NaOH и KOH), а также солей металлов на основе перечисленных кислот и щелочей.

Нейтрализацию осуществляют следующими способами:

- смешиванием кислых и щелочных производственных сточных вод;
- смешиванием кислых производственных сточных вод с бытовыми стоками, имеющими щелочной характер;
- добавлением щелочных (кислых) реагентов в кислые (щелочные) сточные воды;
- фильтрацией кислых сточных вод через фильтровальную загрузку щелочного характера (известняк, мрамор, доломит).

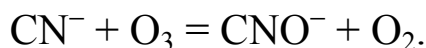
В качестве реагентов для нейтрализации кислых стоков используют любые щелочи и их соли (NaOH , KOH , известь, известняк, доломит, мел, мрамор, магнезит, сода и др.). Наиболее дешевый и доступный реагент $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Для нейтрализации сточных вод, содержащих щелочи и их соли, применяют кислоты – обычно техническую серную кислоту.

Электрокоагуляция применяется для очистки сточных вод от соединений хрома, других тяжелых металлов и цианидов. При пропускании электрического тока происходит анодное растворение поверхности стальных электродов и образующиеся при этом ионы Fe^{2+} восстанавливают катионы Cr^{6+} до Cr^{3+} . Одновременно происходит гидролиз ионов железа и хрома с образованием нерастворимых гидроксидов – $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Сточная вода с гидроксидами поступает из электролизера в центрифугу, в которой происходит отделение гидроксидов. Очищенная от хрома вода поступает для дальнейшей очистки или при закрытом вентиле для повторного использования в промывных ваннах.

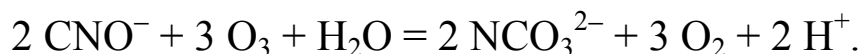
Ионообменные методы очистки сточных вод находят применение в различных отраслях химической промышленности в основном для очистки воды от солей тяжелых металлов. Эти методы позволяют обеспечивать высокую эффективность очистки, а также получать выделенные из сточной воды металлы в виде относительно чистых и концентрированных солей.

Для ионообменной очистки сточных вод используют синтетические ионообменные смолы в OH -форме.

Озонирование – процесс обработки сточной воды озоном. Он применяется для очистки воды от солей тяжелых металлов, цианидов, сульфидов и других растворимых примесей, способных к реакции окисления. При подаче озона в сточную воду цианид-ионы окисляются в соответствии с уравнением



По мере окисления цианид-ионов в сточной воде появляются цианит-ионы CNO^- , около 30% общего количества которых окисляется в соответствии с уравнением



При этом реакция окисления CNO^- начинается в тот момент, когда концентрация цианид-иона в сточной воде уменьшается до 0,003-0,004 кг/м³. Скорость протекания второй реакции в семь раз меньше, чем первой. Остальные 70% цианит-ионов гидролизуются в сточной воде с образованием аммиака, который сразу же окисляется до нитрат-иона.

9.4. Очистка сточных вод от органических примесей

Данный вид очистки относится к биологическим методам, которые реализуют в естественных и искусственных сооружениях. В **естественных сооружениях** очистку осуществляют на полях фильтрации или орошения и в биологических прудах.

Суть биологической очистки состоит в том, что при фильтровании сточной воды через слой почвы в ней адсорбируются взвешенные и коллоидные вещества, которые со временем образуют в порах почвы микробиологическую пленку. Эта пленка адсорбирует и окисляет задержанные органические вещества, превращая их в минеральные соединения.

Различают биологические пруды с естественной и искусственной аэрацией. Требуемая площадь прудов с искусственной аэрацией существенно меньше за счет более равномерного пере-

мешивания сточной воды сжатым воздухом, подаваемым в придонную часть пруда. Кроме того, уменьшение площади связано с повышенной концентрацией кислорода в воде. Биологическая очистка сточных вод в **искусственных сооружениях** осуществляется в биологических фильтрах, аэротенках и окситенках.

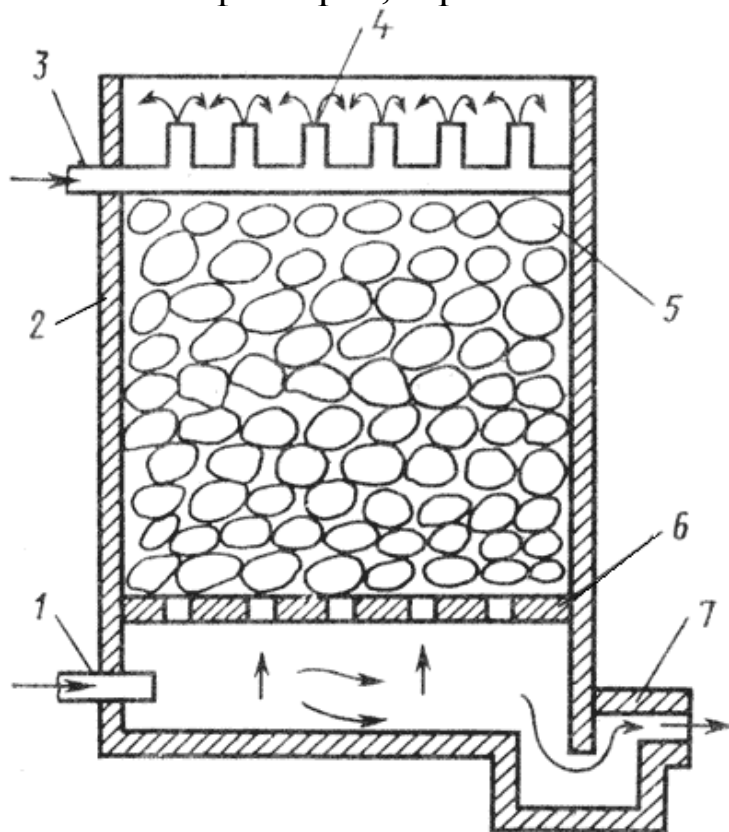


Рис. 9.5. Схема биологического фильтра:

- 1 – трубопровод для подачи сжатого воздуха; 2 – корпус фильтра; 3 – трубопровод для подачи сточной воды;
- 4 – водораспределительное устройство; 5 – загрузка;
- 6 – опорная решетка; 7 – трубопровод для очищенной воды

На рис. 9.5 представлена схема **биологического фильтра** с принудительной подачей воздуха. Сточная вода по трубопроводу (3) поступает в фильтр (2) и через водораспределительные устройства (4) равномерно разбрызгивается по площади фильтра. При разбрызгивании сточная вода поглощает часть кислорода из воздуха. В процессе фильтрования через загрузку (5), в качестве которой используют шлак, щебень, керамзит, пластмассу, гравий, на загрузочном материале образуется биологическая пленка, микроорганизмы которой поглощают органические вещества.

Интенсивность окисления органических примесей в пленке существенно увеличивается при подаче сжатого воздуха через трубопровод (1) и опорную решетку (6) в направлении, противоположном фильтрованию. Очищенная от органических примесей вода выводится из фильтра через трубопровод (7).

Аэротенки по конструкции аналогичны отстойникам, в которые помещают активный ил – микроорганизмы – и подают сжатый воздух, обеспечивающий интенсификацию процесса окисления органических веществ.

Окситенки – модификация аэротенков, в которые вместо сжатого воздуха подают газообразный кислород. При этом процессы окисления существенно интенсифицируются, но усложняются условия эксплуатации вследствие повышенной взрывоопасности [8].

9.5. Методы уменьшения объема сточных вод. Организация оборотного водоснабжения на предприятии

Оборотное водоснабжение – быстрое повторное поступление использованной воды в технологические циклы или бытовые водопроводные сети после ее очистки. **Основная цель** – использование воды без поступления ее в природные циклы. При создании замкнутых водооборотных циклов обязательным условием является выделение минимально трех различных систем водоснабжения: *охлаждающей, экстрагенной (или технической) и транспортной*.

Схема водоснабжения должна приниматься с оборотом воды, общим для всего промышленного предприятия или в виде замкнутых циклов для отдельных производств, цехов или установок. При этом в зависимости от назначения воды надлежит предусматривать необходимую очистку, охлаждение, обработку отработавшей воды и ее повторное использование.

Количество систем оборотного водоснабжения на предприятии надлежит устанавливать с учетом технологии производства, назначения воды, требований, предъявляемых к качеству, температуре, давлению воды.

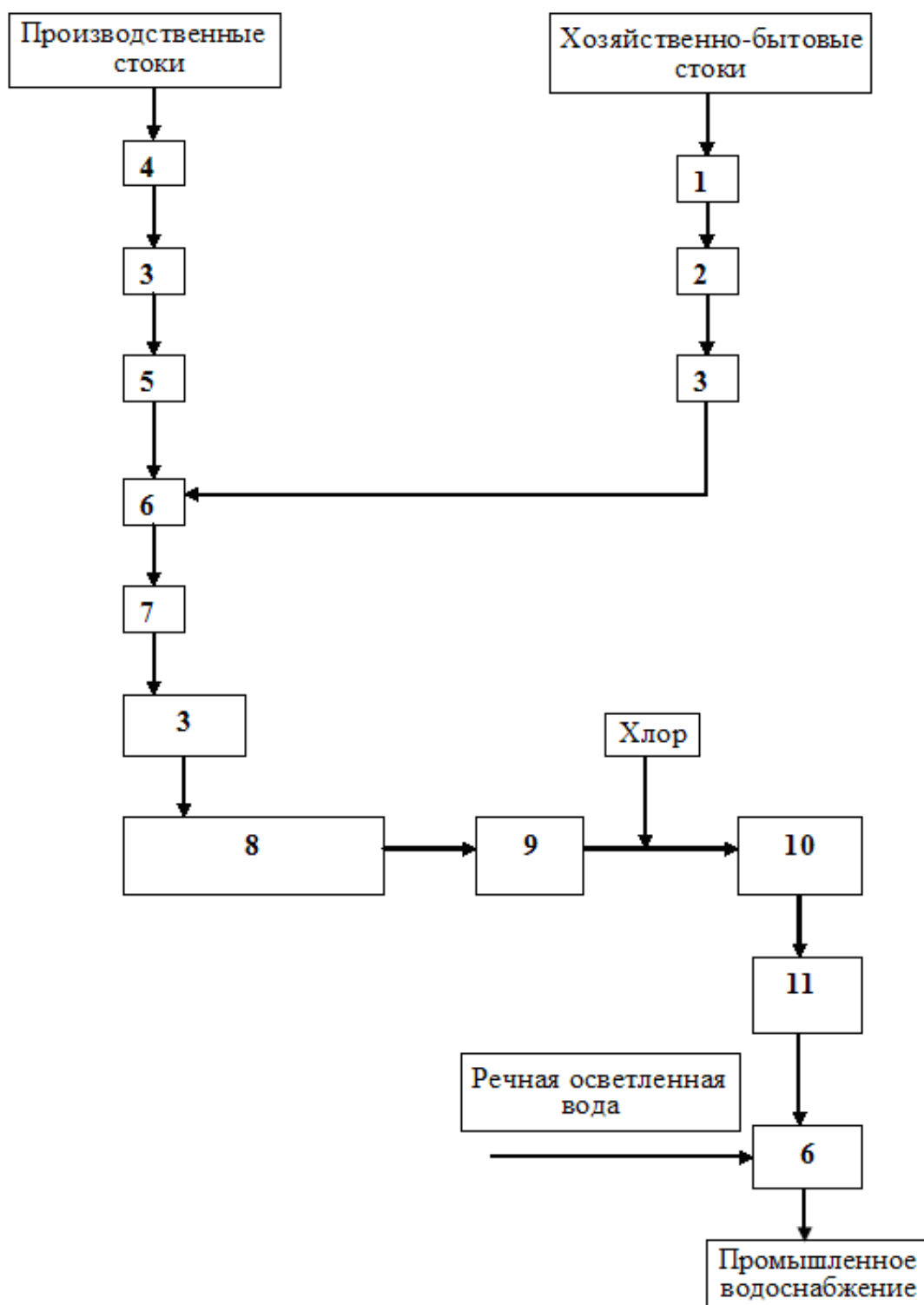


Рис.9.6. Принципиальная схема подготовки сточных вод к повторному использованию в системе промышленного водоснабжения: 1 – решетки – дробилки; 2 – песколовки; 3 – отстойники; 4 – приемная камера; 5 – усреднитель; 6 – смеситель; 7 – аэротенки; 8 – биологические пруды с макрофитами; 9 – микрофилтры; 10 – контактные резервуары; 11 – насосная станция

Для систем оборотного водоснабжения должен составляться баланс воды, включающий потери, необходимые сбросы и добавление воды в систему для компенсации убыли из нее. При составлении баланса в состав общей убыли воды из системы необходимо включать:

- 1) безвозвратное потребление и потери воды в производстве;
- 2) потери воды на испарение при охлаждении;
- 3) потери воды в градирнях и оросительных теплообменниках (каналах) вследствие уноса ветром;
- 4) потери воды на фильтрацию из прудов-осветлителей и прудов-охладителей.

Требования к качеству воды, подаваемой на производственные нужды, должны устанавливаться в зависимости от назначения воды и установленного технологического оборудования.

Добавочная и оборотная вода при необходимости должна очищаться от механических примесей.

Для предупреждения развития бактериальных и других биологических обрастаний в теплообменных аппаратах и трубопроводах применяют хлорирование оборотной воды.

В нефтеперерабатывающей промышленности РФ часть заводов, расположенных в маловодных районах, работают без сброса сточных вод в водоемы. Сточные воды первой системы канализации, содержащие органические соединения, после механической и биологической очистки полностью используются в замкнутом цикле. Сточные воды второй системы канализации – высококонцентрированные солесодержащие стоки – после очистки направляются на поля испарения.

Системы оборотного водоснабжения необходимо проектировать на основе анализов природной воды, принятой для добавления в систему, характера загрязнений отработанной воды, намечаемых методов ее очистки. Необходимо учитывать возможные механические и карбонатные отложения, биологические обрастания и коррозию трубопроводов и теплообменных аппаратов. При необходимости надлежит предусмотреть обработку добавочной или оборотной воды соответствующими реагентами.

Термическое обезвреживание осуществляется в две ступени. На первой ступени стоки упаривают более чем на 90%, конденсат

возвращают в оборотную систему охлаждающего водоснабжения. На второй ступени концентрированные растворы упаривают досуха, сухой остаток направляют на захоронение.

Более предпочтительной является схема замкнутого водного хозяйства не отдельного промышленного предприятия, а крупного комплекса или района с включением в нее проточных водоемов аэробного типа с культурами высших водных растений (макрофитами). Сточные воды проходят систему каналов и поступают в пруд. После выхода из него они подвергаются фильтрации и затем используются в качестве технической воды в системе замкнутого водоснабжения предприятий и комплексов (рис. 9.6) [8].

10. Очистка бытовых сточных вод

Канализация – комплекс инженерных сооружений и санитарных мероприятий, обеспечивающих сбор и удаление за пределами населенных мест и промышленных предприятий загрязненных сточных вод, их очистку, обезвреживание и обеззараживание. Мощность очистных сооружений канализации в РФ составляет 58,6 млн. м³ в сутки. Протяженность канализационных сетей в населенных пунктах достигает 114,2 тыс. км. Городами и другими населенными пунктами сбрасывается через системы канализации 21,9 млрд. м³ сточных вод в год. Из них 76% проходит через очистные сооружения, в том числе 94% – сооружения полной биологической очистки.

Система городской канализации может быть двух видов – **раздельная** и **полураздельная**.

1. Раздельная система предусматривает устройство двух сетей для отвода стоков. По производственно-бытовой сети хозяйственно-бытовые и промышленные стоки попадают на очистные сооружения. По ливневому стоку, как правило, без очистки в ближайший водный объект отводятся дождевые и талые воды, а также стоки, образующиеся при поливе и мойке дорожных покрытий города.

2. Полураздельная система отводит на очистку все производственно-бытовые стоки города и большую часть поверхност-

ного (ливневого) стока. Конструктивно эта система состоит из двух самостоятельных сетей – уличной и производственно-бытовой, а также главного отводного коллектора. По нему все стоки попадают на очистные сооружения. Ливневая сеть присоединяется к главному коллектору через разделительные камеры. В камерах при сильном ливне часть практически незагрязненной воды отделяется и сбрасывается по уличной сети в водный объект [8].

10.1. Этапы очистки бытовых сточных вод

Очистка бытовых сточных вод может проводиться механическими и биологическими методами. При механической очистке сточные воды разделяют на жидкую и твердую фракции. Жидкая часть подвергается биологической очистке в аэротенках и биофильтрах.

1. Фильтрация. Когда сточные воды поступают на очистную станцию, они проходят сначала через систему решеток и сеток, благодаря чему все крупные посторонние предметы не попадают в очистные сооружения.

2. Первичная очистка. Сточные воды поступают в песколовку, где нерастворимые примеси неорганического происхождения выпадают на дно медленно текущего потока. Затем поток воды направляется в бассейн для отстаивания (отстойник), где твердые органические частицы постепенно оседают из воды. Отстаивание – чисто физический процесс, здесь не протекает никаких химических или биологических процессов. Оседание органических частиц из воды происходит вследствие уменьшения скорости течения. По мере того как скорость потока уменьшается, вода все слабее увлекает за собой взвешенные в ней примеси и органические примеси медленно оседают на дно бассейна. Количество твердых органических веществ, удаляемых в отстойнике, может достигать 35% всего органического вещества, содержащегося в сточных водах обычного города.

3. Вторичная очистка. Следующий за отстаиванием процесс предназначен для удаления растворенных органических веществ. В одном из процессов, называемом **биохимической очисткой** стоков, используются микроорганизмы. Процесс проходит в аэри-

руемом резервуаре – **аэротенке**. С одного конца в аэротенк с активным илом из отстойника поступает постоянный поток сточной воды, постепенно сливающийся на другом конце резервуара. На выходе сточные воды содержат большое количество микроорганизмов, но мало растворенных органических веществ. Активный ил удаляет из сточных вод 80–85% растворенных органических веществ. Популяция микроорганизмов, которая постоянно обитает в аэротенке, использует растворенные органические вещества для питания, роста и размножения. Таким образом, органические вещества удаляются из сточных вод и преобразуются либо в увеличивающуюся биомассу микроорганизмов, либо в конечные продукты биологического окисления. При наличии кислорода эти конечные продукты представляют углекислый газ и воду.

Твердые частицы, образованные в аэротенке с активным илом, находятся во взвешенном состоянии и покидают аэротенк вместе с водой. Эта вода направляется в другой отстойник, где происходит осаждение образованного микроорганизмами осадка. Осадок из второго отстойника, содержащий активные микроорганизмы и на 98–99% состоящий из воды, смешивается с твердым осадком из первого отстойника. Это происходит в специальной установке – **перегнивателе**.

Часть осадка, извлеченного из второго отстойника, вновь возвращается в первый резервуар в качестве "посевого" материала. Ил смешивается с потоком сточных вод после первичной обработки. Это дает начало исходной популяции микроорганизмов, которые вновь начнут обработку смеси в бассейне.

Другая, достаточно распространенная, процедура вторичной очистки состоит в использовании **капельных биофильтров**. В этом случае сточная вода поступает в резервуар сверху и просачивается сквозь слой щебня в большой бетонный бассейн. При длительном использовании фильтра на поверхности щебня вырастает слой микроорганизмов, которые используют растворенные в воде органические вещества для роста и размножения. Активный слой, покрывающий щебень, понемногу смывается потоком воды. В результате из сточных вод удаляются взвешенные и растворенные органические вещества. Такие фильтры способны удалить 80–85% органических веществ.

Твердый осадок, удаленный в отстойнике, смешивается с осадком из первичного аэротенка и поступает в перегниватель. Процесс **перегнивания** отходов состоит в превращении отстоя (шлама) твердых органических отходов в устойчивый (неразложимый) материал. Процесс происходит в большом подогреваемом резервуаре без доступа кислорода (в анаэробных условиях). В резервуаре развивается особая культура микроорганизмов, которые превращают органические загрязнения в конечные устойчивые продукты, включающие метан и сероводород. Метан обычно сжигается для получения тепла, необходимого для поддержания в перегнивателе требуемой температуры. В результате образуется твердый неразложимый продукт, который затем высушивается на иловых площадках или в вакуумных камерах.

Таким образом, **первичная** и **вторичная** очистки способны вместе удалять из сточной воды до 90% органических загрязнений.

4. Третичная очистка. Процесс, следующий за вторичной очисткой, обычно называют **третичной очисткой**. Основная ее задача – удалить из сточных вод соединения азота и фосфора, поскольку именно эти соединения обуславливают эвтрофикацию природных водоемов, что приводит к бурному развитию водорослей. Удаление фосфатов осуществляется путем их химического осаждения с последующим отстаиванием. В сточную воду добавляют соединения железа (II), железа (III), соли алюминия и известь, поскольку фосфаты железа, алюминия, кальция нерастворимы. Образующийся осадок удаляют путем отстаивания, а остаточные его количества – путем фильтрования через слой кварцевого песка, угольной или гранитной крошки и гравия.

Соединения азота содержатся в сточных водах в виде солей аммония, нитратов и нитритов. Данные соединения являются растворимыми и выделить их в виде осадка невозможно. Поэтому применяют метод адсорбции. Он состоит в пропускании потока обрабатываемой воды через башню, заполненную гранулами активированного угля.

Этап третичной очистки, как правило, является очень дорогим и технически трудным. Поэтому его применяют крайне редко.

5. Хлорирование. После третичной очистки в воде могут сохраняться патогенные микроорганизмы и вирусы. Для эффектив-

ной обработки дозу хлора подбирают таким образом, чтобы содержание кишечной палочки в воде, сбрасываемой в водоем, не превышало 1000 в 1 литре воды, а уровень остаточного хлора составлял бы 1,0–1,5 мг/л. Обработку воды проводят жидким хлором, хлорной известью или гипохлоритом натрия.

Однако хлорирование воды содержит ряд проблем. Хлор и его соединения с аммиаком ядовиты для рыб, обитающих в водоемах. Другая проблема, связанная с хлорированием сточных вод, состоит в том, что в воде вследствие реакции хлора с углеводородами могут образовываться хлорированные углеводороды, которые обладают канцерогенными свойствами.

Поэтому альтернативным методом дезинфекции воды может служить **озонирование**. Озон – сильное дезинфицирующее средство, он быстро исчезает из обработанной воды и, по-видимому, не образует попутных токсичных соединений [8–10].

10.2. Утилизация и ликвидация осадков сточных вод

Осадки сточных вод – это водные суспензии с объемной концентрацией твердой фазы от 0,5 до 10%. Чтобы отправить осадки сточных вод на ликвидацию или утилизацию, их подвергают предварительной обработке с целью получения шлама, свойства которого обеспечивают возможность его утилизации или ликвидации с наименьшими затратами энергии и загрязнением окружающей среды. Технологический цикл обработки осадков сточных вод представлен на рис. 10.1.

Уплотнение осадков сточных вод является первичной стадией их обработки. Распространены гравитационный и флотационный методы уплотнения, которые применяют в отстойниках-уплотнителях и установках напорной флотации. Используют также центробежное уплотнение осадков в циклонах и центрифугах, перспективно вибрационное уплотнение путем фильтрования осадка через фильтрующие перегородки или с помощью погруженных в осадок вибраторов.

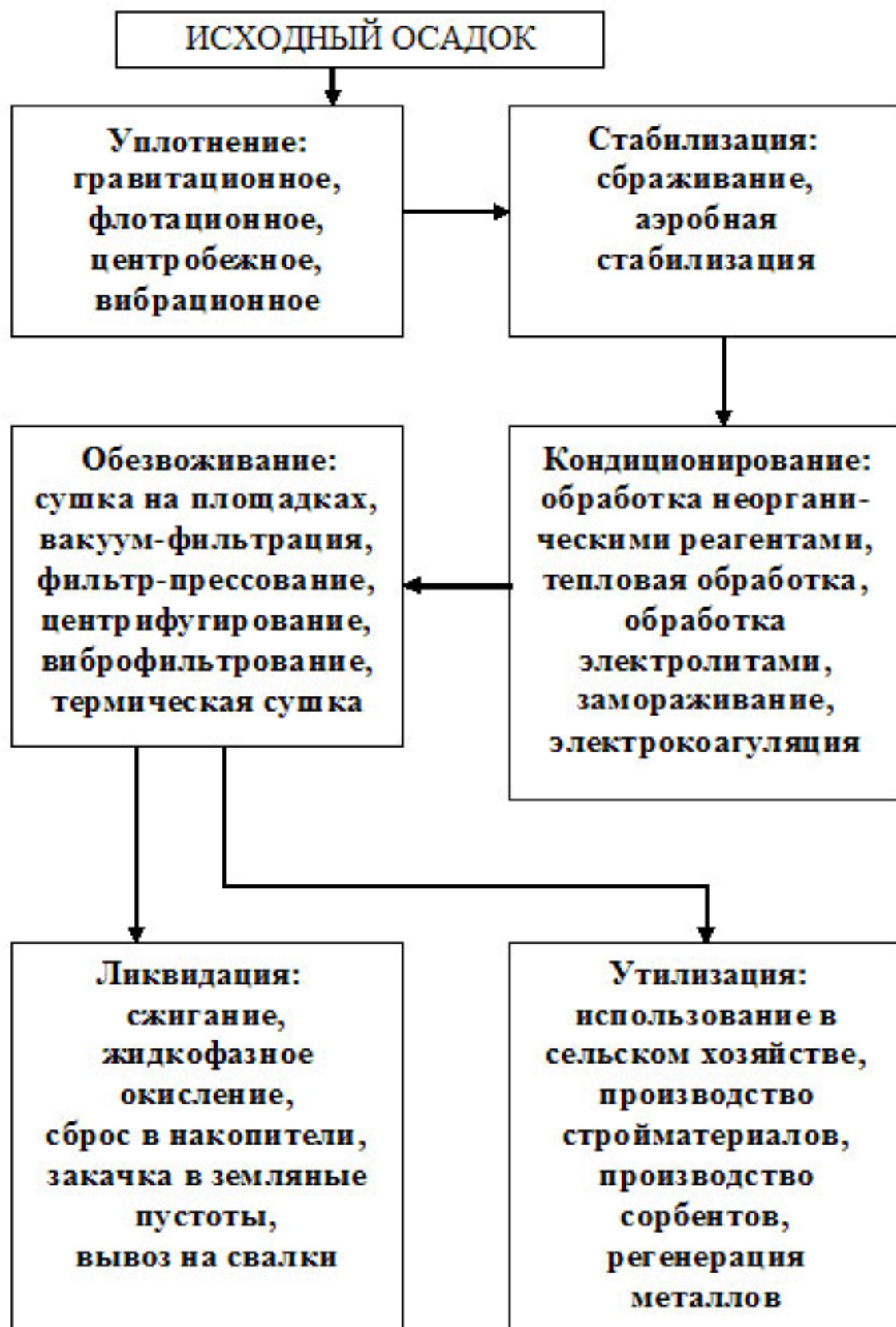


Рис. 10.1. Технологический цикл обработки осадков сточных вод

Стабилизация осадка используется для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества, что предотвращает загнивание осадков при длительном хранении на открытом воздухе (сушка на иловых площадках, использование в качестве сельскохозяйственных удобрений и т.п.). Для стабилизации осадков промышленных сточных вод применяют в основном ***аэробную стабилизацию*** – длительное аэрирование осадков в сооружениях типа аэротенков, в результате чего происходит распад основной части биологически разлагаемых веществ, подверженных гниению. Период аэробной стабилизации при температуре 20 °С составляет 8–11 суток, расход кислорода на 1 кг осадка – 0,7 кг.

Кондиционирование осадков проводят для разрушения коллоидной структуры осадка органического происхождения и увеличения его водоотдачи при обезвоживании. В промышленности применяют в основном метод кондиционирования с помощью хлорида железа (III) и извести. Стоимость такой обработки составляет до 40% стоимости всех затрат при обработке осадка. Поэтому иногда используют более экономичные методы кондиционирования: тепловую обработку, замораживание, электрокоагуляцию.

Обезвоживание осадков сточных вод предназначено для получения шлама с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы до 80%. До недавнего времени обезвоживание осуществлялось в основном сушкой осадков на иловых площадках. Однако такой процесс имеет низкую эффективность; для него требуются большие земельные участки, загрязняется воздушная среда. Осадки промышленных сточных вод обезвоживают с помощью вакуум-фильтрования, центрифугирования и вибрационного фильтрования. Обезвоживание термической сушкой применяется для осадков, содержащих сильно токсичные вещества, которые перед ликвидацией и утилизацией необходимо обезвредить.

Ликвидация осадков сточных вод применяется в тех случаях, когда **утилизация** оказывается невозможной или экономически нерентабельной. Выбор метода ликвидации осадков определяется их составом, а также размещением и планировкой промышленного предприятия. Сжигание – один из наиболее распространенных методов ликвидации осадков сточных вод. Предварительно обезвоженные осадки органического происхож-

дения имеют теплоемкость 16,8-21,0 МДж/кг, что позволяет поддерживать процесс горения без использования дополнительных источников теплоты. Осадки сжигают на станциях очистки сточных вод в циклонных печах и печах кипящего слоя [8–10].

10.3. Водоохранные зоны

Согласно Водному Кодексу РФ **водоохранной зоной** является территория суши, примыкающая к акватории, на которой устанавливается специальный режим использования и охраны природных ресурсов и осуществления иной хозяйственной деятельности.

В пределах водоохранной зоны устанавливаются прибрежные защитные полосы, где запрещено распахать землю, вырубать лес, размещать животноводческие фермы, лагеря, базы отдыха и вести другую деятельность.

Минимальная ширина водоохраной зоны для рек представлена в таблице 10.1.

Таблица 10.1

Ширина водоохранной зоны для рек

Расстояние по длине реки от места сброса	Ширина водоохранной зоны
От истока до 10 км	15 м
От 11 до 50 км	100 м
От 51 до 100 км	200 м
От 101 до 200 км	300 м
От 201 до 300 км	400 м
От 301 км и более	500 м

Для озер и водохранилищ ширина водоохранной зоны составляет:

- при акватории водоема до 2 км² – 300 м;
- при акватории более 2 км² – 500 м.

Ширина района морского водопользования в сторону моря составляет не менее 2 км. От этой границы в сторону моря установлены два пояса зоны санитарной охраны. В первом поясе не допускается превышение установленных нормативных показате-

лей микробного и химического загрязнения в результате слива стоков с судов. По ширине этот пояс должен составлять не менее 10 км.

Второй пояс имеет внешнюю границу, совпадающую с границей территориальных вод для внутренних и внешних морей.

В пределах первого пояса разрешается сброс с судов сточных вод, происхождение и состав которых определены Международной конвенцией 1973 г. по предотвращению загрязнения с судов. Сброс стоков разрешен при соблюдении условий:

- на судне действует установка по очистке стоков;
- сброс не приводит к появлению видимых плавающих твердых частиц и не вызывает изменения цвета воды.

В пределах первого пояса охраны вод запрещается сбрасывать в море стоки, которые можно использовать в оборотных системах водоснабжения. А также запрещается сбрасывать воды, которые содержат ценные отходы и воды, содержащие вещества, для которых не установлены ПДК.

При разработке естественных богатств запрещается сбрасывать стоки, содержащие радиоактивные вещества. Если границы континентального шельфа совпадают с границами района водопользования, требования к составу и свойствам морских вод над шельфом должны отвечать требованиям, предъявляемым к воде района водопользования [8].

11. Экологический риск

11.1. Основные понятия

Понятие безопасности. В широком смысле **безопасность** – это способность противостоять угрозам по отношению к жизни, здоровью, благополучию, основным правам человека, источникам жизнеобеспечения, природным ресурсам, социальному порядку. **Безопасность** – это состояние защищенности отдельных лиц, общества и природной среды.

Наряду с понятием «безопасность» используют противоположные понятия: «риск», «ущерб», «опасность».

Риск – это мера ожидаемой неудачи или неблагополучия в деятельности, опасность наступления для окружающей среды или здоровья человека неблагоприятных последствий. **Риск** – многокомпонентная величина, в которую входит ущерб от воздействия опасного фактора, вероятность появления данного фактора и неопределенность в величинах вероятности и ущерба.

Ущерб – это фактические или возможные потери и ухудшение природной среды вследствие изменения деятельности человека (или общества).

Опасность – ситуация в окружающей среде, в которой при определенных условиях возможно возникновение нежелательных событий, явлений или процессов, воздействие которых на человека и окружающую среду может привести к следующим последствиям:

- отклонение здоровья человека от среднестатистического значения;
- ухудшение состояния окружающей среды.

Факторы опасности (или угрозы безопасности). Их обычно классифицируют по источнику. При этом выделяют:

1. Военные угрозы: ядерная война, распространение оружия массового уничтожения, международные перевозки вооружений, крупные войны и локальные конфликты;

2. Экономические и социальные угрозы: нищета, голод, спад экономического развития, дестабилизация перемещения капитала, чрезмерный рост населения и урбанизация, массовая миграция населения, манипуляции с генофондом;

3. Экологические угрозы: изменение состава атмосферы и его последствия; Загрязнение континентальных водоемов, океанов и прибрежных акваторий; уменьшение площади лесов; увеличение площади пустынь; эрозия почвы и уменьшение плодородия земель; опасные выбросы загрязнений; производство, перевозка и применение токсичных веществ и материалов; передача опасных технологий и экспорт опасных отходов в развивающиеся страны [11–13].

11.2. Масштабы и классификация чрезвычайных и аварийных ситуаций

Техногенная **чрезвычайная ситуация (ЧС)** – состояние, при котором в результате возникновения ее источника на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей среде.

Источник чрезвычайной ситуации – это опасное природное явление, авария или опасное техногенное происшествие, широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

По происхождению ЧС можно подразделять на ситуации **техногенного, антропогенного и природного** характера.

По масштабам распространения и тяжести последствий ЧС подразделяются на группы: **локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные и трансграничные**.

Локальная – это такая ЧС, в результате которой пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет не более 1 тыс. минимальных размеров оплаты труда (МРОТ) на день возникновения ЧС и зона ее не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения.

К **местной** относится ЧС, в результате которой пострадало свыше 10, но не более 50 человек либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек. К местной относится ЧС, материальный ущерб при которой составляет свыше 1 тыс., но не более 5 тыс. МРОТ на день возникновения ЧС, и зона ЧС не выходит за пределы населенного пункта, города, района.

К **территориальной** относится ЧС, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек. К территориальной относится ЧС, материальный ущерб при кото-

рой составляет свыше 5 тыс., но не более 0,5 млн. МРОТ на день возникновения ЧС. Зона ее не выходит за пределы субъекта РФ.

К *региональной* относится ЧС, в результате которой пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 0,5, но не более 5 млн. МРОТ на день возникновения ЧС и ее зона охватывает территорию двух субъектов РФ.

К *федеральной* относится ЧС, в результате которой пострадало свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн. МРОТ на день возникновения ЧС и ее зона выходит за пределы более чем двух субъектов РФ.

К *трансграничной* относится ЧС, поражающие факторы которой выходят за пределы РФ, либо ЧС, произошедшая за рубежом и затрагивающая территорию РФ.

Техногенные чрезвычайные ситуации есть непосредственное следствие деятельности человека. Они подразделяются на аварии и катастрофы.

Авария – это чрезвычайное событие, которое возникает по конструктивным, производственным, технологическим и эксплуатационным причинам, а также в результате случайных внешних воздействий. Оно заключается в повреждении, выходе из строя, разрушении технических устройств и сооружений.

Типы аварий на промышленных объектах:

- 1) химически опасных;
- 2) радиационно-опасных;
- 3) биологически опасных;
- 4) пожароопасных и взрывоопасных;
- 5) гидродинамических.

Крупномасштабная авария, которая повлекла за собой многочисленные человеческие жертвы, большой материальный ущерб и другие тяжелые последствия, называется **катастрофой** [13].

11.3. Фазы развития ЧС на промышленных объектах

Чрезвычайные ситуации, в том числе и аварии на промышленных объектах в своем развитии проходят пять условных типовых фаз.

1. Накопление отклонений от нормального состояния или процесса.

2. Инициирование чрезвычайного события (аварии, катастрофы или стихийного бедствия). В случае аварии на производстве в этот период предприятие или его часть переходят в нестабильное состояние, когда появляется фактор неустойчивости: этот период можно назвать аварийной ситуацией: авария еще не произошла, но имеется высокая вероятность ее появления. При этом в ряде случаев еще может существовать реальная возможность либо ее предотвратить, либо существенно уменьшить ее масштабы.

3. Процесс чрезвычайного события, во время которого происходит непосредственное воздействие на людей, объекты и природную среду первичных поражающих факторов. При аварии на производстве в этот период происходит высвобождение вещества и энергии, которые могут носить разрушительный характер. При этом масштабы последствий и характер протекания аварии в значительной степени определяются не начальным событием, а структурой предприятия и используемой на нем технологией; эта особенность затрудняет прогнозирование развития наступившего бедствия.

4. Расширение аварийной ситуации за пределы территории предприятия и действие остаточных факторов поражения.

5. Ликвидация последствий аварии и природных катастроф; устранение действия опасных факторов, порожденных аварией или стихийным бедствием; проведение спасательных работ в очаге аварии или в районе стихийного бедствия и в примыкающих к объекту пострадавших зонах.

11.4. Основные причины крупных техногенных аварий и ЧС. Проблема анализа последствий ЧС

1. Отказы технических систем из-за дефектов изготовления и нарушений режимов эксплуатации; многие современные потенциально опасные производства спроектированы так, что вероятность крупной аварии на них очень высока и оценивается величиной риска 10^{-4} и более.

2. Ошибочные действия операторов технических систем; более 60% аварий происходит в результате ошибок обслуживающего персонала.

3. Концентрация различных производств в промышленных зонах без должного изучения их взаимодействия.

4. Высокий энергетический уровень технических систем (энергонасыщенность производства).

5. Внешние негативные воздействия на промышленные объекты.

Оценка опасности становится полной лишь тогда, когда последствия потенциальной ЧС ясно представляются. Прежде чем планировать предупредительные мероприятия, необходимо знать, какое потенциальное повреждающее действие окажет конкретная ЧС на персонал, население, материальные ценности и окружающую среду. Поэтому анализ последствий должен включать:

- описание потенциально возможных ЧС;
- оценку их вероятности;
- количественную оценку возможных последствий, например проливов и выбросов, обладающих повреждающими свойствами;
- расчет рассеивания выбросов и испарения проливов;
- оценку других повреждающих факторов;
- суммарную оценку ущерба.

Если первые два пункта могут быть выполнены, исходя из результатов анализа опасностей, то для выполнения других пунктов нужно использовать специальные модели.

Нанесенный ЧС материальный ущерб складывается из **прямого ущерба** (разрушение промышленных объектов) и **косвенного ущерба** (недополученный доход, товары, материальные ценности).

Для определения прямого ущерба необходимо знать стоимость основных фондов производства до и после момента наступления ЧС. Их разность и есть размер прямого материального ущерба. Для его определения необходимо располагать данными о степени поражения объекта. Она определяется исходя из численного значения пораженной площади объекта по отношению к его общей площади либо числа пораженных элементов этого объекта к их общему числу. Для нахождения степени поражения (разрушения) объекта от взрывов при авариях нужно рассматривать зоны всех степеней разрушения, пользуясь упрощенной формулой:

$$D = S_{\text{пор}} / S_{\text{общ}} = N_{\text{пор}} / N_{\text{общ}},$$

где D – степень поражения промышленного объекта; $S_{\text{пор}}$ – площадь объекта, подвергшаяся разрушению, км^2 ; $N_{\text{пор}}$ – число пораженных элементов объекта (зданий, цехов, сооружений, систем); $N_{\text{общ}}$ – общее число элементов объекта.

Для определения косвенного ущерба используют экономические методы. Значения D в зависимости от степени разрушения объекта представлены в табл. 11.1.

Таблица 11.1

**Степень поражения объекта в зависимости
от объема разрушений**

Степень поражения D	Степень разрушения	Объем разрушений, %
$< 0,2$	Слабая	Отдельные элементы
$0,2-0,5$	Средняя	До 30
$0,5-0,8$	Сильная	30–50
$> 0,8$	Полная	50–100

Для определения числа жертв можно использовать следующее выражение:

$$П_{\Pi} = S_{\text{пор}} \cdot L_{\text{С}} / S_{\text{общ}},$$

где $П_{\Pi}$ – число жертв при внезапном взрыве; $L_{\text{С}}$ – численность работающих данной смены (всего предприятия) [13].

11.5. Качественная оценка экологической опасности и риска

Для оценки состояния природной среды используют показатели самовосстановления (или угасания). С этой точки зрения выделяют следующие уровни состояния природной среды (*экологическая классификация*):

1. Естественное состояние, при котором наблюдается лишь фоновое антропогенное воздействие; биомасса максимальна, биологическая продуктивность минимальна.

2. Равновесное состояние – скорость восстановительных процессов выше или равна скорости нарушения природной среды; биологическая продуктивность выше, чем в естественном состоянии, биомасса начинает снижаться.

3. Кризисное состояние – антропогенные нарушения превышают по скорости естественные восстановительные процессы, но при этом сохраняется естественный характер экосистем; биомасса снижается, биологическая продуктивность резко повышена.

4. Критическое состояние – в результате действия человека происходит обратимая замена прежде существовавших экосистем на менее продуктивные экосистемы; биомасса имеет минимальную величину и снижается.

5. Катастрофическое состояние, при котором наблюдается трудно обратимый процесс закрепления малопродуктивной экосистемы; биомасса и биологическая продуктивность имеют минимальные величины.

6. Состояние коллапса, в результате которого наблюдается необратимая потеря биологической продуктивности; биомасса стремится к нулю.

Кроме природно-экологической классификации восстановления (или угасания) природной среды, существует *медико-социальная классификация*. Она позволяет выявить зоны различной степени экологического неблагополучия по отношению к человеку (или обществу). В основе данной шкалы лежит исследование состояния организмов-индикаторов. По этой шкале экологическая обстановка классифицируется следующим образом:

1) относительно удовлетворительная;

- 2) напряженная;
- 3) критическая;
- 4) кризисная (зона чрезвычайной экологической ситуации);
- 5) катастрофическая (зона экологического бедствия).

Оценка риска – это научный анализ его возникновения и развития. Оценка включает выявление и определение степени опасности в конкретной ситуации.

Управление риском – это анализ самой ситуации, для которой характерен риск, разработка и обоснование управленческого решения (в форме нормативного акта). Решение должно быть направлено на минимизацию риска и поиск путей его сокращения или ликвидации.

Общим моментом в анализе и управлении риском является то, что это две стадии единого процесса принятия решения, основанного на характеристике риска.

Основное различие между анализом и управлением риском состоит в следующем:

- оценка строится на фундаментальном анализе (научном и инженерном) источников и факторов риска;
- управление опирается на экономический и социальный анализ, а также на правовые меры [1, 11].

11.6. Количественная оценка риска.

Вероятностные характеристики риска

Количественная оценка риска – это отношение неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период времени.

В настоящее время можно выделить четыре методологических подхода к оценке риска:

1. Инженерный (статистический) расчет частот, вероятностный анализ безопасности;

2. Метод моделей, основанный на построении возможных взаимодействий вредных факторов на отдельного человека, социальные и профессиональные группы;

3. Экспертный метод, когда вероятность событий определяется на основе мнения экспертов;

4. Социологический метод, когда вероятность событий определяется на основе социологического опроса населения.

Обычно при характеристике риска (R) его характеризуют двумя величинами: вероятностью события P и последствиями X :

$$R = P \cdot X.$$

По отношению к источникам оценка риска предусматривает разграничение нормативного режима работы и аварийной ситуации:

$$R = R_H + R_{AB} = P_H \cdot X_H + P_{AB} \cdot X_{AB},$$

где R_H , P_H , X_H – соответственно риск, вероятность и последствия нормального режима работы объекта; R_{AB} , P_{AB} , X_{AB} – то же самое для аварийной ситуации.

Экологический риск характеризуется нормативными уровнями:

1. Приемлемый риск – это риск, который оправдан экологически, экономически и социально;

2. Предельно допустимый риск – максимальный уровень приемлемого риска;

3. Пренебрежимый риск – минимальный уровень приемлемого риска (1% предельно допустимого риска);

4. Фоновый риск – это риск, обусловленный наличием природных эффектов и социальной среды.

Вероятность неблагоприятных последствий можно считать. На практике специалисты имеют дело с повторяемостью неблагоприятных воздействий за определенный промежуток времени; или с отношением числа этих событий N ко всем событиям промежутка времени T . В данном случае используют интенсивность или частоту событий j :

$$j = N / T.$$

Вероятность того, что в течение времени T наступит хотя бы одно событие, будет определяться по формуле

$$P = 1 - \exp \cdot (-j \cdot T).$$

Если абсолютная величина показателя экспоненты $[j \cdot T] \ll 1$, то экспоненту можно разложить в ряд, ограничившись линейным приближением. Тогда получим

$$P = 1 - (1 - j \cdot T) = j \cdot T.$$

Когда говорят о вероятности (P) реализации неблагоприятного события, то речь идет о **первичной аварии**. Развитие ее может происходить по нескольким сценариям, которые составляют полную группу несовместимых событий:

$$\sum P_c^i = 1,$$

где P_c^i – вероятность развития события по i-му сценарию.

Поражающие факторы, возникающие в результате первичной аварии, могут привести к появлению источников **вторичной аварии**.

Взрывы объектов под действием источников теплового излучения пожара; нарушение защиты объектов под действием теплового излучения; нарушение объектов под действием ударной волны и др.

11.7. Цена экологического риска

Цена экологического риска G определяется по формуле

$$G = R \cdot Y,$$

где Y – экологический ущерб, определяющий экономический эквивалент потерь вследствие прогнозируемого натурального ущерба. Экономический ущерб рассчитывается как сумма:

$$Y = \sum C_i \cdot W_i,$$

где C_i – цена составляющей натурального ущерба на единицу его измерения; W_i – обобщенная составляющая прогнозируемого натурального ущерба.

Обобщенные стоимостные показатели C и W связывают с оценками ущерба:

от загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов и земель; сверхлимитного размещения отходов; уничтожения биологических ресурсов; уничтожения лесов и др.

Если величина риска определяется в рамках ступенчатого поражения, то цена риска рассчитывается по формуле

$$G = R \cdot \sum C_i \cdot W_i.$$

11.8. Структура полного ущерба как последствия аварий на технических объектах

При рассмотрении экономических, экологических и социальных сторон тяжелой аварии целесообразно оперировать понятиями прямого, косвенного и полного ущерба (рис. 11.1).

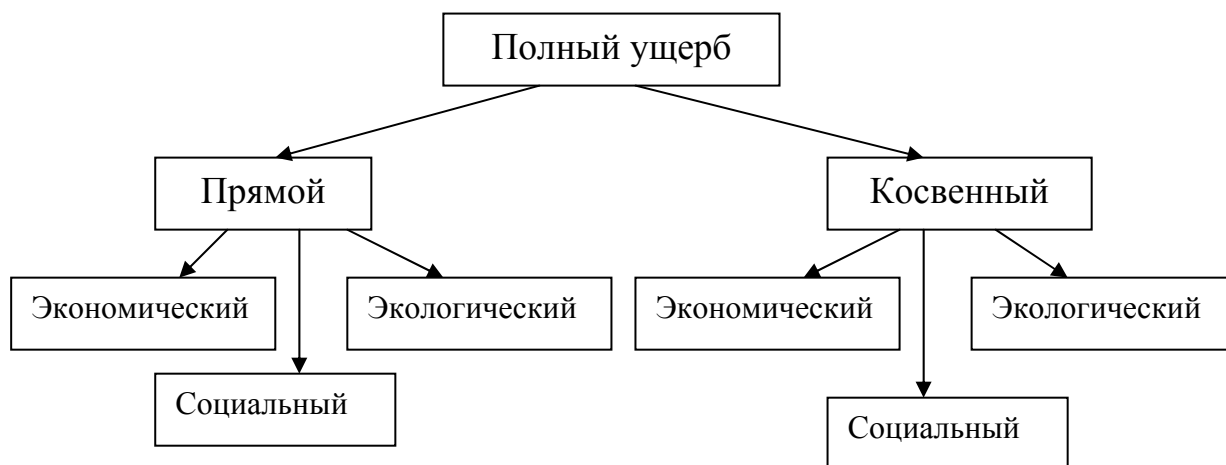


Рис. 11.1. Структура полного ущерба

1. Прямой ущерб и его основные составляющие. *Под прямым ущербом* в результате аварии или СЧ обычно понимают потери и убытки всех структур экономики, попавших в зоны действия аварии или катастрофы. При рассмотрении структуры прямого ущерба выделяется несколько видов ущерба.

Прямой экономический ущерб связан непосредственно с повреждением или утратой основных и оборотных фондов и включает затраты на ограничение развития ЧС (рис. 11.2). Этот вид ущерба стараются представить, по возможности, в денежном выражении.



Рис. 11.2. Составляющие прямого экономического ущерба

Прямой социальный ущерб непосредственно связан с воздействием на население и его среду обитания (рис. 11.3).

Прямой экологический ущерб связан с ущербом, наносимым природной среде (рис. 11.4).



Рис. 11.3. Составляющие прямого социального ущерба

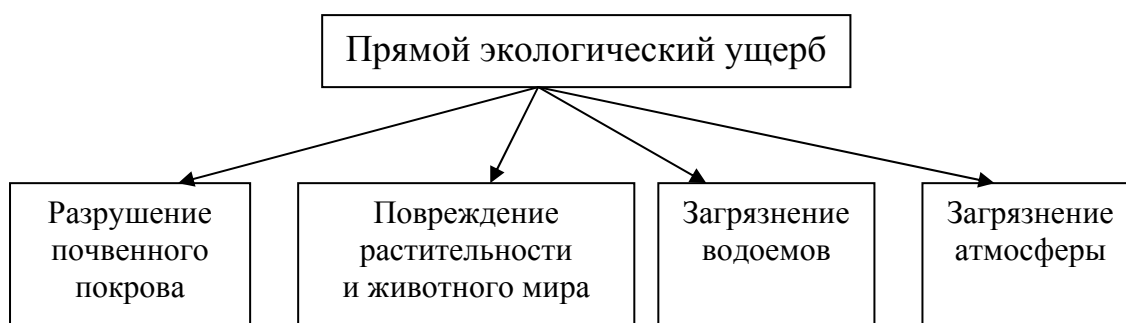


Рис. 11.4. Составляющие прямого экологического ущерба

2. Косвенный ущерб и его основные составляющие. *Косвенный ущерб* включает в свой состав убытки, понесенные вне зоны прямого воздействия аварии или ЧС. Как и прямой ущерб, его делят на виды – экономический, социальный и экологический.

Косвенный экономический ущерб представлен на рис. 11.5.



Рис. 11.5. Структура косвенного экономического ущерба

Косвенный социальный ущерб представлен на рис. 11.6.

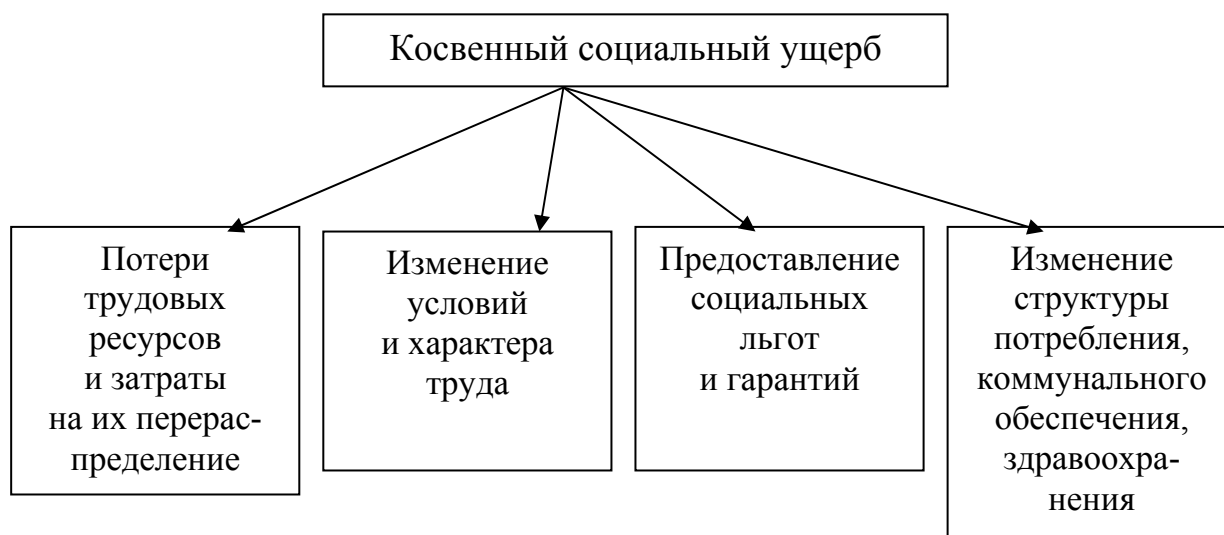


Рис. 11.6. Структура косвенного социального ущерба

Косвенный экологический ущерб формируется за счет факторов, представленных на рис. 11.7.

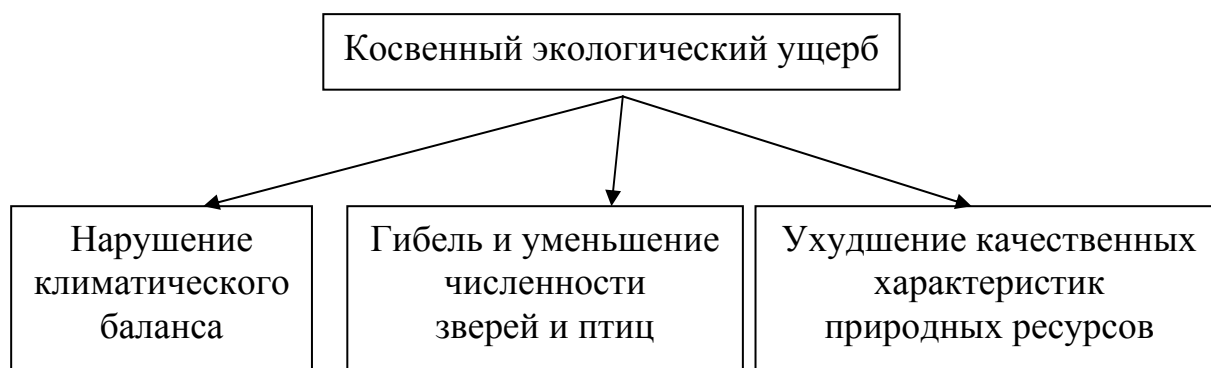


Рис. 11.7. Структура косвенного экологического ущерба

Анализ последовательности событий и ущерба при аварии или ЧС показывает, что по мере развития ситуации ослабевает влияние *исходного события* и возрастают трудности оценки косвенного ущерба. Поэтому в качестве оценки косвенного ущерба могут использоваться экспертные оценки в долях от прямого ущерба без анализа отдельных составляющих.

Переход от натуральных ущербов к экономическим эквивалентам представляет сложную задачу, так как нормативные показатели платы за причиненный ущерб отсутствуют. Как показывает практика, приводимые статистические данные о потерях отражают только *прямые потери* [1, 11].

11.9. Общая структура анализа экологического риска

Общая логическая последовательность количественного анализа риска состоит из следующих этапов (рис. 11.8):

1. Обоснование целей и задач анализа риска;
2. Анализ технологической особенности производственного объекта. Идентификация потенциальных опасностей и классификация нежелательных событий, способных привести к нерегламентируемым выбросам веществ и энергии;
3. Определение вероятности или частоты возникновения нежелательных событий;
4. Выделение характерных особенностей, определение интенсивностей, общих количеств и продолжительности выбросов

опасных веществ или выделения энергии в окружающую среду для всего спектра нежелательных событий;

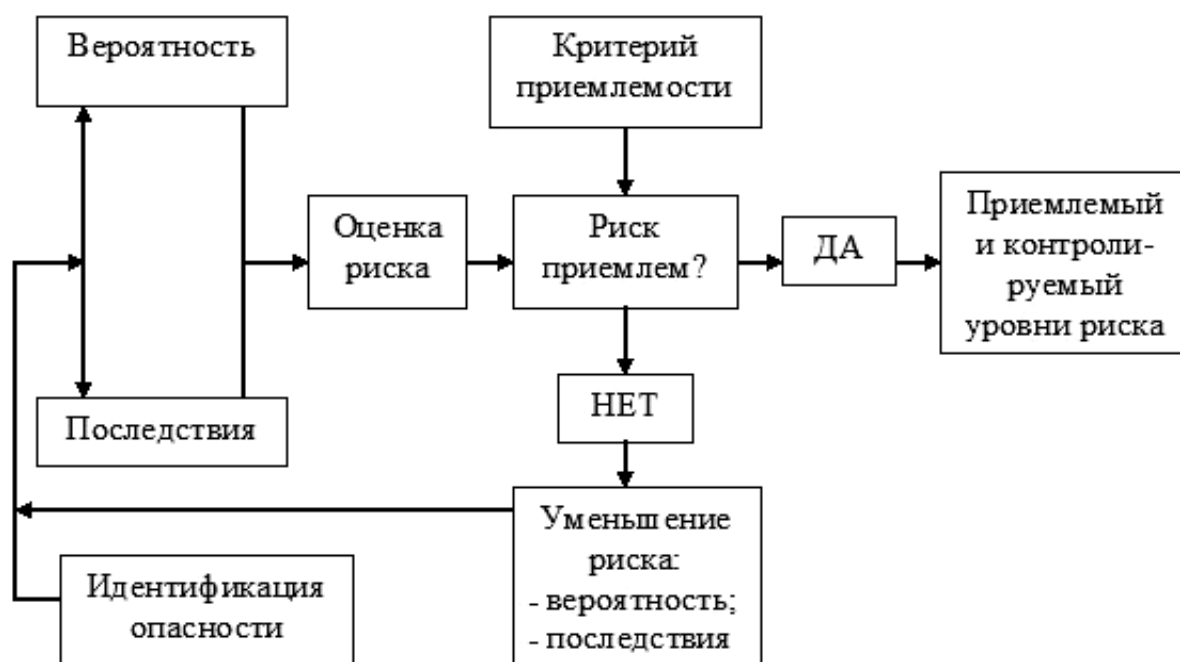


Рис. 11.8. Блок-схема анализа экологического (техногенного) риска

5. Определение критериев поражения, а также форм или допустимых уровней разового или систематического негативного воздействия различных источников на окружающую среду;

6. Обоснование моделей и расчет пространственно-временного переноса и распределения, а также трансформации исходных факторов опасности в окружающей среде с учетом ее природно-климатической и географической специфики;

7. Построение полей потенциального риска вокруг каждого из выделенных источников опасности, в пределах которых вероятно определенное негативное воздействие для соответствующих объектов;

8. Расчет прямых и косвенных последствий (ущербов) негативного воздействия источников опасности на различные субъекты или группы риска с учетом конкретного количественного и пространственно-временного распределения вокруг источников;

9. Анализ структуры риска. Исследование влияния различных факторов на уровень и пространственно-временное распределение риска вокруг источников;

10. Оптимизация организационно-технических мероприятий по снижению риска до заданной величины.

11.10. Сравнение рисков

Для наглядности можно сравнивать риски, приводя различные причины смерти и уровни риска к 1 часу деятельности человека в земных условиях. Риск возрастает от 10^{-12} до 10^{-4} , что учитывается введением обозначения от 12 до 4 применительно к соответствующему виду деятельности. Дополнительно вводятся группы (а), (б), (в) и соответствующие им коэффициенты (1–2), (2–5), (5–10), на которые следует умножать номинальное значение величины риска данного порядка. Перечислим соответствующие виды деятельности.

12 в. Радиоактивное загрязнение среды атомными предприятиями (если обеспечены необходимые меры безопасности).

11 а) Радиоактивные вещества в товарах народного потребления (излучение телевизоров).

б) Глобальные выпадения радиоактивных веществ, связанные с ядерными испытаниями.

10 а) Медицинские процедуры с использованием излучений, выхлопные газы автомобилей.

в) Искусственные источники излучения в сфере обитания.

9 а) Катастрофы в искусственной среде обитания (смог, выбросы), выбросы теплоэлектростанций, швейная и обувная промышленность.

б) Текстильная и бумажная промышленность, взрывы бытового газа в многоквартирных домах.

8 б) Общественный и железнодорожный транспорт, типографическая и обрабатывающая промышленность (в среднем).

в) Вся промышленность (в среднем).

7 б) Работники рыбодобывающей отрасли, шахт, железных дорог, спортсмены.

в) Самолеты гражданской авиации (экипаж и пассажиры), автомобиль, охота.

6 б) Работники резино-технической промышленности, верхолазы, летчики.

5 а) Производство горчичного газа.

б) Пожарники.

в) летчики-испытатели.

4 а) Экипажи военных вертолетов (условия максимального риска).

Это одна из возможностей сравнивать риски (в том числе и риск смерти), обусловленные комплексом различных источников опасности для человека, включая естественную и искусственную среду, профессиональную деятельность, социальное окружение [1, 11].

11.11 Ранжирования экологических проблем по степени риска

Развитие экономики, промышленности требуют большого внимания к вопросам оценки и ранжирования экологических проблем по степени риска.

С 1986 г. Агентство по охране окружающей среды США и другие компетентные организации, в частности Управление по оценке технологий при конгрессе США, приступили к исследованиям по обоснованности приоритетов текущей экологической политики. При этом возник вопрос о выделении средств на исследование по оценке рисков, которое было выполнено. В результате появилось ранжирование экологических проблем по степени риска. Критериями оценки были: опасность канцерогенеза, негативных неканцерогенных последствий, нарушение экологического баланса и материальный ущерб. Учитывались следующие типы риска: медицинский, экологический, экономический и совокупный.

Согласно результатам ранжирования были выделены следующие проблемы с различной степенью риска:

1. Проблемы средней и высокой степени совокупного риска – загрязнение воздуха «традиционными» загрязняющими веществами:

- истончение озонового слоя;

- загрязнение продуктов питания остаточными количествами пестицидов.

2. Проблемы высокой степени медицинского риска и малой степени экологического и экономического рисков:

- загрязнение воздуха вредными (токсичными) загрязняющими веществами;
- загрязнение воздуха помещений радоном;
- другие виды загрязнения воздуха;
- качество питьевой воды;
- безопасность потребительских товаров;
- продолжительность воздействия химических веществ на персонал.

3. Проблемы малой степени медицинского риска и высокой степени экологического и экономического рисков:

- глобальное потепление климата;
- загрязнение поверхностных вод;
- физико-механическое разрушение водной среды обитания (поймы и эстуарии рек) и их загрязнение отвалами горных разработок.

4. Проблемы малой – средней степени совокупного риска (проблемы подземных вод):

- действующие свалки опасных отходов;
- заброшенные свалки опасных отходов;
- подземные хранилища отходов.

5. Проблемы малой – средней степени риска различных типов:

- загрязнение активного ила;
- аварийные выбросы токсичных веществ;
- аварийные разливы нефти;
- попадание в окружающую среду организмов с измененной генетической структурой (биологическое загрязнение, биотехнологическая продукция).

Результаты исследования проблем, сделанные в США специалистами, не полностью совпали с результатами опроса общественности. Согласно общественному мнению наиболее серьезными экологическими проблемами явились свалки опасных отходов, наименее острыми – загрязнение воздуха помещений

радоном и другими химическими веществами и проблема глобального потепления климата. При сопоставлении совпали мнения в отношении риска использования пестицидов, загрязнения питьевой воды. Причиной несовпадения является различная психология восприятия риска.

Таким образом, развитие проблемы оценки риска набирает темп. При этом оно требует высокого уровня культуры, образованности, совершенствования законодательства, гибких структур управления и экономических механизмов [1, 11].

Заключение

В настоящее время биосфера переходит в техносферу. У человечества остались лишь десятки лет для того, чтобы предотвратить ее необратимую деградацию. Усилия мирового сообщества должны быть направлены на разработку научных основ предотвращения и преодоления кризисных ситуаций, на развитие экологически обоснованных технологий, сохраняющих биосферу и условия среды, необходимые для нормальной жизни человека. Нужен переход от пассивных мероприятий запретительного типа к активному использованию достижений науки и техники для восстановления и поддержания устойчивости экосистем разного уровня и всей системы глобального функционирования биосферы в целом.

Для этого необходимо изучение структуры различных типов экосистем, механизмов гомеостатирования их функций, динамики экосистем в различных и, прежде всего, антропогенных условиях, разработка методов широкомасштабного мониторинга и контроля состояния отдельных экосистем и биосферы в целом. Анализ полученных данных и выявление закономерностей позволит разработать стратегию оптимизации природопользования и перейти к направленному конструированию экосистем с заданными свойствами в антропогенных ландшафтах.

Отсюда главным условием выживания и будущего развития человечества является формирование экологического мышления. При этом в первую очередь должна произойти экологизация мышления государственных и общественных деятелей, специалистов различных профилей. Это будет сопровождаться проникновением экологических идей во все стороны государственного и общественного строительства. Экологическое мышление должно эффективно формироваться на всех ступенях воспитания и образования, стать нормой поведения человека независимо от его профессии и сферы интересов.

Основой хозяйственной деятельности человека является производство. Какими бы ни были его цели, возникновение противо-

речей между человеком и природой, между производством и естественными экологическими системами неизбежно. Поэтому речь может идти лишь о глубине этих противоречий и о разных возможностях их разрешения. Самое отрицательное воздействие производства на окружающую среду – это ее химическое загрязнение, которое во многих районах мира достигло критического уровня для устойчивости экологических систем и здоровья людей. Отрицательное воздействие производства на окружающую среду обусловлено не только его нерациональной структурой, но и несовершенством технологических процессов. Об этом свидетельствует тот факт, что из огромного количества вещества, изымаемого людьми из природной среды для целей производства, в конечный продукт превращается 1,5–2,0%. Основная масса переходит в производственные и бытовые отходы. Поэтому в концепции устойчивого развития особое место отводится совершенствованию химического производства. Оно должно быть ресурсо- и энергосберегающим; сырье должно использоваться комплексно; необходимо создание замкнутых технологических процессов, малоотходных технологий; производственное оборудование и управление производством должны быть надежными; размещение производства должно быть рациональным, т. е. учитывать минимальное воздействие общества на окружающую среду.

Вопросы к экзамену (зачету)

1. Окружающая среда как система. Понятие системы.
2. Причины устойчивости биосферы как системы.
3. Техногенная система.
4. Влияние техногенных систем на окружающую среду. Развитие производительных сил общества и рост численности населения.
5. Характер и особенности воздействия техногенных систем на окружающую среду.
6. Основные типы загрязнений и вредных воздействий. Биологические уровни воздействия загрязнений биосферы.
7. Воздействие техногенных систем на человека и социальную компоненту среды.
8. Критерии оценки изменения природной среды. Глобальные изменения биологического разнообразия.
9. Источники загрязнения биосферы. Отрасли промышленности и их воздействие (электроэнергетика, черная металлургия, цветная металлургия, нефтедобывающая промышленность, нефтеперерабатывающая промышленность, химическая и нефтехимическая промышленность, угольная промышленность, вооруженные силы и оборонная промышленность).
10. Источники загрязнения биосферы. Отрасли промышленности и их воздействие (газовая промышленность, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность, микробиологическая промышленность, промышленность строительных материалов, машиностроение, легкая промышленность, пищевая промышленность, транспорт, ЖКХ, сельское хозяйство).
11. Основные виды антропогенных примесей атмосферы.
12. Последствия загрязнения атмосферы (изменение климата, истощение озонового слоя).
13. Последствия загрязнения атмосферы (антропогенное воздействие на ближний космос, кислотные дожди).

14. Основные мероприятия по защите атмосферы. Выбросы в атмосферу и их классификация. Методы снижения и предотвращения выбросов загрязнителей в атмосферу.

15. Основные мероприятия по защите атмосферы. Снижение токсичности выхлопных газов автотранспорта.

16. Очистка выбросов в атмосферу. Очистка от твердых частиц (пыли).

17. Очистка выбросов в атмосферу. Очистка выбросов от газообразных и парообразных загрязнений.

18. Рассеивание выбросов в атмосфере. Санитарно-защитные зоны.

19. Утилизация и ликвидация отходов производства и потребления. Твердые бытовые отходы и их переработка.

20. Промышленные отходы и их переработка.

21. Радиоактивные отходы: проблемы локализации, консервации, захоронения, переработки.

22. Последствия загрязнения гидросферы. Способность водоемов к самоочищению. Влияние органических загрязнений на водоем. Влияние фосфатов и нитратов на водоем. Тепловое загрязнение водоемов и его последствия.

23. Нефтяное загрязнение Мирового океана. Борьба с нефтяным загрязнением.

24. Очистка промышленных сточных вод. Очистка стоков от твердых частиц.

25. Очистка сточных вод от маслопродуктов.

26. Очистка сточных вод от органических и растворимых примесей.

27. Методы уменьшения объема сточных вод. Организация оборотного водоснабжения на предприятии.

28. Очистка бытовых сточных вод. Этапы очистки бытовых сточных вод.

29. Утилизация и ликвидация осадков сточных вод. Водоохранные зоны.

30. Экологический риск. Основные понятия.

31. Масштабы и классификация чрезвычайных и аварийных ситуаций.

32. Фазы развития ЧС на промышленных объектах. Основные причины крупных техногенных аварий и ЧС. Проблема анализа последствий ЧС.

33. Качественная оценка экологической опасности и риска.

34. Количественная оценка риска. Вероятностные характеристики риска.

35. Цена экологического риска.

36. Структура полного ущерба как последствий аварий на технических объектах.

37. Общая структура анализа экологического риска. Сравнение рисков.

38. Ранжирования экологических проблем по степени риска.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Демин, В. Ф. Научно-методические аспекты оценки риска / В. Ф. Демин // Атомная энергия. – 1999. – № 1.
2. Быков, А. А. Проблемы анализа безопасности человека, общества, природы / А. А. Быков, Н. В. Мурзин. – СПб.: Наука, 1997.
3. Белов, П. Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности / П. Г. Белов. – Киев: Кмуга, 1997.
4. Быков, А. А. Моделирование природоохранной деятельности / А. А. Быков. – М.: НУМЦ Госкомэкологии России, 1998.
5. Тинсли, И. Поведение химических загрязнителей в окружающей среде / И. Тинсли. – М.: Мир, 1982.
6. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды: учебник. 2-е изд. / А. И. Родионов. – М.: Химия, 1982. – 512 с.
6. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния среды / Ю. А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984.
7. Лебедев, А. Н. Природоохранное законодательство развитых стран: Защита окружающей среды от загрязнений; методы контроля и регулирования / А.Н. Лебедев. – Новосибирск, 1992. – Ч. 2.
8. Корте, Ф. Экологическая химия / Ф. Корте. – М.: Мир, 1996.
9. Скуратов, Ю. И. Введение в экологическую химию: учеб. пособие / Ю. И. Скуратов, Г. Г. Дука, А. Мизити. – М.: Высш. шк., 1994. – 400 с.
10. Мягков, С. М. География природного риска / С. М. Мягков. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995.
11. Экология: охрана природы и экологическая безопасность: учеб. пособие: В 2 т. / Под ред. В. И. Данилова-Данильяна. – М.: МНЭПУ, 1997. – 744 с.
12. Маршалл, В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл. – М.: Химия, 1980.

Дополнительная

13. Ягодин, Г.А. Химия и химическая технология в решении глобальных проблем / Г. А. Ягодин. – М.: Химия, 1988.

14. Экологическая безопасность России: Материалы Межведомственной комиссии по экологической безопасности (октябрь 1993 – июль 1994). – М.: Юрид. лит., 1995. – Вып. 1.

15. Брылов, С. А Охрана окружающей среды / С.А. Брылов. – М.: Высш. шк., 1985.

16. Реймерс, Н. Ф. Концептуальная экология. Надежда на выживание человечества / Н. Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1992.

17. Савенко, В. С. Природные и антропогенные источники загрязнения атмосферы / В. С. Савенко // Итоги науки и техники: Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. Т. 31. – М., 1991.

18. Шмидхейни, С. Смена курса: Перспективы развития и проблемы окружающей среды: подход предпринимателя / С. Шмидхейни. – М.: Глобальная экореформа, 1994.

19. Путилов, А. В. Охрана окружающей среды / А. В. Путилов, А. А. Копреев, Н. В. Петрухин. – М.: Химия, 1991.

20. Берлянд, М. Е. Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды / М. Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1980.

21. Энергетика и охрана окружающей среды / под ред. Н. Г. Залогина и др. – М., 1979.

22. Токсикометрия химических веществ, загрязняющих окружающую среду / под ред. А. Каспарова, И. Саноцкого. – М.: ЦМП ГКНТ, 1986.

23. Арский, Ю. М. Экологические проблемы / Ю. М. Арский, В. И. Данилов-Данильян. – М.: МНЭПУ, 1997.

24. О состоянии окружающей природной среды в РФ в 1995 г.: Госдоклад. – М.: Экосинформ, 1995.

25. Медоуз, Д.Х. За пределами роста: учеб. пособие / Д. Х. Медоуз, Д. Л. Медоуз, И. Рандерс. – М.: Прогресс, Пангея, 1994.

26. Новиков, Ю. В. Экология, окружающая среда и человек: учеб. пособие для вузов / Ю. В. Новиков. – М.: ФАИР, 1998. – 320 с.

26. Никаноров, А. М. Экология / А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая. – М.: ПРИОР, 1999. – 304 с.

27. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии: учеб. пособие для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов. – М.: Высш. шк. – 447 с.

28. Ревель, П. Среда нашего обитания: В 4 кн. / П. Ревель, Ч. Ревель; пер. с англ. – М.: Мир, 1994.

29. Охрана окружающей среды: учеб. пособие для вузов / под ред. С. В. Белова. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

Оглавление

Введение	3
1. Окружающая среда как система	4
1.1. Понятие системы	4
1.2. Причины устойчивости биосферы как системы.....	5
1.3. Техногенная система	7
2. Влияние техногенных систем на окружающую среду	9
2.1. Развитие производительных сил общества и рост численности населения	9
2.2. Характер и особенности воздействия техногенных систем на окружающую среду.....	13
2.3. Основные типы загрязнений и вредных воздействий.....	16
2.4. Биологические уровни воздействия загрязнений биосферы	18
2.5. Воздействие техногенных систем на человека и социальную компоненту среды.....	19
2.6. Критерии оценки изменения природной среды	21
2.7. Глобальные изменения биологического разнообразия	23
3. Источники загрязнения биосферы.....	25
3.1. Отрасли промышленности и их воздействие	25
3.2. Основные виды антропогенных примесей атмосферы.....	37
4. Последствия загрязнения атмосферы	43
4.1 Изменение климата	43
4.2. Истощение озонового слоя.....	44
4.3. Антропогенное воздействие на ближний космос.....	46
4.4. Кислотные дожди.....	47
5. Основные мероприятия по защите атмосферы.....	49

5.1. Классификация выбросов в атмосферу	49
5.2. Методы снижения и предотвращения выбросов загрязнителей в атмосферу.....	50
5.3. Снижение токсичности выхлопных газов автотранспорта.....	51
6. Очистка выбросов в атмосферу.....	53
6.1. Очистка от твердых частиц (пыли)	53
6.2. Очистка выбросов от газообразных и парообразных загрязнений	64
6.3. Рассеивание выбросов в атмосфере	72
6.4. Санитарно-защитные зоны.....	74
7. Утилизация и ликвидация отходов производства и потребления.....	75
7.1. Твердые бытовые отходы и их переработка.....	76
7.2. Промышленные отходы и их переработка	80
7.3. Радиоактивные отходы: проблемы локализации, консервации, захоронения, переработки.....	84
8. Последствия загрязнения гидросферы.....	87
8.1. Способность водоемов к самоочищению.....	87
8.2. Влияние органических загрязнений на водоем	88
8.3. Влияние фосфатов и нитратов на водоем.....	89
8.4. Тепловое загрязнение водоемов и его последствия	91
8.5. Нефтяное загрязнение Мирового океана.....	93
8.6. Борьба с нефтяным загрязнением.....	96
9. Очистка промышленных сточных вод	98
9.1. Очистка стоков от твердых частиц	98
9.2. Очистка сточных вод от маслопродуктов.....	102
9.3. Очистка сточных вод от растворимых примесей.....	105
9.4. Очистка сточных вод от органических примесей.....	107

9.5. Методы уменьшения объема сточных вод. Организация оборотного водоснабжения на предприятии	109
10. Очистка бытовых сточных вод	112
10.1. Этапы очистки бытовых сточных вод.....	113
10.2. Утилизация и ликвидация осадков сточных вод.....	116
10.3. Водоохранные зоны	119
11. Экологический риск	120
11.1. Основные понятия	120
11.2. Масштабы и классификация чрезвычайных и аварийных ситуаций	122
11.3. Фазы развития ЧС на промышленных объектах.....	124
11.4. Основные причины крупных техногенных аварий и ЧС. Проблема анализа последствий ЧС.....	125
11.5. Качественная оценка экологической опасности и риска	127
11.6. Количественная оценка риска. Вероятностные характеристики риска	128
11.7. Цена экологического риска.....	130
11.8. Структура полного ущерба как последствия аварий на технических объектах.....	131
11.9. Общая структура анализа экологического риска.....	134
11.10. Сравнение рисков.....	135
11.11 Ранжирования экологических проблем по степени риска	137
Заключение	140
Вопросы к экзамену (зачету)	142
Рекомендуемая литература	145

Учебное издание

Сибриков Сергей Георгиевич

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

Учебное пособие

Редактор, корректор Л. Н. Селиванова
Компьютерная верстка И. Н. Ивановой

Подписано в печать 27.04.09. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бум. офсетная. Гарнитура "Times New Roman".
Усл. печ. л. 8,83. Уч.-изд. л. 7,01.
Тираж 150 экз. Заказ .

Оригинал-макет подготовлен в редакционно-издательском отделе
Ярославского государственного университета
им. П. Г. Демидова.
150000, Ярославль, ул. Советская, 14.

Отпечатано на ризографе.

