**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВУ»**

**КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ, ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

# ЭКОЛОГИЯ ТЕХНОСФЕРЫ

**Учебное пособие**
для самостоятельного изучения дисциплин
по направлениям подготовки:
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»
05.03.01 «Экология и природопользование»
20.03.01 «Техносферная безопасность»

**МОСКВА 2017**

**УДК 504.064**
**ББК 20.18**
**Э40**

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой почвоведения, экологии и природопользования Государственного университета по землеустройству (протокол № 5 от 23 ноября 2016 г.).

Утверждено методической комиссией факультета Кадастр недвижимости Государственного университета по землеустройству (протокол № 4 от 28 ноября 2016 г.).

**Авторы:** В.В. Вершинин, Д.А. Шаповалов, А.О. Хуторова, В.А. Широкова, Н.В. Хватыш, А.Ф. Гуров

**Рецензенты:**
В.А. Разумов – д.х.н., профессор, главный научный сотрудник ФГУП «ИРЕА» Национальный исследовательский центр «Курчатовский центр»;
А.З. Разяпов – д.т.н., профессор кафедры экономики недвижимости ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству».

**Э40** **Экология техносферы:** Учебное пособие / В.В. Вершинин, Д.А. Шаповалов, А.О. Хуторова, В.А. Широкова, Н.В. Хватыш, А.Ф. Гуров. – М: ГУЗ, 2017. – 164 с.

**ISBN 978-5-9215-0377-9**

Учебное пособие содержит теоретические сведения, расчётные зависимости, нормативные и справочные материалы, необходимые для самостоятельного изучения дисциплин для бакалавриата по направлениям подготовки: 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 05.03.01 «Экология и природопользование» и 20.03.01 «Техносферная безопасность».

ISBN 978-5-9215-0377-9 УДК 504.064
ББК 20.18

© Государственный университет по землеустройству», 2017
© Вершинин В.В., Шаповалов Д.А., Хуторова А.О., Широкова В.А., Хватыш Н.В., Гуров А.Ф., 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ ..... 5
1. ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ ТЕХНОСФЕРЫ..... 6
1.1 Понятийно-терминологические определения ..... 6
1.2 Экологически безопасные (экологизированные) технологии14
2. ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ БИОСФЕРЫ..... 19
3. ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ (ДОБЫВАЮЩИЕ И ПРОИЗВОДЯЩИЕ, ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ И ПОТРЕБЛЯЮЩИЕ ОТРАСЛИ, ИХ ВЗАИМОСВЯЗИ И ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ) ..... 25
3.1 Электроэнергетика ..... 25
3.2 Чёрная и цветная металлургия ..... 28
3.3 Нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность ..... 32
3.4 Химическая и нефтехимическая промышленность ..... 36
3.5 Угольная промышленность ..... 38
3.6 Вооружённые Силы и оборонная промышленность..... 41
3.7 Газовая промышленность ..... 46
3.8 Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность ..... 47
3.9 Микробиологическая промышленность ..... 50
3.10 Промышленность строительных материалов..... 51
3.11 Машиностроение..... 54
3.12 Пищевая промышленность..... 56
3.13 Лёгкая промышленность..... 59
3.14 Транспорт..... 60
3.15 Жилищно-коммунальное хозяйство ..... 65
3.16 Сельское хозяйство ..... 69
4 ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ..... 73
4.1 Защита атмосферы ..... 73
4.2 Защита гидросферы..... 81
4.3 Утилизация отходов ..... 89
5 ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ..... 92
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ШУМ, ВИБРАЦИЯ..... 92
6 ИОНИЗИРУЮЩИЕ И НЕИОНИЗИРУЮЩИЕ..... 114

ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ..... 114
6.1 Электромагнитные поля и излучения ..... 114
6.2 Ионизирующие излучения..... 116
6.3 Средства защиты от ионизирующих излучений ..... 125
7 ПРОМЫШЛЕННЫЕ АВАРИИ И ТЕХНОГЕННЫЕ ЧС ..... 128
8 ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ..... 136
9 САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫЕ ЗОНЫ И САНИТАРНАЯ ..... 142
КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, СООРУЖЕНИЙ..... 142
И ИНЫХ ОБЪЕКТОВ..... 142
9.1 Особенности разработки санитарно-защитных зон групп промышленных объектов ..... 154
ПРИЛОЖЕНИЕ..... 160
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ..... 162

# ВВЕДЕНИЕ

Современная биосфера (область распространения жизни на Земле) является продуктом многообразных процессов, протекающих на Земле 3,5–4,0 млрд. лет. Окружающая нас атмосфера создана природой и остаётся неизменной в течение примерно 50 млн. лет. Но в последние десятилетия говорится всё о большем изменении ее состава, разрушении озонового слоя, изменении прозрачности, появлении смога, увеличении загрязнения оксидами серы и азота, свинцом, ртутью, канцерогенными (бенз (α) пирен) и другими веществами.

Выбросы твёрдых веществ и выпадение из атмосферы соединений серы и азота с кислотными дождями приводит к загрязнению лито- и гидросферы. Антропогенные воздействия на биосферу многообразны и в последние годы приближаются к критически допустимому показателю. Все это является следствием того, что никакое общество не может развиваться без потребления. Для удовлетворения своих потребностей люди организуют хозяйственную деятельность, а основой хозяйственной деятельности является производство. Развитие же производства немыслимо без использования природы и её разнообразных ресурсов. Цели в разных сообществах различны. Но какими бы не были цели и принципы общественного развития, **возникновение противоречий между человеком и природой, между производством и естественными экологическими системами неизбежно.** Речь идёт лишь о глубине этих противоречий и о разных возможностях их решения. Такова диалектика взаимодействия общества и природы.

По выражению академика В.И. Вернадского, «человек становится крупнейшей геологической силой, меняющей облик нашей планеты».

Весь ход истории цивилизации свидетельствует о том, что человек начал губить свою Землю гораздо раньше, чем пришёл к мысли о необходимости её беречь и охранять. Кардинальное решение экологических проблем возможно лишь при гармоничных взаимоотношениях общества, техники и природы. Экологически современные производства, решающие задачи рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, – будущее всех промышленных комплексов. Поэтому набирает силу, воз-

никшую в конце XX века, комплексная научно-техническая дисциплина об экологической безопасности производственных процессов – промышленная экология. Причиной её создания стала социальная потребность в защите людей от негативных воздействий в триаде: биосфера – человек – техносфера.

В окружающем нас мире возникли новые условия взаимодействия живой и неживой материи: взаимодействие человека с техносферой, взаимодействие техносферы с биосферой. Сейчас, в начале XXI века стало правомерно говорить о возникновении новой области знаний – «Экология техносферы», где главными «действующими лицами» является человек и созданная им техносфера.

Область знаний «экология техносферы» включает, как минимум, основы техносферостроения и регионоведения, социологию и организацию жизнедеятельности в техносфере, сервис, безопасность жизнедеятельности человека в техносфере и защиту природной среды от негативного влияния техносферы.

Цель изучения курса «Экология техносферы» – ознакомление с технологиями ряда производств, условиями образования в этих производствах загрязняющих окружающую среду веществ. С методами очистки, рекуперации и утилизации этих веществ из выбросов, стоков и твердых отходов. Формирование экологически ориентированного мышления и активной позиции в стремлении сохранить природу, получение научных знаний об основах устойчивого развития общества и природы.

# 1. ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ ТЕХНОСФЕРЫ

## 1.1 Понятийно-терминологические определения

Интенсивное развитие хозяйственной деятельности людей (потребности – производство – потребление), деградация природных экосистем, аварии и катастрофы на промышленных и оборонных объектах разрушают окружающую среду и приводят природу к состоянию кризиса, грозящего экологической катастрофой (с пагубными последствиями для населения).

На рисунке 1 приведена схема негативного влияния технического прогресса на развитие цивилизации.

**Рис. 1. Влияние технического прогресса на развитие цивилизации**

Проблемы взаимоотношения человека и природы занимают умы учёных с древних времён. Философ Анаксимандр (ок. 610 – после 547 до н.э.) стал автором первого философского труда на греческом языке «О природе». К 242 г. до н.э. индийский император Ашока разработал эдикты (декреты), которые предписывали охранять рыб, животных, леса. Английский король Эдуард I (1239–1307) с 1272 г. специальным законом запретил отапливать дома Лондона каменным углем, так как город задыхался в смраде каменноугольной копоти; итальянский врач Рамаццини Бернардико (1633–1714) – один из основоположников профпатологии – написал трактат «О болезнях ремесленников. Рассуждения». Пётр I Великий (1672–1725) стал автором первых указов об охране природной среды в России; французский философ Огюст Конт (1798–1857) в своих сочинениях рассматривал систему «география человека – экология человека – социология».

Выдающиеся российские учёные В.И. Вернадский, Д.С. Лихачев, В.П. Казначеев, А.Л. Яншин, Н.Ф. Реймерс, В.А. Легасов, Н.Н. Моисеев, Г.А. Богдановский, Г.В. Стадницкий, А.И. Родионов, О.С. Чехов, О. Н. Русак, Ю.А. Израэль, И.И. Мазур, В.И. Данилов-Данильян, А.В. Яблоков и др. стали авторами основопола-

гающих идей, заложенных в фундамент советской, а затем и российской системы безопасного развития техносферы.

Из зарубежных ученых в нашей стране наиболее популярны труды Ю. Одума, Э. Планки, М. Бигона, Г. Доусона и Б. Мерсера, Л. Штарке, Б. Небела, В. Маршалла и др.

Академик В.И. Вернадский в работе «Химическое строение биосферы Земли и её окружение» писал: «Ни один живой организм в свободном состоянии на Земле не находится. Все эти организмы неразрывно и непрерывно связаны, прежде всего, питанием и дыханием с окружающей их материально-энергетической средой. Вне её природных условий они существовать не могут». Вода, воздух и земля имеют свойство поглощать и очищать ядовитые выбросы.

На рисунке 2 показана схема взаимосвязи человека с окружающей средой. Из схемы видно, что в результате взаимодействия человека с воздухом, водой и почвой возникают промышленные и бытовые отходы, которые после очистки и переработки возвращаются в окружающую среду, однако их ценность, с точки зрения удовлетворения запросов человека, в значительной мере снижается.

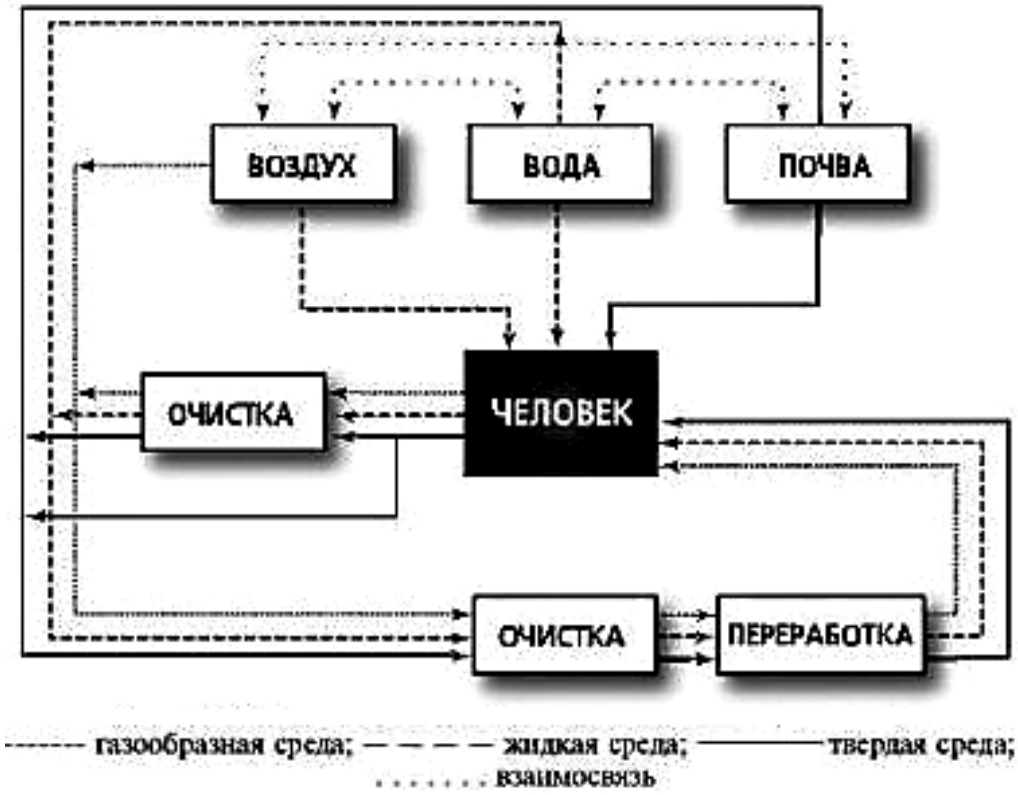



**Рис. 2. Схема взаимодействия человека с природой**

***Биосфера*** – оболочка Земли, обусловленная прошлой или современной деятельностью живых организмов. По определению академика В.И. Вернадского, «биосфера – часть Земного шара, в пределах которой существует жизнь». Биосфера охватывает часть атмосферы (примерно до озонового слоя), верхнюю часть литосферы, так называемую кору выветривания (2–3 км вглубь Земли), и гидросферу. Биосфера сформировалась на нашей планете около 4 млрд. лет назад. Венцом развития биосферы явился человек. В результате эволюции энергии: мускульная – паровая – электрическая – атомная, на Земле появились созданные человеком заводы, фабрики, транспортные системы, объекты ядерной техники. Весь этот искусственно созданный технический мир назвали ***техносферой.***

Технический мир находится в явном противоречии с законами жизни на Земле (и естественными экологическими системами) – идет объективное разрушение окружающей среды. Диалектика взаимодействия общества и природы заключается в оценке глубины этих противоречий и в выборе возможностей (путей) их разрешения. В связи с этим рождается ряд вопросов о взаимном влиянии качества окружающей среды и существования жизни человека.

Всё это и является предметом ***экологии*** – науки о взаимоотношениях между живыми организмами и средой обитания.

Термин «экология» (греч. *oikos* – жилище, местопребывание, дом; *logos* – учение, наука) предложил немецкий биолог Э. Геккель в 1866 году.

Современная экология изучает взаимодействие человека и биосферы, общественного производства с окружающей его природной средой и другие проблемы. Включает разные направления, в частности: охрану окружающей среды (или охрану природы), защиту биосферы, инженерную экологию, промышленную экологию, экологическую безопасность.

К компетенции экологов относятся законодательные, организационные, санитарно-гигиенические, инженерно-технические и другие мероприятия, предупреждающие или снижающие вредное воздействие результатов деятельности человека на биологические системы.

Большую актуальность приобрели прикладные направления теоретической экологии, связанные с решением задач по идентификации и оценке опасностей антропогенных воздействий, защите окружающей среды. И обеспечению высокого уровня жизни людей.

При рассмотрении многих экологических проблем, особенно прикладного характера, широко применяются понятия «экологическая обстановка», «экологическая опасность (безопасность)» и «ресурсосбережение». «Химическая, радиационная обстановка, опасность (безопасность)», «допустимые уровни» шума, электромагнитных излучений и др.

Например, экологическая безопасность трактуется как любая деятельность человека, исключающая вредное воздействие на окружающую среду. Под экологической безопасностью понимают также положение, при котором путем правового нормирования, выполнения экологических, природозащитных и инженерно-технических требований предотвращаются или ограничиваются опасные для жизни и здоровья людей, разрушительные для народного хозяйства и окружающей среды последствия экологических катастроф.

***Окружающая среда*** – совокупность всех материальных тел, сил и явлений природы. Абиотической среды (компоненты и явления неживой, неорганической природы: климат, свет, химические элементы и вещества, температура), биотической среды (факторы взаимодействия особей и видов: конкуренция, паразитизм и др.) и социальной среды, совместно оказывающих влияние на человека и его деятельность.

Понятие «природная среда» более узкое. Оно включает совокупность объектов и условий природы, в которых протекает деятельность какого-либо субъекта.

К факторам, проявляющимся в результате деятельности человека, относятся антропогенное и техногенное воздействия на природную среду.

Антропогенное воздействие – любой вид хозяйственной деятельности человека в его отношении к природе, техногенное – целенаправленный процесс технической (в том числе геологической) деятельности человека в биосфере и околоземном пространстве.

В зависимости от вида антропогенного воздействия (рис. 3) понятие «экологическая безопасность» может трансформироваться в широко применяемое на практике понятие «химическая безопасность» биосферы.

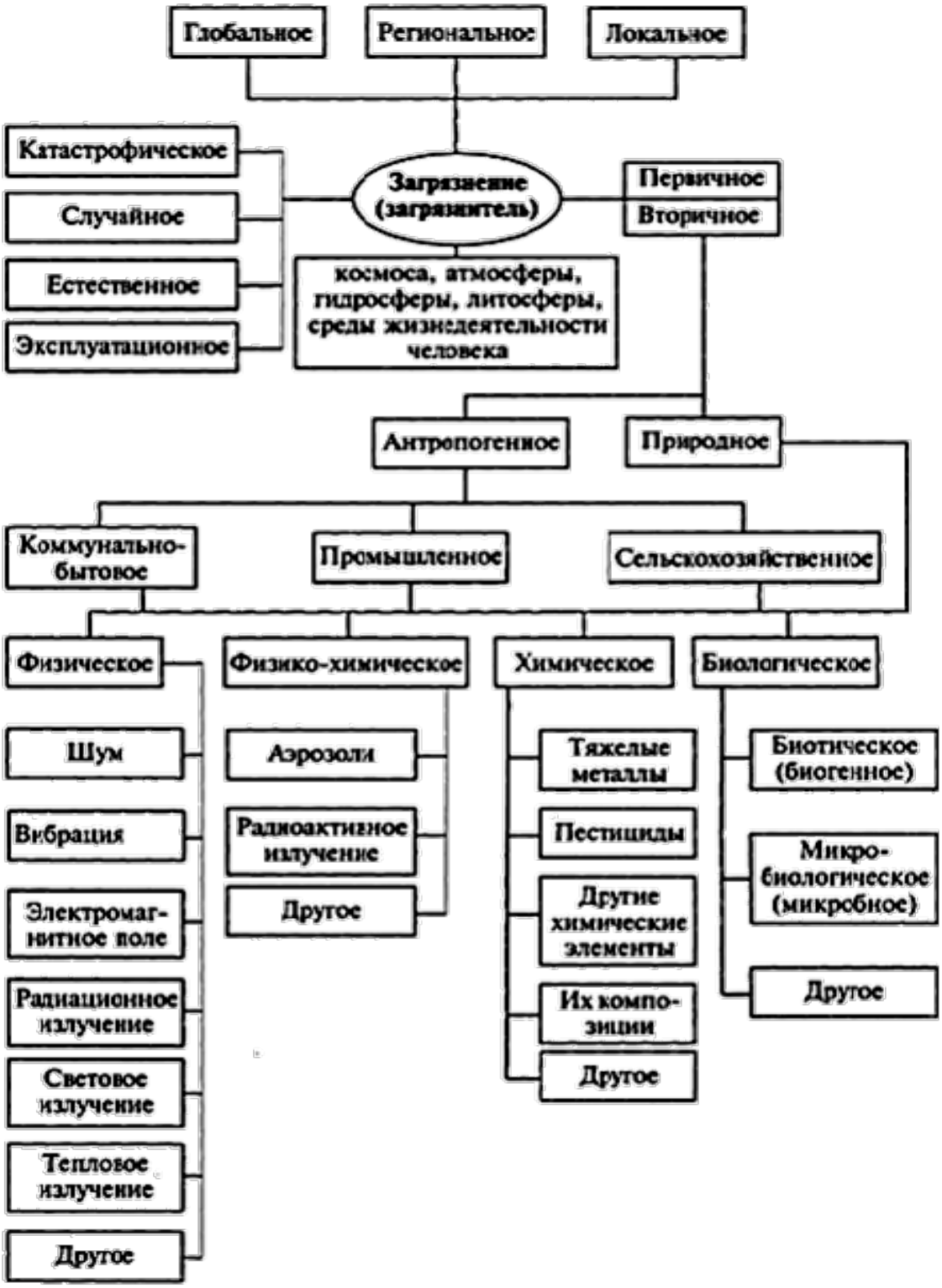



**Рис. 3. Классификация загрязнений биосферы**

Это – совокупность определённых свойств объектов окружающей среды и создаваемых условий, при которых (с учетом экономических, социальных факторов и научно обоснованных допустимых дозовых нагрузок химически вредных веществ) удерживаются на разумно низком, минимально возможном уровне риска возникновение аварий на химически опасных объектах. Прямое и косвенное воздействие этих веществ на окружающую среду и человека и исключаются отдалённые последствия влияния химически вредных веществ для настоящего и последующих поколений.

Поддержание и обеспечение экологической (химической) обстановки на приемлемом уровне по определяющим её параметрам во многом достигается целенаправленной деятельностью людей.

Эта деятельность, выражающаяся в определённых мероприятиях, называется *экологическим (химическим) обеспечением.*

***Экологическое обеспечение*** – комплекс мероприятий организационно-технического, социально-экономического, правового регулирований, направленных на сохранение и восстановление качества природной среды, а также обеспечение высокого уровня жизни людей в процессе функционирования народно-хозяйственных, культурно-бытовых и других объектов и структур.

***Экологизация*** – процесс неуклонного и последовательного внедрения систем, в частности, технологических, управленческих решений, позволяющих повышать эффективность использования естественных ресурсов и условий наряду с улучшением или хотя бы сохранением качества природной среды на локальном, региональном и глобальном уровнях.

***Экологизация технологий (производств)*** – мероприятия по предотвращению отрицательного воздействия производственных процессов на природную среду – осуществляется разработкой малоотходных (ресурсосберегающих) технологий, аппаратов и оборудования, дающих на выходе минимум вредных выбросов.

***Экологизированные технологии*** – производственные процессы и производства, которые не нарушают естественные круговороты в природе, сводят до минимума поступление загрязняющих веществ в биосферу и гармонично вписываются в природные условия.

В их основу должны быть положены следующие принципы:

1. Пространственная компактность: каждое предприятие должно занимать минимально разумную территорию, а его цеха и

отделы – работать по принципу: создание экологически чистой продукции → её сбыт → возврат отходов в производство.

2. Малоотходность (теоретически безотходность) технологий и производств.

3. Замкнутость производственных циклов, что позволяет сохранить в чистоте природную среду и уменьшить потребление природных ресурсов.

4. Возможность вторичной переработки (рекуперации) отходов до такой степени, чтобы сделать их допустимыми для разложения и включения в естественные круговороты.

Опираясь на основные понятия экологии и её прикладных ответвлений, можно рассматривать и устанавливать главные способы (методы) разрешения конфликта человека с природой, сохранение высокого качества окружающей среды и здоровья населения.

Комплексное решение данной задачи возможно лишь при владении специалистом того или иного производства знаниями в области экологии, позволяющими ему оценивать промышленные технологии с позиций охраны окружающей среды – обладать экологическим мышлением. «Мы должны перейти в новое состояние, имя которому ноосфера, т.е. сфера разума. У человечества нет иного выбора» (В.И. Вернадский, 1920).

***Ноосфера*** – сфера взаимодействия природы и общества. В пределах которой разумная деятельность человека становится определяющим фактором; системное образование современности, обладающее внутренним единством и логикой развития.

Логической основой этого образования являются следующие практические разделы экологии как науки.

***Прикладная экология*** – дисциплина, изучающая механизмы разрушения биосферы человеком, способы предотвращения этого процесса и разрабатывающая принципы рационального использования природных ресурсов без деградации среды жизни.

***Инженерная экология*** – дисциплина, изучающая общие и локальные закономерности формирования техносферы и способы управления ею в целях защиты и безопасности природной среды, или система инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества среды в условиях растущего промышленного производства.

***Промышленная экология*** – дисциплина, рассматривающая воздействие промышленности (от отдельных аппаратов и предприятий до техносферы) на природу и, наоборот, влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

Фактически и согласно вышеупомянутым определениям, существуют две группы задач охраны окружающей среды (ООС): *экологические* и *инженерные*, причём первые могут решаться с помощью вторых.

## 1.2 Экологически безопасные (экологизированные) технологии

Технология включает конкретные технологические системы (ТС). Для окружающей среды наиболее вредоносными из них являются: энергетика, транспорт (особенно автомобильный в крупных городах), металлургия, химическое производство, строительная промышленность, сырьевое производство.

К сожалению, на производство необходимой для человека продукции затрачивается только 2% сырья, всё остальное превращается в отходы; некоторые из них токсичны (опасны для здоровья). На каждого жителя развитых стран приходится около 20 т сырья в год, а расходы на обезвреживание и переработку отходов достигают 10% от суммарных расходов на производство продукции.

Проблему рационального природопользования подразделяют на две части: защиту окружающей среды от загрязнения отходами производства и быта; повторное использование материальных и энергетических ресурсов. Их называют вторичными материальными ресурсами (ВМР) и вторичными энергетическими ресурсами (ВЭР). Идеально было бы организовать производство так, чтобы в масштабах завода, региона, страны основными были ВМР и ВЭР, а первичное сырьё шло бы только на восполнение потерь и расширение производства.

Малоотходные (безотходные) технологии и замкнутые циклы – одна из самых радикальных мер защиты окружающей среды от загрязнений. Далее сформулированы четыре основных направления их развития (в соответствии с Декларацией о мало-

отходной и безотходной технологии и использовании отходов, принятой в Женеве в 1979 г.).

1. Создание бессточных технологических систем разного назначения, на базе существующих и перспективных методов очистки и повторно-последовательного использования нормативно очищенных стоков.

2. Разработка и внедрение систем переработки промышленных и бытовых отходов, которые рассматриваются при этом как вторичные материальные ресурсы (ВМР).

3. Разработка технологических процессов получения традиционных видов продукции, принципиально новыми методами, при которых достигается максимально возможный перенос вещества и энергии на готовую продукцию.

4. Разработка и создание территориально-промышленных комплексов (ТПК) с возможно более полной замкнутой структурой материальных потоков и отходов производства внутри них.

***Безотходная технология*** – экологическая стратегия промышленного производства, включающая комплекс мероприятий, обеспечивающих минимальные потери природных ресурсов при максимальной экономической эффективности.

Критерием безотходной технологии является такое комплексное использование сырья и энергии, при котором процесс производства продукции не сопровождается загрязнением окружающей среды. При этом техногенный круговорот сырья, продукции и отходов предопределяет замкнутость производственного цикла, что по существу и составляет основу безотходной технологии. Принцип безотходной технологии затрагивает все звенья производственной деятельности: разработку новых технологических рецептов, аппаратурного оформления, экономических, экологических мероприятий и т.д.

По определению, данному на Международном семинаре по малоотходной технологии в Ташкенте в 1984 году, «безотходная технология – такой способ осуществления производства продукции, при котором наиболее рационально и комплексно используют сырьё и энергию в цикле: сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные ресурсы. И таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают её нормального функционирования».

К концепции безотходной технологии существует два подхода. Один основан на законе сохранения вещества, в соответствии с которым сырьё (материя) всегда может быть преобразовано в ту или иную продукцию. Следовательно, можно создать такой технологический цикл, в котором все экологически опасные вещества будут преобразовываться в безопасный продукт или исходное сырьё. Согласно другому, полностью безотходную технологию нельзя создать ни практически, ни теоретически (подобно тому, как энергию нельзя полностью перевести в полезную работу в соответствии со вторым законом термодинамики, так и сырье невозможно полностью перевести в полезный экологически безопасный продукт). Другими словами, полностью безотходная технология – идеальная система, к которой должен стремиться всякий реальный технологический цикл, и чем больше будет это приближение, тем меньшим будет экологически опасный след.

В этом отношении более реальной является так называемая малоотходная технология – такой способ производства продукции, когда вредное воздействие на окружающую среду доведено до санитарно-гигиенических норм и соответствующих предельно допустимых концентраций (уровней) ПДК (ПДУ).

Иногда используют понятие «экологически чистая технология», подразумевая такой метод производства продукции, при котором сырьё и энергию применяют настолько рационально, что объемы выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ и отходов сведены к минимуму.

Таким образом, приняв, что полностью безотходная технология – это идеальная модель производства, можно утверждать, что и малоотходная технология требует определенных корректирующих коэффициентов, оценивающих степень их приближения к безотходной.

Имеется ряд подходов к определению безотходности производств:

– экспериментальная оценка, оценки по сырьевому и энергетическому балансам. Полноте использования эксергии, общему параметру оптимизации, полученному с помощью функции желательности или технологического профиля, а также экономическим путем – при сопоставлении затрат на производство продукции.

Общий баланс относительной токсичности массы (ОТМ) вредных веществ:

$$\sum(M_C + M_B + M_T) - \sum M_H - \sum M_P = 0,$$

где:

$M_C + M_B + M_T$ – масса отходов, поступающих в окружающую среду со сточными водами, газовыми выбросами и твёрдыми веществами;

$\sum M_H$ – масса нейтрализованных отходов;

$\sum M_P$ – масса рассеянных отходов.

Относительную экологичность типового процесса, технологической линии, цеха определяют по следующей формуле, %:

$$A = \frac{\sum(M_C + M_B + M_T) - \sum M_H - \sum M_P}{\sum(M_C + M_B + M_T)} 100$$

При $A \to 0$ – процесс является безотходным.

Методология оценки категории безотходности химических производств предполагает, что коэффициент безотходности:

$$k_б = \varphi(k_М, k_{ЭН}, k_{ЭК}), \text{ где:}$$

$k_М$ и $k_{ЭН}$, $k_{ЭК}$ – коэффициенты полноты использования соответственно материальных и энергетических ресурсов;

$k_{ЭК}$ – коэффициент соответствия экологическим требованиям.

Производства в зависимости от значения $k_б$ и мощности разделяют на три категории: безотходные ($k_б > 0{,}90 – 0{,}97$), малоотходные ($0{,}80 – 0{,}90 \le k_б \le 0{,}90 – 0{,}97$) и рядовые ($k_б < 0{,}80 – 0{,}90$).

Для угольной промышленности:

$$k_б = 0{,}33(k_П + k_В + k_{ПГ})$$

где:

$к_п$ – коэффициент использования породы, образующейся в результате горных работ;

$к_в$ – коэффициент использования попутно забираемой воды, образующейся при добыче угля;

$к_т$ – коэффициент использования пылегазовых отходов.

В общем случае для оценки степени совершенства технологического процесса, учитывая взаимодействие с окружающей средой, за критерий *безотходное* принят коэффициент экологического действия:

$$k = \frac{В_Т}{В_Ф} = \frac{В_Т}{В_Т + В_П}$$

где:

$В_т$ – теоретическое воздействие, необходимое для производства;

$В_ф$ – фактическое воздействие;

$В_п$ – воздействие, определяемое конкретным производством.

Если $В_ф >> В_т$, то $k \to 0$, т.е. данное производство абсолютно не учитывает требований экологической безопасности, что неизбежно ведёт к так называемому экологическому «просчету» или экологическому «бумерангу». Чем выше k, тем более совершенно производство с учётом воздействия на окружающую среду и тем более существенно приближение к безотходной технологии.

Социально-экономический эффект безотходных производств определяют по комплексному критерию:

$$\eta = \sum_{i=1}^{n} Э_i - \frac{У}{З_П} \to max$$

где:

$\sum Э_i$ – сумма всех эффектов, достигаемых при внедрении безотходного производства;

У – ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления;

$З_п$ – полные затраты на безотходное производство.

При наличии ряда вариантов безотходного производства должен быть выбран вариант с наибольшими η при минимальных $З_п$. Сочетание прогрессивной технологии с современными методами очистки и контроля газопылевых выбросов, вторичного использования отходов позволяет реконструировать существующие и проектировать новые цеха. Отдельные производственные участки, отвечающие всем требованиям экологической безопасности.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Классификация загрязнений биосферы.
2. Экологизированные технологии, и их основные принципы.
3. Понятие безотходной технологии.
4. Направления развития малоотходных (безотходных) технологий.
5. Определение безотходности производств.

# 2. ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ БИОСФЕРЫ

Загрязнение биосферы – результат выбросов загрязняющих веществ или некоторых видов энергии (например, электромагнитные поля) из различных источников. Загрязнители (контаминанты) могут иметь естественное (природное) и искусственное (антропогенное) происхождение.

Например, по своему физическому состоянию загрязнители атмосферы делятся на: твердые (пыль, дым), жидкие (туман), газообразные (газы, пары) и комбинированные. От общей массы выбрасываемых в атмосферу веществ газы (пары) составляют около 90%. По оценке ВОЗ из более чем 6 млн. известных химических соединений практически используется до 500 тыс. соединений. Из них около 40 тыс. обладают вредными для человека свойствами, а 12 тыс. являются токсичными. Причем любой химический загрязнитель атмосферы имеет порог действия.

К естественным источникам загрязнений относятся пыльные бури, вулканические извержения, газовые выделения из гейзеров и геотермальных источников, прижизненные выделения в атмосферу растений, животных, микроорганизмов и т.д.

Источники искусственного загрязнения – различные промышленные предприятия, коммунальное хозяйство, утечки из газохранилищ и трубопроводов и т.д. Атмосферные загрязнители подразделяются на первичные, поступающие непосредственно в

атмосферу, и вторичные, являющиеся результатом их превращений. Например, поступающий в атмосферу диоксид серы окисляется кислородом воздуха до триоксида серы, который затем, взаимодействуя с водяными парами, образует капельки серной кислоты. При оценке загрязнения атмосферы учитывается период пребывания загрязняющих веществ в ней. В атмосферу одновременно могут поступать вещества, оказывающие на живые организмы сходное воздействие, то есть обладающие эффектом суммации вредного действия.

Все вредные вещества (ВВ) в соответствии с ГОСТ 12.1.0.07-76 по степени воздействия на организм человека подразделяют на четыре класса опасности: 1-й – вещества чрезвычайно опасные, ПДК менее 0,1 мг/м$^3$; 2-й – вещества высокоопасные, ПДК 0,1–1 мг/м$^3$; 3-й – вещества умеренно опасные, ПДК 1,1–10 мг/м$^3$; 4-й – вещества малоопасные, ПДК более 10 мг/м$^3$.

Основным элементом загрязнения атмосферы являются аэрозольные образования. Аэрозоли – это дисперсные системы, в которых дисперсионной средой служит газ, а дисперсионными фазами являются твердые или жидкие частицы. Обычно размеры частиц аэрозолей ограничивают интервалом $10^7$–$10^3$ см.

Аэрозоли делятся на три группы. К *первой* относятся пыли – коллективы, состоящие из твердых частиц, диспергированных в газообразной среде. Ко *второй группе* относятся дымы – все аэрозоли, которые получаются при конденсации газа. К *третьей группе* относятся туманы – коллективы жидких частиц в газообразной среде.

Сейчас в земной атмосфере взвешено около 20 млн. т частиц, из которых примерно 3/4 приходится на долю выбросов промышленных предприятий.

Из многочисленных контаминантов атмосферы (по определению комитета экспертов ВОЗ) основными являются взвешенные частицы – аэрозоли различного состава. Затем следуют сернистые соединения и оксиданты, то есть вещества, образующиеся в атмосферном воздухе в результате фотохимических превращений. Например, уже в 1975 г. в атмосферу во всём мире выбрасывалось около 100 млн. т твердых веществ.

Особое значение пыли и других взвешенных частиц объясняется тем, что они загрязняют атмосферу не только в результате

прямых выбросов, но в большей мере в результате различных превращений газообразных веществ, выбрасываемых в атмосферу (сернистых соединений, оксидов азота, углеводородов) с образованием мелкодисперсных аэрозолей.

Источники загрязнения атмосферы выбросами могут быть классифицированы:

– по назначению:

а) технологические, содержащие хвостовые газы после установок улавливания (рекуперации, абсорбции и т.д.);

б) вентиляционные выбросы – местные отсосы, вытяжки.

– по месту расположения:

а) незатенённые или высокие (высокие трубы, точечные источники, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую высоту здания в 2,5 и более раз);

б) затенённые или низкие, то есть расположенные на высоте, в 2,5 раза меньшей высоты здания;

в) наземные – находящиеся у земной поверхности (открытое технологическое оборудование, проливы, колодцы производственной канализации и т.д.).

– по геометрической форме:

а) точечные (трубы, шахты, вентиляторы);

б) линейные (аэрационные фонари, открытые окна, факелы).

– по режиму работы: непрерывного и периодического действия, залповые и мгновенные.

Залповые выбросы возможны при авариях, сжигании быстрогорящих отходов производства. При мгновенных выбросах загрязнения выбрасываются в доли секунды и часто на значительную высоту. Это возможно при взрывных работах и авариях.

– по дальности распространения: внутриплощадочные, то есть создающие высокие концентрации только на территории промышленной площадки, а в жилых районах не дающие ощутимых загрязнений (для таких выбросов предусматривается санитарно-защитная зона достаточных размеров). Внеплощадные, когда выбрасываемые загрязнения способны создать высокие концентрации (порядка ПДК для воздуха населенных пунктов) на территории жилой застройки.

Газовые промышленные выбросы могут быть организованными и неорганизованными.

Организованный промышленный выброс – выброс, поступающий в атмосферу через специальные сооружения – газоходы, воздуховоды, трубы, а неорганизованный выброс – выброс, поступающий в атмосферу в результате нарушения герметичности оборудования, неудовлетворительной работы вентиляционной системы, местных отсосов.

Сточные воды, содержащие растворенные и взвешенные вещества, отводящиеся (отходящие) в гидросферу или литосферу, рассматриваются как сбросы.

Сбросы разделяются. На неорганизованные – если они стекают в водный объект непосредственно с территории промышленного предприятия, не оборудованного специальной. Например, ливневой канализацией, или иными устройствами для сбора. И на организованные сбросы – если они отводятся через специально сооружённые источники – водовыпуски.

Выпуски классифицируются по следующим признакам: по типу водоема или водотока; по месту расположения выпуска; по конструкции распределительной части; по конструкции оголовка или сбросного устройства.

Большую опасность представляет биологическое накопление и аккумуляция загрязняющих жидких веществ, выбрасываемых предприятиями.

В городских сточных водах (смеси бытовых и производственных) содержатся минеральные (глина, песок, окалина, сажа, сульфаты, хлориды, соли тяжелых металлов и т.д.) и органические (белковые вещества, углеводы, жиры, масла, нефтепродукты, синтетические ПАВ и т.д.) загрязнения. Биогенные элементы – соединения азота и фосфора находятся в сточных водах в органической и неорганической форме.

Все перечисленные загрязнения могут находиться в грубодисперсном (оседающем под действием силы тяжести), коллоидном и растворенном состояниях. Большая часть органических загрязнений городских сточных вод находится в грубодисперсном (15–20%) и коллоидном (50–60%) состоянии.

По степени загрязнения и происхождению сточные воды можно разделить на следующие группы:

– загрязненные, представляющие собой смесь отработанных жидкостей после технологических процессов, а также после мытья оборудования и полов (75–80%);

– условно-чистые воды от охлаждения оборудования, компрессорных и холодильных установок, вентиляционных устройств и т.д. (6–18%);

– хозяйственно-фекальные (5–6%);

– ливневые воды от мытья территории, автотранспорта и т.д. (2–3%).

Твёрдые отходы представляют собой гетерогенную смесь сложного морфологического состава: черные и цветные металлы, макулатуросодержащие и текстильные компоненты, отходы стекла, пластмассы, кожи, резины, дерева, камней. А также остатки непрореагировавшего твердого сырья, смолы, кубовые остатки от перегонки, различные осадки и шламы, отработанные катализаторы, фильтровальные материалы, адсорбенты, не подлежащие регенерации, общезаводской мусор и др. На удаление таких отходов производства затрачивается в среднем 8–10% стоимости производимой продукции. Для складирования твердых отходов московских предприятий ежегодно в Московской области выделяется 20 га земли. Транспортирование и складирование отходов ежегодно поглощает миллиарды рублей.

Условно предприятия можно разделить на три группы, учитывая их потенциальные возможности загрязнения биосферы. К *первой группе* относятся предприятия с преобладанием химических технологических процессов. Ко *второй группе* – предприятия с преобладанием механических (машиностроительных) технологических процессов. К *третьей группе* – предприятия, на которых осуществляется как добыча, так и химическая переработка сырья. Например, предприятия химической промышленности (I группа) отличаются разнообразием токсичных газовых выбросов и жидких стоков. Главные из них – органические растворители, амины, альдегиды, хлор и его производные, оксиды азота, циановодород, фториды, сернистые соединения (диоксид серы, сероводород, сероуглерод). Металлоорганические соединения, соединения фосфора, мышьяка, ртуть.

Предприятия механического профиля (II группа), включающие заготовительные и кузнечно-прессовые цехи, цехи термической и механической обработки металлов, цехи покрытий, литей-

ное производство, выделяют значительное количество газов, жидких стоков и твердых отходов. Нефтегазовые и горнодобывающие объекты, металлургическое производство и теплоэнергетику условно относят к предприятиям III группы.

К опасным загрязнениям антропогенного характера, способствующим серьезному ухудшению качества окружающей среды и жизни человека, следует отнести радиоактивность. К числу техногенных загрязнений, представляющих опасность для биосферы и человека, относятся и электромагнитные излучения (ЭМИ) и поля (ЭМП). Они являются весьма сложным загрязнением, как с точки зрения анализа, так и с позиций ограничения интенсивности облучения. Кроме того, органы чувств человека не воспринимают ЭМП до частот видимого диапазона, в связи с чем оценить степень опасности облучения практически невозможно.

Шум, инфразвук, ультразвук и вибрация оказывают самые различные воздействия на живой организм; в подавляющем большинстве они являются нежелательными. С точки зрения классических методов оценки звука, интенсивность или пережитая воспринятая громкость, является не только наиболее важной характеристикой любого вида шума, но и в значительной мере определяет степень его вредного воздействия.

На предприятиях источниками шума являются вентиляторные установки, компрессорные станции, газотурбинные установки и другие устройства. Источниками вибрации являются: промышленные установки, технологические трубопроводы, строительные и другие объекты, в которых доминируют динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями и т.п. Разрушительное влияние вибрации с сопутствующим ей фактором – шумом – одна из самых трудноразрушимых проблем промышленной экологии.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Виды атмосферных загрязнителей и классификация источников загрязнения атмосферы.
2. Классы вредных веществ.
3. Группы сточных вод по степени загрязнения.
4. Загрязнение твердыми бытовыми отходами.
5. Радиоактивное, электромагнитное загрязнение.
6. Шум, инфразвук, ультразвук и вибрация.

# 3. ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ (ДОБЫВАЮЩИЕ И ПРОИЗВОДЯЩИЕ, ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ И ПОТРЕБЛЯЮЩИЕ ОТРАСЛИ, ИХ ВЗАИМОСВЯЗИ И ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ)

## 3.1 Электроэнергетика

В настоящее время основная доля энергии производится за счет сжигания или переработки природного сырья – угля, нефти, газа, горючих сланцев, торфа, а также использования энергии рек путем строительства гидроэлектростанций и сооружения водохранилищ. Любой из современных способов производства и использования энергии (в промышленности, коммунально-бытовом и сельском хозяйстве, на транспорте) в большей или меньшей степени связан определенными отрицательными воздействиями на окружающую среду.

Ежегодно в Российской Федерации вырабатывается около 900 млрд. кВт ч электроэнергии. Энергетические предприятия, в зависимости от свойств используемых первичных ресурсов, различно влияют на состояние окружающей среды отходами своего производства. Загрязняют воздушный бассейн продуктами сгорания, вызывают тепловое загрязнение атмосферы. Происходит загрязнение водных объектов сточными водами. Определяют экологическое состояние акваторий гидроэлектростанций, вызывают электромагнитное влияние (высоковольтные линии), радиоактивное загрязнение (атомная электростанция) и др. При этом происходит и частичное изъятие территорий из использования.

Наибольшему воздействию в результате деятельности энергетической промышленности подвергаются воздушный бассейн и поверхностные воды.

Заметное влияние на изменение состояния окружающей среды оказывает гидростроительство.

Водохранилища, создаваемые в результате сооружения плотин электростанций, регулируют речной сток. Они снижают опасность наводнений и развития эрозии почв, улучшают судоходность рек, обеспечивают снабжение водой сельскохозяйственных угодий, служат для рекреационных и других целей.

Вместе с тем запруживание рек и строительство водохранилищ нередко приводят к отрицательным последствиям. Водохранилища, особенно крупные, оказывают существенное влияние на изменение микроклимата регионов, где они расположены. При создании крупных водохранилищ происходит затопление плодородных земель и поселений. Гидросооружения влияют на уровень грунтовых вод, вызывают нередко засоление или заболачивание почв и снижение их продуктивности. Затопление водохранилищами наземной растительности зачастую сопровождается ее разложением, развитием новых видов водной флоры и фауны, приводит к этерификации водоемов.

В энергетике основными источниками загрязнения являются тепловые электростанции, производство энергии на которых сопровождается в первую очередь загрязнением атмосферного воздуха.

Особое внимание на природную среду оказывают предприятия атомной энергетики. Источником потенциальной опасности является весь процесс ядерного топливного цикла – от добычи делящегося материала до переработки облученного топлива. Отмечается, что в последние годы производственная деятельность АЭС не оказала заметного влияния на экологическую ситуацию в районах их размещения.

Следует признать, что в настоящее время полностью исключить промышленные выбросы в окружающую среду невозможно. Определенная доля выбросов в атмосферу является объективно обусловленной современным этапом развития технологии энергетического производства. Однако в конкретной хозяйственной ситуации увеличение количества использования топлива низкого качества, не соответствующего стандартам: с повышенной зольностью, зернистостью и т. д. Энергетика – наиболее крупная отрасль по объему выбросов в атмосферу (26,6% от общего количества выбросов всей промышленности России).

Характерными выбросами энергетического комплекса являются сернистый газ, оксид углерода, оксиды азота, сажа, а также наиболее токсичные ингредиенты – оксид ванадия (V) и бенз(*а*)пирен.

Основными источниками образования летучих выбросов в энергетике являются установки обогащения и брикетирования угля, углеразмольные агрегаты, энергетические и теплофикационные котельные установки. Ежегодно объем выбросов вредных веществ в атмосферный воздух энергетическими предприятиями Российской Федерации составляет около 6,0 млн. т, основной объем этих выбросов занимают: 31% пыли, 42% диоксида серы, 23,5% оксида азота.

Энергетика является отраслью промышленности, потребляющей огромное количество «свежей» воды, 99% которой используется на производство электрической и тепловой энергии. Ежегодно используется около 30 млрд. $м^3$ воды, 65–70% экономится за счет использования оборотного водоснабжения.

Большая часть воды расходуется на охлаждение различных агрегатов, в связи, с чем тепловые электростанции являются источниками теплового загрязнения. Другим крупным потребителем воды, загрязняющим водоемы и подземные воды, является

система гидр золоудаления ТЭЦ, использующая твердое топливо – угли, сланцы, торф.

Со сточными водами в водные объекты сбрасываются загрязняющие вещества, из которых для энергетики являются взвешенные вещества, нефтепродукты, хлориды, сульфаты, соли тяжелых металлов, специфические вещества (сероводород, капролактам, формальдегид).

Ежегодно около 53 предприятий атомной энергетики сбрасывают загрязненные воды, из них в бассейн Каспийского моря – 15, Балтийского – 7, Черного – 2, Арктических морей – 27, Тихого океана – 2. В водные объекты открытой гидрографической сети предприятиями атомной энергетики сбрасываются около 30 тыс. Ки радионуклидов, из которых 99% имеют период полураспада от нескольких часов до одних суток. Сбрасываемые радиоактивные изотопы достаточно быстро распадаются и практически не прослеживаются в количествах, превышающих допустимые концентрации в водоемах.

В результате инвентаризации, проведенной в последнее время на предприятиях атомной энергетики, на 34 предприятиях отрасли, включая 8 атомных электростанций, имеется 257 мест хранения и поверхностного захоронения радиоактивных отходов. На них сосредоточено свыше 405 млн. $м^3$ жидких и около 300 млн. т твердых отходов, суммарная активность которых превышает 1000 млн. Ки. Кроме того, в глубоких геологических формациях сосредоточено свыше 1,05 млрд. Ки жидких отходов.

### 3.2 Чёрная и цветная металлургия

Чёрная металлургия включает предприятия – гиганты отечественной индустрии. Их основная деятельность состоит в том, чтобы удовлетворить потребности многих отраслей промышленности Российской Федерации. Кроме того, отрасль играет заметную роль в представлении интересов России на мировом рынке.

Наиболее крупные предприятия черной металлургии расположены в промышленных городах РФ. Это Липецкая, Свердловская, Челябинская, Вологодская области, Красноярский край и другие регионы.

Самое сильное воздействие черная металлургия оказывает на атмосферный воздух и поверхностные воды, а также на уровень загрязнения подземных вод и почв.

Черная металлургия занимает второе место по общему количеству выбросов в атмосферу среди отраслей промышленности. В основном поступают оксид углерода (67,5% суммарного выброса в атмосферу); твердые вещества (15,5%), диоксид серы (10,8%); оксид азота (5,4%).

Основными источниками выбросов в атмосферу в чёрной металлургии являются: в агломерационном производстве – агломерационные машины, машины для обжига окатышей. Дробильно-размольное оборудование, места разгрузки, погрузки и пересыпки материалов. При производстве чугуна и стали – доменные, мартеновские и сталеплавильные печи, установки непрерывной разливки стали, травиль-

ные отделения, вагранoчные печи чугунолитейных цехов.

В последние годы в городах, где расположены крупные предприятия отрасли, отмечаются систематические, высокие уровни загрязнения воздуха несколькими примесями, в том числе высокого класса опасности, например, сероводорода и пыли, этилбензола и диоксида азота; диоксида азота. Наметилась тенденция снижения выбросов в основном вследствие снижения объема производства, а не за счет осуществления природоохранных мероприятий.

В настоящее время общее водопотребление в чёрной металлургии составляет около 1700 млн. $м^3$/год. Воды на предприятиях используют, как правило, на вспомогательные цели. При этом основное количество воды (около 75% общего ее потребления) 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, например прокатных станов, путем непосредственного с ним соприкосновения, а также на транспортирование механических примесей (шлама, окалины) и т. п., при этом вода и нагревается, и загрязняется металлическими и растворенными примесями.

Ежегодно в поверхностные водные объекты сбрасывается около 1,0 млн. $м^3$ сточных вод, из них 85% загрязненных. Вместе со сточными водами сбрасывается значительное количество загрязняющих веществ, в том числе взвешенные вещества, сульфаты, хлориды, соединения железа, тяжелых металлов и т. д.

По данным аэрокосмической съемки снежного покрова, зона действия предприятий чёрной металлургии прослеживается на расстоянии до 60 км от источника загрязнения.

Чёрная металлургия вносит заметный вклад в загрязнение атмосферного воздуха России (1/7 всех выбросов в России от промышленных стационарных источников). Особенно существенна доля отрасли по выбросам шестивалентного хрома (2/3 промышленного объема его выброса). На долю черной металлургии приходится всего 3% объема используемой промышленностью РФ свежей воды и сброса сточных вод в поверхностные водоемы. По объему сброса загрязненных сточных вод вклад чёрной металлургии оценивается на уровне 1/14 общего объёма

сброса сточных вод этой категории в целом по промышленности Российской Федерации.

Предприятия цветной металлургии расположены в основном в Восточной Сибири, на Урале и Кольском полуострове. В результате производственной деятельности предприятия отрасли оказывают существенное влияние на формирование экологической обстановки в районах своего расположения, а в некоторых случаях и полностью её определяют.

Степень воздействия цветной металлургии на состояние природной среды аналогична нагрузке на окружающую среду предприятий чёрной металлургии.

Ежегодно предприятиями цветной металлургии выбрасывается в атмосферу около 3000 тыс. т вредных веществ. Загрязнения атмосферы предприятиями цветной металлургии характеризуются в основном выбросом диоксида серы (75% от 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 (для спекания, выплавки, обжига, индукционные и др.). Дробильно-размольное оборудование, конверторы, места погрузки, выгрузки и пересыпки материалов. Сушильные агрегаты, открытые склады.

Следует отметить, что при пирометаллургической переработке сульфидных руд и концентратов образуется большое количество отходящих серосодержащих газов, содержание серы в которых определяется используемым оборудованием и технологией. Для утилизации этих газов отсутствуют экономически оправданные технологии. Вследствие этого степень улова диоксида серы на предприятиях цветной металлургии остается на низком уровне (22,6%), а с учетом того, что на его долю приходится 75% всех выбросов, это снижает общую степень улавливания загрязняющих веществ в отрасли.

Таким образом, цветная металлургия вносит заметный вклад в загрязнение атмосферного воздуха (18% всех выбросов в России от промышленных стационарных источников). Особенно существенна доля отрасли в выбросах наиболее опасных веществ – свинца (3/4 объема его промышленных выбросов) и ртути (более 1/3 выбросов ртути всей промышленностью России).

Ежегодно в цветной металлургии потребляется около 1200 млн. $м^3$ свежей воды. Сточные воды предприятий цветной металлургии загрязнены минеральными веществами, фотореагентами, большинство которых токсично (цианиды, ксантогенаты, нефтепродукты и др.), включая соли тяжёлых металлов (медь, свинец, цинк, никель и т. д.). А также мышьяк, фтор, ртуть, сурьма, сульфаты, хлориды и др.

Крупные комбинаты цветной металлургии являются самыми мощными источниками загрязнения почвенных покровов, как по интенсивности, так и по разнообразию загрязняющих веществ. Это является следствием того, что на горно-добывающих предприятиях отрасли продолжает преобладать открытый способ добычи минерального сырья.

Выделяется несколько десятков городов с металлургическими предприятиями, вблизи которых в почвенном покрове обнаружены количества тяжёлых металлов, равные или большие ПДК.

Утилизация и использование отходов производства продолжают оставаться одной из серьезных проблем на предприятиях цветной металлургии. Наибольшее количество промышленных отходов образуется на Норильском горно-металлургическом комбинате. Ежегодно на комбинате образуется около 4,7 млн. т отвальных металлургических шлаков. Образующиеся «хвосты» обогащения практически не используются. В хвост-хранилище их накоплено около 350 млн. тонн.

### 3.3 Нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность

Производственная деятельность предприятий отрасли оказывает воздействие на окружающую среду в следующих проявлениях:

– изъятие земельных ресурсов для строительства объектов нефтедобычи, нарушение и загрязнение земель;

– выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы в поверхностные и подземные воды, а также на подстилающую поверхность;

– извлечение с нефтью высокоминерализованных попутных вод;

– захоронение отходов бурения;

– аварийные разливы нефти.

Основное негативное воздействие предприятия нефтедобычи оказывают на атмосферный воздух. Ежегодно отраслью выбрасывается в атмосферу вредных выбросов около 1650 тыс. тонн. Основная доля выбросов (98%) приходится на жидкие и газообразные вещества.

Характерными загрязняющими веществами, образующимися в процессе добычи нефти, 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. м$^3$ нефтяного газа (около 20% извлекаемого). Основная часть этих потерь приходится на долю Западной Сибири.

Дополнительный ущерб окружающей среде наносят аварии на буровых установках и платформах, а также на магистральных газо- и нефтепроводах, которые являются наиболее типичными причинами загрязнения нефтью поверхностных вод. Основными причинами аварийных ситуаций являются прорыв трубопроводов из-за коррозии (90,5%), наезд строительной техники, технологические и строительные дефекты.

С целью снижения аварий осуществляется комплекс мероприятий, направленных на создание эффективных методов борьбы с коррозией. Средств по локализации и ликвидации нефтяного загрязнения. А также диагностика и ремонт трубопроводов.

Для уменьшения отрицательного воздействия производственной деятельности на окружающую среду предприятия и объединения отрасли проводят комплекс природоохранных мер, которые, наряду с вышеотмеченными, включают:

– организацию производства технических средств;

– для систем без амбарного бурения внедрение этой технологии при строительстве скважин;

– внедрение систем диагностики трубопроводов и резервуаров;

– восстановление герметичности колонн скважин;

– утилизацию нефтяных газов.

Таким образом, нефтедобывающая промышленность дает 1/12 всех выбросов в России от промышленных стационарных источников.

Наиболее существенна доля отрасли по выбросам жидких и газообразных веществ (1/10 промышленного объема выброса этих веществ).

На долю нефтедобывающей промышленности приходится всего 2% используемой свежей воды промышленностью РФ и только 0,1% сброса сточных вод в поверхностные водоемы. По объему сброс загрязненных сточных вод нефтедобывающих предприятий незначителен.

Наибольшее количество предприятий нефтеперерабатывающей отрасли сосредоточено в Башкортостане, Татарии, Самарской, Ярославской и Омской областях.

Предприятия нефтеперерабатывающей промышленности являются серьёзными источниками загрязнения воздушного и водного бассейнов. Главные источники загрязняющих веществ –

это процесс извлечения серы, регенераторы катализаторов крекинга в псевдосжиженном слое, нагреватели и котлы. Кроме того, потенциальными источниками загрязнения могут быть ёмкости для хранения сырья и продуктов, сепараторы воды и нефти.

Улов вредных веществ по отрасли стабильно остается невысоким – составляет 47,4%.

Предприятия нефтеперерабатывающей промышленности загрязняют атмосферу выбросами углеводородов (73% суммарного выброса), диоксида серы (18%), оксида углерода (7,0%), оксидов азота (2%).

Потребность в большом количестве воды обусловливается необходимостью размещения предприятий вблизи водоемов, что, в свою очередь, вынуждает принимать меры по защите водных объектов от загрязнения.

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

Нефтеперерабатывающие заводы являются источниками загрязнения почвенных покровов нефтепродуктами.

На нефтеперерабатывающих и сланцеперерабатывающих заводах России накоплено за предыдущие годы около 95 млн. т отходов, в том числе 2,4 млн. т нефтешлаков, 0,8 млн. т прудовых кислых гудронов, 1,5 млн. т отработанных отбеливающих глин, 10 млн. т избыточных активных илов, 80 млн. т золы сланцепереработки.

Согласно данным Госкомстата РФ, выбросы предприятий нефтеперерабатывающей отрасли составляют 1/20 всех выбросов в России от промышленных стационарных источников. Наиболее существенна доля этой отрасли по выбросам жидких и газообразных веществ – 1/15 промышленного объема выброса этих веществ.

На долю нефтеперерабатывающей промышленности приходится менее одного объёма свежей воды, используемой промышленностью Российской Федерации, и только 13% сброса сточных вод в поверхностные водоемы, однако по объему сброса загрязненных сточных вод вклад нефтеперерабатывающих предприятий возрастет до 2,3%.

## 3.4 Химическая и нефтехимическая промышленность

Предприятия химической и нефтехимической промышленности расположены в большинстве регионов Российской Федерации и выпускают большой спектр продукции для удовлетворения нужд всех отраслей промышленности, сельского хозяйства и населения.

Химический комплекс РФ включает 26 отраслей химической, нефтехимической, агрохимической и микробиологической промышленности. Многообразие продукции, применяемых технологий и видов сырья определяет широкий спектр загрязнителей атмосферного воздуха, водных бассейнов и почв. Ряд выбросов, сбросов и отходов производства характеризуется существенными объемами, высокой токсичностью и образованием отходов. В некоторых населённых пунктах воздействие предприятий химического комплекса на окружающую среду является доминирующим.

В последние годы объемы выбросов, сбросов и образования отходов существенно уменьшились, что в большей степени объясняется спадом производства и в меньшей – осуществлением природоохранных мер.

Из-за разнообразия технологических процессов химическая промышленность является одной из самых трудных для подавления выбросов.

Основными источниками вредных выбросов в атмосферу в промышленности являются производство кислот (серной, соляной, азотной, фосфорной и др.). Производство резинотехнических изделий, фосфора, пластических масс, красителей и моющих средств, искусственного каучука, минеральных удобрений. И растворителей (толуола, ацетона, фенола, бензола), крекинг нефти.

Решение экологических проблем в отрасли осложнено эксплуатацией значительного числа морально и физически устарев-

шего оборудования, из которого 60% эксплуатируется более 10 лет, до 20% – свыше 20 лет, 10% – более 30 лет.

Следует отметить, что в данной промышленности сохраняется высокий уровень очистки выбросов вредных веществ (более 90%). Структура выбросов характеризуется следующими данными: твердые вещества (зола мазутная, угольная, белок пыли БВК, пыль неорганическая) – 13,4% общего количества выбросов, жидкие и газообразные вещества – 86,6%, в том числе оксид углерода – 32,6%, летучие органические соединения – 24,4%; диоксид серы – 19,3%, оксиды азота – 8,8%, углеводороды – 4,8%. Выбросы диоксидов серы, оксидов азота, оксидов углерода в большей степени связаны с работой ТЭЦ и котельных, входящих в состав предприятий комплекса.

Основное количество оксидов азота и диоксидов серы выбрасывается предприятиями агрохимической промышленности, оксида углерода – содовой промышленностью, мазутной золы – микробиологической промышленностью, сероуглерода и сероводорода – промышленностью химических волокон, аммиака – агрохимической промышленностью. Хлорорганики – хлорной промышленностью, олефинов – промышленностью синтетического каучука, бензина – шинной промышленностью.

Кроме того, для производств химии и нефтехимии характерными являются выбросы металлической ртути, которые составляют около половины общего объема выброса этого вещества промышленностью России, а также оксида ванадия (V) и шестивалентного хрома, относящихся к веществам I класса опасности.

Из общего объёма использования предприятиями химического комплекса воды 62% приходится на химическую промышленность, 29,2% на нефтехимическую и 9,8% на микробиологическую промышленность. Экономия свежей воды за счет использования оборотных систем составила 90% (от 96% в промышленности синтетического каучука до 64% в микробиологической).

В химической и нефтехимической промышленности ежегодно образуется 125 млн. т отходов, из которых используется около 30%. Ежегодно на предприятиях отрасли не используется более 90 млн. т отходов. Из них уничтожается (сжигается и вывозится на свалки) более 30 млн. т (серная и соляная кислоты, растворители, кубовые остатки) и более 50 млн. т (шлам дистилли-

рованной суспензии, фосфогипс, известковые и гипсовые отходы) складируются в специально отведенных местах.

Свыше 7,8 млн. т отходов, или 73% общего их количества по химическому комплексу, образовалось в агрохимической промышленности. В подавляющей части это отходы IV класса опасности, основные виды которых – фосфогипс, производство фосфорной кислоты и галитовые отвалы флотационного обогащения хлорида кальция. Складировано 86 и 105 млн. т соответственно. Хранение связано с отчуждением значительных площадей и закислением почв. Апробированные технологии промышленной переработки фосфогипса распространения не нашли: спрос на получаемые строительные материалы оказался ограниченным.

По данным Госкомстата РФ, предприятия химической и нефтехимической промышленности вносят небольшой валовой вклад в загрязнение атмосферного воздуха России – 1/33 всех выбросов в России от стационарных источников. Такую же долю составляют выбросы жидких и газообразных веществ. Вместе с тем наиболее существенна доля отрасли по выбросам металлической ртути (около половины общероссийского объема).

На долю отрасли приходится менее 5% объема используемой свежей воды в РФ и 6% объёма сброса сточных вод в поверхностные водоемы.

Отрасли имеют определенное значение в объёме сброса загрязнения сточных вод в природные водные объекты России – 1/5 общепромышленного сброса сточных вод этой категории. Практически таков же вклад отрасли по объёму сброса нормативно-очищенных сточных вод.

### 3.5 Угольная промышленность

Угольная промышленность, с точки зрения воздействия на окружающую среду, является одной из сложных отраслей промышленности. Основными потребителями угля являются: электроэнерге-

тика – 39%, промышленность и коммунально-бытовой сектор – 27%, коксохимические предприятия – 14%, население – 8%, сельское хозяйство – 5%.

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. Операции по добыче и разработке месторождений добавляют примеси другого типа – рудную массу, обломки породы, древесины и случайные примеси железа.

Основные направления негативного воздействия следующие:

– изъятие из землепользования и нарушение земель;

– истощение водных ресурсов и нарушение гидрологического режима подземных и поверхностных вод;

– загрязнение подземных и поверхностных водных объектов, сбрасываемыми в них производственными и хозяйственно-бытовыми сточными водами предприятий и населенных пунктов;

– загрязнение воздушного бассейна твердыми и газообразными вредными веществами при применении существующих технологических процессов добычи, переработки и сжигания твердого топлива;

– загрязнение земной поверхности отходами добычи и обогащения угля и сланца.

Деятельность предприятий отрасли способствует ухудшению качества атмосферного воздуха (многочисленные котельные, дымящиеся терриконы и т. д.).

Основные проблемы угольных бассейнов – очистка кислых и минерализованных сточных вод уральских месторождений и сточных вод с повышенным содержанием хлоридов и сульфатов Подмосковного бассейна. Ликвидация мелких котельных и рекультивация земель для месторождений Восточной Сибири – очистка шахтных вод и хозяйственно-бытовых вод, рекультивация земель. Для месторождений Дальнего Востока – строительство очистных сооружений для шахтных и карьерных вод, содержащих трудноосаждаемую дисперсную взвесь, повышение эффективности действующих сооружений и рекультивация земель.

Объём выброшенных вредных веществ предприятиями отрасли сравнительно невелик и составляет 1,7% общего количества вы-

бросов в промышленности в РФ. В выбросах наряду с твёрдыми веществами (28,2% суммарного выброса в атмосферу), оксидом углерода (16,4%), диоксидом серы (14,5%) и оксидами азота (3,9%) содержатся сероводород (0,05%), фториды (0,01%) и другие вещества, оказывающие негативное влияние на состояние атмосферного воздуха в местах добычи угля.

Наиболее водоемкими технологическими процессами в отрасли являются процесс гидродобычи угля на гидрошахтах и гидромеханизированной вскрыши на разрезах, а также процесс мокрого обогащения угля и сланца на фабриках.

В указанных производственных процессах вода используется в качестве технологической и транспортирующей среды. Водоснабжение этих процессов организовано по оборотной системе, источником пополнения которой являются подземные воды, попутно забираемые при добыче угля.

За счёт оборотного водоснабжения экономия воды производственного назначения составляет около 76%.

Предприятия отрасли сбрасывают в поверхностные водоёмы в среднем около 81% загрязнённых сточных вод, требующих очистки. (В основном это минерализованные, с высоким содержанием железа и взвешенных частиц шахтные воды). Со сточными водами предприятий угольной промышленности в водоёмы поступает большое количество взвешенных веществ, сульфатов, хлоридов, нефтепродуктов. Железа, меди, никеля, алюминия, кобальта, магния, марганца, формальдегидов и др.

Таким образом, угольная промышленность дает 1/50 всех выбросов в России от промышленных стационарных источников. Более существенна доля отрасли по выбросам твёрдых веществ – 1/40 промышленного объёма выброса этих веществ.

На долю угольной промышленности приходится менее 1% объёма свежей воды, используемой промышленностью РФ.

Однако по объёму сброса сточных вод в поверхностные водоемы вклад отрасли составляет 2%, а по объёму сброса загрязнённых сточных вод вклад предприятий угольной отрасли достигает 6%.

По объёму сброса нормативно очищенных сточных вод доля отрасли составляет 1/10 общепромышленного сброса сточных вод этой категории.

## 3.6 Вооружённые Силы и оборонная промышленность

В системе экологической безопасности государства Вооружённым Силам России отводится особое место, обусловленное следующими обстоятельствами:

– принципиально невозможно создание оружия, вооружения и военной техники, не оказывающих воздействия на окружающую среду;

– вооружённые силы обладают мощными потенциальными источниками экологической опасности (ядерное и химическое оружие, атомный флот, ракетные средства);

– сокращение, утилизация и уничтожение ядерного, ракетного химического и обычного вооружения могут сопровождаться значительным загрязнением окружающей среды.

Районы деятельности и жизнеобеспечения войск Министерства обороны РФ расположены на территории всей России. В том числе и в зонах с острой экологической ситуацией. Это касается в первую очередь промышленных зон Урала, Московского региона, Среднего Поволжья, Прикамья. Из всех регионов России, объявленных как регионы с неблагополучной ситуацией, только на Новой Земле существует экологическая проблема, вызванная военной деятельностью.

Вооружённые силы РФ для своей деятельности имеют в пользовании 12,8 млн. га земель, расположенных на территории России в населенных пунктах и отдельно в воинских городках.

В настоящее время среди экологических проблем оборонного комплекса на первое место вышла проблема захоронения радиоактивных отходов, так как имеющиеся мощности, размеры хранилищ, надёжность хранения ограничены, а строительство новых связано с огромными техническими и материальными затратами. Кроме того, рассекречивание отдельных видов информации по сбору, хранению, утилизации и захоронению радиоактивных отходов в пределах оборонного комплекса обострили негативное отношение общественного мнения к этим вопросам, требующего немедленного решения проблем радиоактивного загрязнения.

Следует отметить, что из-за недостаточного финансирования сохранилась тенденция к сокращению прикладных научно-

исследовательских и опытно-конструкторских работ в области промышленной экологии, имеет место отток специалистов.

Данные Госкомстата РФ говорят о том, что оборонная промышленность вносит незначительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха России (на уровне 1% выбросов России от промышленных стационарных источников). На долю отрасли приходится всего 2,2% объёма используемой свежей воды промышленностью РФ и 1,3% сброса сточных вод в поверхностные водоёмы.

По объёму сброса загрязнённых сточных вод вклад оборонных предприятий оценивается на уровне 1/25 общего объёма сброса сточных вод этой категории в целом по промышленности РФ.

Оборонная промышленность включает следующие отрасли: авиационную промышленность, производство боеприпасов и спецхимии, промышленность вооружений, средств связи, радиопромышленность, производство ракетно-космической техники, судостроительную, электронную промышленность.

Специфика и насыщенность производства определяют значительную долю оборонной промышленности в загрязнении окружающей среды. Основными источниками загрязнения окружающей среды предприятиями оборонного комплекса являются промышленные котельные, испытательные станции авиационных и ракетных двигателей. Литейные и гальванические производства, производство печатных плат, участки переработки пластмасс и окраски изделий, производства спецхимии.

В составе вредных выбросов в окружающую среду имеются пыль, диоксид серы, оксиды азота, бенз(*а*)пирен, оксиды металлов, отдельные группы углеводородов, а также большая группа специфических веществ, характерных для технологических процессов, применяемых на оборонных предприятиях.

Наибольший объём сброса загрязнённых сточных вод в водоёмы осуществляют предприятия, производящие вооружение и боеприпасы (71,1% от общего сброса сточных вод этой категории по отрасли).

Земельный фонд МО используется для размещения объектов, которые по функциональному предназначению можно разделить на следующие группы:

– объекты, принимающие участие в несении боевого дежурства и обеспечивающие учебно-боевую подготовку;

– объекты хранения запасов вооружения, военной техники, имущества, используемых в ВС материалов;

– военные (казарменные) городки с системой жизнеобеспечения и транспорта; области резервных территорий (в том числе твёрдые покрытия площадок запасных аэродромов).

В структуре МО имеются также военные подсобные хозяйства, лесхозы, совхозы, предприятия строительного, ремонтно-восстановительного, хозяйственно-бытового и транспортного комплексов.

Собственно военную деятельность осуществляют только объекты двух первых групп.

Серьёзная проблема стоит в частях предотвращения загрязнения природной среды сбросами с береговых объектов ВМФ. Существует проблема с обеспечением ВМФ судами, способными принимать сточные воды. В некоторых случаях наблюдается сброс сточных вод с кораблей, хотя в соответствии с международными правилами сброс этих вод без очистки во внутренних и международных водах запрещен.

Не менее важной проблемой в Вооруженных Силах являются вопросы пролива и утечки нефтепродуктов и загрязнения окружающей среды горючесмазочными материалами (ГСМ). Войска ВМФ и ПВО потребляют ежегодно около 3 млн. т ГСМ. На ряде объектов отсутствуют элементарные природоохранные сооружения, средства автоматизации перекачки. В результате утечки нефтепродукты попадают в поверхностные водные объекты и в подземные горизонты. Следует обратить внимание на проблему загрязнения нефтепродуктами районов аэродромов и баз ВВС, которые требуют дополнительной проработки.

Источниками поступления нефти в объекты окружающей среды продолжают оставаться автопарки, не оборудованные мойками с оборотным использованием воды. Места заправки и обслуживания техники не имеют систем улавливания и сбора горю-

чего и масел. Проблемой остается и предотвращение сброса нефтепродуктов с кораблей и судов.

Особая экологическая проблема связана с эксплуатацией в ВМФ атомных подводных лодок, надводных кораблей с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ), использованием ядерных реакторов и стендов.

Образование радиоактивных отходов происходит в процессе консервации и ликвидации оборонных объектов с ядерным оружием, а также при эксплуатации и снятии с эксплуатации кораблей Военно-Морского флота с ядерными энергетическими установками и баз их обслуживания. Объём образования жидких радиоактивных отходов (ЖРО) на объектах ВМФ остается в последние годы практически постоянным (18–20 тыс. $м^3$ в год), при этом около 40% образуется на объектах Дальневосточного региона. Сбор, переработка и хранение ЖРО осуществляются на специальных танкерах и плавучих базах перезарядки реакторов.

Ракетная и ракетно-космическая техника оказывают при их использовании по назначению и уничтожении и (или) утилизации специфическое воздействие на природную среду Земли и околоземное космическое пространство. Это воздействие в основном обусловлено применением высокотоксичных компонентов ракетных топлив, необходимостью использования больших земельных площадей под районами падения отделяющихся частей средств выведения (отработавших ступеней, обтекателей, переходных отсеков и т. п.).

На обширных территориях районов до настоящего времени остаются лежать упавшие металлические конструкции отдельных частей ракет-носителей (общая масса металлолома около 20 тыс. т).

Антропогенным воздействием на все слои атмосферы, включая озоновый, засорением околоземного космического пространства отработавшими объектами, их отделившимися фрагментами и элементами объясняются специфические, объективно присущие ракетной и ракетно-космической технике факторы. Эти факторы не могут быть устранены полностью или существенно снижены без невосполнимых потерь её целевых качеств и назначения.

Для отделяющихся частей ракет и ракетоносителей предусмотрено выделение во временное пользование (без прекращения хозяйственной деятельности) районов падения общей площадью 28,95 млн. га.

В районах падения объекты окружающей среды подвергаются механическому засорению мелкими фрагментами и малыми остатками топлива. При падении отдельных ракет-носителей и при ударе о землю происходит их разрушение с взрывом, пролив компонентов горючего на грунт и выброс их в приземные слои атмосферы, а также загрязнение растительности.

Весьма острыми являются экологические проблемы ликвидации ракетных вооружений.

В соответствии с договорами о сокращении и ограничении стратегических наступательных вооружений, а также в связи с истечением сроков эксплуатации боевых ракетных комплексов в ближайшие 10 лет предполагается снять с боевого дежурства и вывести из арсеналов более 2000 баллистических ракет наземного и морского базирования. Ликвидировать сотни шахтных пусковых установок и десятки подводных лодок.

Уничтожение такого числа ракетных вооружений является экологически опасной процедурой. Эти работы проводятся на специальных базах ликвидации (утилизации) силами МО промышленности.

В ближайшие годы предполагается ликвидировать также около 500 ракетных двигателей на твердом топливе (РДТТ). Однако до настоящего времени технологии утилизации РДТТ не освоены, базы ликвидации не созданы.

На объектах МО ежегодно образуется около 10 млн. т бытовых и более 850 тыс. т производственных твердых отходов, 90% бытовых отходов вывозится на свалки.

Общественные климатогеографические и социально-экономические различия регионов расположения загрязненных территорий обусловливают необходимость разработки специфических подходов к проведению эколого-гигиенических исследований с учетом особенностей конкретных районов. Полученные предварительные гигиенические нормативы допустимого содержания загрязняющих веществ и продуктов их трансформации в почвах, водоёмах, растительности, продуктах питания требуют экспериментального подтверждения.

## 3.7 Газовая промышленность

Важным топливно-энергетическим ресурсом является природный газ. Наиболее крупные разрабатываемые газовые месторождения Российской Федерации находятся в Западной Сибири (Уренгойское, Медвежье, Ямбургское, Комсомольское, Юбилейное, где попутно производится добыча нефти), в Коми (Воительское), в Прикаспийской впадине (Астраханское и Оренбургское).

При добыче, переработке, хранении и транспортировке природного газа наибольший вред окружающей природной среде наносится выбросами вредных веществ в атмосферный воздух. От общего объёма отходящих веществ при добыче газа улавливается и обезвреживается около 20%. Этот показатель один из самых низких среди всех отраслей промышленности.

Выбросы в атмосферу предприятиями отрасли характеризуются наличием в них оксида углерода (28,1% суммарного выброса в атмосферу), углеводородов (25,1%), оксидов азота (7,1%) и диоксида серы (5,3%).

Объём забора свежей воды ежегодно составляет около 68 млн. $м^3$, объём сброса загрязненных сточных вод – 5 млн. $м^3$. Высокий процент экономии воды обусловливается за счет использования оборотных систем водоснабжения при переработке газа.

Ежегодно в отрасли культивируется и сдается землепользователям около 7 тыс. га. Но задолженность предприятий по рекультивации нарушенных земель как постоянного, так и временного пользования остается еще значительной.

На действующих магистральных газопроводах имеют место случаи аварии с большими потерями газа. Наибольшая аварийность обусловлена браком строительно-монтажных работ и наружной коррозией металла труб.

Таким образом, газовая промышленность «вносит свой вклад» в загрязнение атмосферного воздуха России (1/25 всех выбросов от промышленных стационарных источников). Наиболее существенна доля отрасли по выбросам жидких и газообразных веществ (1/20 промышленного объема выброса этих веществ).

Доля газовой промышленности в использовании свежей воды и сбросе сточных вод в поверхностные водоемы незначительна.

### 3.8 Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность

Основными лесозаготовительными районами Российской Федерации остаются Иркутская область, Красноярский и Хабаровский края, Тюменская и Архангельская области.

Леса европейской части страны, наиболее доступные для эффективного использования и подвергающиеся усиленной эксплуатации, в настоящее время почти полностью вовлечены в хозяйственный оборот. И в значительной мере истощены. Перемещение лесозаготовок в слабоосвоенные районы, удаленные от сложившихся центров промышленной переработки и потребления древесины, сопровождается постоянно увеличивающимися затратами на заготовку и вывоз древесины. И требуют крупных капитальных вложений в развитие производственной и социальной инфраструктуры.

Одна из проблем, стоящих перед лесной промышленностью, – это сокращение потерь древесного сырья в процессе заготовки и переработки. Речь идет как о снижении объёмов образуемых отходов, так и о ликвидации ледорубов и потерь заготовленной древесины от несвоевременной вывозки, несовершенных методов транспортировки, накопления древесины у временных транспортных путей и т.д.

Основные направления ресурсосбережения в лесной промышленности – рациональное использование древесного сырья (что на стадии заготовки древесины выражается в максимально эффективном использовании лесосечного фонда, сокращении по-

терь древесины). Расширение использования и переработки древесных отходов в качестве заменителя деловой древесины позволяет достичь ощутимого экологического эффекта, состоящего в сокращении вырубаемых лесных площадей, сохранении природной среды и т.д.

Промышленно-хозяйственная деятельность лесного комплекса тесно связана с проблемами развития природоохранных и социальных функций лесов. Необходимо ограничение на дальнейшее увеличение объемов заготавливаемого древесного сырья вместе с требованиями сохранения и улучшения состояния лесной среды как части биосферы. Необходимо повышение эффективности и использования всей биомассы, получаемой на лесосеках. Все это требует переориентации всего комплекса на ресурсосберегающий путь развития.

Этот переход возможен только на основе использования новейших достижений науки и техники. Включая внедрение безотходных технологий, расширение объёмов использования вторичных ресурсов и отходов производства.

При недостатке древесного сырья медленно решается проблема комплексного использования древесины. Дефицит современного оборудования и передовых технологий не позволяет расширить масштабы переработки лиственной древесины, древесных отходов, макулатуры для выработки эффективных заменителей деловой древесины.

Наиболее крупные предприятия отрасли сосредоточены в Восточной Сибири, в Северном, Северо-Западном и Уральском регионах, а также в Калининградской области.

Наиболее характерными загрязняющими веществами для данной отрасли являются твёрдые вещества (29,8% суммарного выброса в атмосферу), оксид углерода (28,2%), диоксид серы (26,7%), оксиды азота (7,9%), толуол (1%), сероводород (0,9%), ацетон (0,5%), ксилол (0,45%), бутил (0,4%), этилацетат (0,4%), метил меркаптан (0,2%), формальдегид (0,1%) и др.

Целлюлозно-бумажная промышленность является одной из самых водоёмких отраслей народного хозяйства РФ, поэтому наиболее сильное воздействие предприятия деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности оказывают на состояние поверхностных вод.

Ежегодное потребление свежей воды в отрасли составляет около 2,1–2 млрд. $м^3$, или около 4,5–4,7% общего водопотребления в промышленности России. Относительно невысок процент экономии свежей воды, он составляет 69%. Это объясняется необходимостью использования свежей воды в ряде технологических процессов.

На долю комплекса приходится свыше 20% (2 млрд. $м^3$) сброса загрязненных сточных вод промышленностью РФ. Для предприятий целлюлозно-бумажной промышленности проблема уничтожения количества и степени загрязнения сточных вод имеет первостепенное значение. Главный источник образования загрязненных сточных вод в отрасли – производство целлюлозы. Оно базируется на сульфатном и сульфитном способах варки древесины и отбелке полуфабриката с применением хлорпродуктов.

Загрязненные сточные воды предприятий отрасли характеризуются наличием в них таких вредных веществ, как сульфаты, хлориды, нефтепродукты, фенолы, формальдегиды, метанол, фурфурол, диметилсульфид, диметил-дисульфид.

Основная причина негативного воздействия на окружающую среду предприятий данной отрасли – использование старых технологий и устаревшего оборудования. Этими факторами определяется значительная масса загрязняющих веществ, поступающих с основного производства на очистные сооружения и в природную среду. Большой объем сточных вод и высокая концентрация в них загрязнений вынуждают использовать громоздкие очистные сооружения, не решающие полностью своих задач. На очистных сооружениях образуется большое количество осадков, основная часть которых поступает в накопители, что приводит к их перегрузке и соответственно к воздействию на подземные волы.

Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность загрязняют атмосферный воздух России на уровне 3% объема выбросов в России от промышленных стационарных источников. Наиболее существенная доля данной отрасли по выбросам твёрдых веществ (1/23 промышленного объема их выброса), оксида ванадия (V) и ртути (1/33 выброса веществ всей промышленностью России).

На долю деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной отрасли приходится около 5% объема используемой свежей воды

промышленностью РФ и почти 6% сброса сточных вод в поверхностные водоемы.

По объёму сброса загрязненных сточных вод вклад отрасли значителен и оценивается на уровне Х-общего объема сброса загрязненных сточных вод этой категории в целом по промышленности Российской Федерации.

### 3.9 Микробиологическая промышленность

В последние годы на ряде предприятий по выпуску кормового микробиологического белка их мощности использовались в среднем на 20–30%, на 12–17% уменьшено производство ферментных препаратов и аминокислот, на 41% – премиксов.

Предприятия данной отрасли оказывают негативное воздействие на природные водные объекты и атмосферный воздух. Технологические процессы получения продуктов микробиологического синтеза мало отличаются друг от друга и в основном состоят из двух стадий: ферментации (выращивания) и выделения готового продукта. На стадии ферментации в ферментер загружается вода, включающая необходимое для развития микроорганизмов количество солей. Выращенная биомасса удаляется из ферментера и подвергается обработке различными методами (фильтруется, сепарируется, центрифугируется, упаривается, сушится).

Ежегодно предприятия отрасли выбрасывают в атмосферу около 68 тыс. т вредных веществ. «Улов» которых в среднем достигает 66–67%. В выбросах предприятий содержатся взвешенные вещества (35,5% суммарного выброса в атмосферу), диоксид серы (30%), оксид углерода (21%), метиловый спирт (10,5%), уксусная кислота (0,34%), аммиак (0,3%), ацетон (0,25%), серная кислота (0,09%), формальдегид (0,07%), оксид ванадия (V) (0,05%), толуол (0,07%).

Одним из наиболее вредных веществ, выбрасываемых предприятиями отрасли в атмосферу, является белок пыли – белково-витаминный концентрат (1,5 т/год), относящийся к II классу опасности и отрицательно действующий на органы дыхания.

Основными как по расходу, так и по загрязнению являются сточные воды, образующиеся при выделении и сгущении биомассы. Сточные воды также образуются при мокрой очистке га-

зовоздушных выбросов, продувке систем оборотного водоснабжения, мойке оборудования трубопроводов и уборке производственных помещений.

Сброс загрязненных сточных вод составляет 80%. Характерными загрязняющими веществами, поступающими со сточными водами предприятий отрасли в водоемы, являются сульфаты, хлориды, фосфор, соединения азота, метанол, фурфурол и др.

Микробиологическая промышленность в целом вносит небольшой валовой вклад в загрязнение атмосферного воздуха России (на уровне 1/300 всех выбросов в России от промышленных стационарных источников). На ее долю приходится 0,4% объема используемой промышленностью РФ свежей воды и 1% объема сброса сточных вод в поверхностные водоемы.

## 3.10 Промышленность строительных материалов

В отрасли сосредоточено производство основных строительных материалов – цемента и других вяжущих, стеновых материалов, асбестоцементных изделий, строительной керамики, тепло- и звукоизоляционных материалов, строительного и технического сырья, нерудных строительных материалов и др.

В последние годы в промышленности строительных материалов снизилось производство продукции почти во всех регионах Российской Федерации в связи с уменьшением объемов производственно-технического и жилищного строительства.

Основное воздействие отрасль оказывает на загрязнение атмосферного воздуха.

Наиболее сильно загрязняют воздух цементные, асбестоцементные, известковые, химорганические производства, предприятия по производству кровельно-изоляционных 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 вредных веществ образуются при производстве: кровельных, гидро- и теплоизоляционных материалов – битумокислительные аппараты, печи дожига и сушки, пропиточные ванны, минералватные вагранoчные печи, узлы упаковки минеральной ваты и другие установки. Цемента, извести и гипса – обжиговые печи, сушильные барабаны различных видов, цементные мельницы, реакторы для гашения извести, шахтные мельницы для гипса, дробильно-размольное оборудование, упаковочные машины, открытые склады. Стекла и керамических изделий – дробильноразмольное оборудование, сушильные барабаны, прессы, сортировочные сита, стекловаренные печи. Нерудных материалов – дробильно-сортировочное оборудование узла загрузки, транспортировка. Асфальта – битумноплавильные агрегаты, сушильные барабаны, сортировочные машины, смесители, узлы загрузки и транспортировка.

Вокруг заводов, производящих цемент, асбест, гипс и другие строительные материалы повышенной летучести, образуются зоны максимального загрязнения окружающей среды радиусом до 2 км, с повышенным содержанием в воздухе пыли из частиц цемента, асбеста, гипса, кварца и других вредных веществ. Помимо стационарных источников значительное влияние на состояние атмосферного воздуха оказывают залповые выбросы при производстве взрывных работ и добыче природного строительного сырья открытым способом.

Крупные карьеры минерального строительного сырья уничтожают почвы на значительных площадях и вызывают эффект гидрогеологической депрессионной воронки, в результате чего

понижается уровень подземных вод на территории, в 10–15 раз превышающей площадь открытых разработок.

Ежегодно отраслью используется около 500 млн. $м^3$ свежей воды, 60% которой в среднем расходуется на производственные нужды. Экономия свежей воды от использования систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения составляет 70%.

На предприятиях отрасли для очистки сточных вод используются в основном механические очистные сооружения, которые в силу высокого износа и неудовлетворительной эксплуатации не обеспечивают очистку до нормативных требований.

Загрязненные стоки поступают в водоемы. И в них присутствуют взвешенные вещества, нефтепродукты, аммонийный азот, нитраты, фосфор, магний, железо и др.

Ежегодно в результате производственной деятельности предприятий отрасли образуется около 50 тыс. га площади нарушенных земель, в том числе отработанных 24 тыс. га.

Среднегодовые объёмы рекультивации нарушенных земель в пределах 3,6 тыс. га, или около 60% площади отчуждаемых земель, что не обеспечивает их своевременного возвращения в хозяйственный оборот.

Промышленность строительных материалов использует и попутные продукты других отраслей промышленности (черной и цветной металлургии, тепловых электростанций, химической промышленности и др.), применяемые в качестве ценного исходного сырья для производства высококачественных строительных материалов, изделий и конструкций. Тем самым оказывает положительное влияние на экономику предприятий различных отраслей и весьма ощутимо снижает вредное воздействие промышленности на окружающую среду.

Переработка отходов позволяет высвободить дефицитные земельные угодья, отводимые под отвалы, и весьма существенно уменьшить загрязнения природной среды. На сегодняшний день разработаны и внедряются такие технологии, как использование отходов гипсового производства легких бетонов. При этом получают распространение технологии без автоклавного производства крупных блоков и других стеновых материалов, что существенно снижает энергоемкость производства и тепловое загрязнение окружающей среды.

Крупные объёмы работ по строительству очистных сооружений и по вводу пыле- газоочистного оборудования позволили существенно (на 16%) сократить объемы выбросов на единицу выпускаемой продукции.

Промышленность строительных материалов вносит значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха России (1/20 всех выбросов в России от промышленных стационарных источников). Наиболее существенна доля отрасли по выбросам твердых веществ (1/7 промышленного объёма выброса этих веществ). Доля отрасли в использовании свежей воды и сбросе загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы незначительна и составляет соответственно 1,2 и 1,5%.

### 3.11 Машиностроение

Машиностроительный комплекс по производству продукции является крупнейшим промышленным образованием, включающим следующие отрасли: тяжелое, энергетическое и транспортное машиностроение, станкоинструментальную промышленность, автомобильное, тракторное и сельскохозяйственное машиностроение, электротехническую промышленность, приборостроение и нефтяное машиностроение, строительное, дорожное и коммунальное машиностроение.

Предприятия комплекса расположены в основном в крупных индустриальных городах РФ, что связано с использованием квалифицированных кадров и наличием развитой инфраструктуры.

В машиностроении, как ни в какой другой отрасли, высоки темпы освоения новых видов продукции. В среднем за год производится до 3 тыс. видов новых изделий, что втрое превышает соответствующие показатели для всех остальных отраслей индустрии, вместе взятых. А за каждым новым названием стоит своя технология производства, сопровождающаяся образованием специфических загрязнителей окружающей среды. В связи с этим на природоохранную деятельность

предприятий машиностроения должно быть обращено особое внимание, поскольку они располагаются чаще всего в крупных городах и их вредные выбросы в окружающую среду особенно неблагоприятно отражаются на здоровье населения.

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

Процент улова загрязняющих веществ по комплексу (56,5%) значительно ниже среднего по промышленности России (79,2%). Основная доля улова загрязняющих веществ приходится на твердые вещества (83%). Улавливание диоксида серы и оксидов азота в машиностроении осуществляется на очень низком уровне (соответственно 0,6 и 4,0%).

Выбросы предприятий комплекса 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%). И таких вредных веществ, как: ксилол – 1,8%, толуол – 1,3, ацетон – 0,7, бензин – 0,5, бутилацетат – 0,35, аммиак – 0,2, этилацетат – 0,07, серная кислота – 0,07, марганец – 0,02, хром – 0,01, свинец – 0,01% и др.

Из наиболее опасных загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, значительна доля комплекса в выбросе шестивалентного хрома – 137,9 т, или 43% выброса всей промышленности ежегодно.

Предприятиями машиностроения ежегодно используется около 3,5 млрд. м$^3$ свежей воды. В системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения задействовано около 12 млрд. м$^3$ воды, что приводит к экономии 80% свежей воды (при 77,5% в целом по промышленности России). Ежегодный сброс сточных вод в поверхностные водоемы составляет около 2 млрд. м$^3$, в том числе загрязненных сточных вод 0,95 млрд. м$^3$, что составляет 9,4% общего объема сброса сточных вод этой категории от всей промышленности России. В то же время доля нормативно-очищенных сточных вод, сбрасываемых в водоемы, по отношению ко всему объему стоков, прошедших очистные со-

оружения на предприятиях, продолжает оставаться незначительной и составляет только 20%. Это связано с неудовлетворительной работой очистных сооружений, а также с отсутствием их на некоторых предприятиях.

Машиностроение загрязняет водный бассейн сточными водами травильных и гальванических цехов. Со сточными водами сбрасывается значительное количество загрязняющих веществ. В первую очередь нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, взвешенных веществ, цианидов. Соединений азота, солей железа, меди, цинка, никеля, хрома. Молибдена, фосфора, кадмия.

На долю отрасли приходится 7% объема используемой свежей воды промышленности РФ. По сбросу сточных вод в поверхностных водоемах на отрасль приходится 1/20 общего объема промышленного сброса в водные объекты. По объёму сброса загрязненных сточных вод вклад машиностроения оценивается на уровне 1/10 общего объема сброса сточных вод этой категории в целом по промышленности Российской Федерации.

### 3.12 Пищевая промышленность

Предприятия пищевой промышленности перерабатывают огромное количество продуктов сельского хозяйства, речного и морского промысла.

Так же как и в других отраслях промышленности, выбрасывающих загрязняющие вещества в атмосферу, пищевая промышленность выбрасывает твердые, жидкие и газообразные вещества. Однако, за исключением аэрозолей, выбросы пищевой промышленности в общем не образуют упорядоченной системы. Такие загрязнения, как оксиды серы, оксид углерода и оксиды азота, не являются типичными, кроме выбросов из вспомогательных систем. Проблема выбросов пищевой промышленности больше касается разнообразных процессов, связанных главным образом с выбросами сильнопахнущих веществ. Множество разнообразных технологических операций связано с обработкой сыпучих

продуктов (сахар, соль, зерно, мука, чай, крахмал и т. п.), при работе с которыми необходимо прибегать к пылеудалению.

Многие промышленные процессы варки, жарки, копчения связаны с видимыми и пахучими выбросами. Запахи часто взаимосвязаны с видимыми выбросами. Но есть ряд производств пищевой промышленности, когда запахи выделяются без визуально обнаруживаемых загрязнений. (Варка томатов, переработка специй, разделка и переработка рыбы, производство кондитерских продуктов).

Основными источниками образования вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, в отрасли являются шелушители, нейтрализаторы, сепараторы, мучные силосы, технологические печи, фасовочные автоматы, табакорезальные машины, линии по производству парфюмерных изделий, мясоперерабатывающие производства, заводы растворимого кофе и цикория, предприятия по производству мясокостной муки и клеев на органической основе.

Ежегодно предприятиями отрасли выбрасывается около 400 тыс. т вредных веществ, 44% которых проходит очистку.

Очистные сооружения не обеспечивают должной очистки, а устаревшее технологическое оборудование затрудняет меры по предупреждению образования загрязнения (в частности, выбросы аммиака в холодильных установках).

На собственные нужды предприятиями пищевой промышленности ежегодно используется около 60 млн. $м^3$ воды, объем сбросов составляет 46 млн. $м^3$. Доля загрязненных сточных вод к общему объему вод достигает около 77%, что говорит о низкой эффективности работы имеющихся очистных сооружений.

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, дезинфицирующие вещества, нитриты, фосфаты, щелочи, кислоты. Возможно присутствие болезнетворных микроорганизмов.

Многочисленные предприятия, перерабатывающие продукцию сельского хозяйства (консервные, спиртовые, молокозаводы, мясокомбинаты и др.), оборудованные, как правило, примитивными очистными сооружениями, а во многих случаях и не име-

ющие вообще никаких сооружений, вносят определенный негативный вклад в загрязнение окружающей среды.

Основное вредное экологическое воздействие консервных предприятий связано с отходами переработки растительного сырья и газообразными выбросами в атмосферу растворителей пищевых лаков при лакировании белой жести.

Отходы производства составляют в среднем 20–22% от массы перерабатываемого растительного сырья (около 200 тыс. т яблочных выжимок, очистков овощей, плодовых косточек, выжимок винограда, семян томатов и др.).

Отходы сохраняют многие полезные свойства первичного сырья и могут использоваться в качестве вторичных ресурсов для производства кормовой, пищевой и технической продукции. В последние годы из-за общего спада производства переработка отходов практически не производится.

В связи с тем, что масса отходов консервного производства не высушивается в необходимые сроки и не перерабатывается, в зонах расположения консервных заводов, особенно крупных, в период сезона большое количество отходов и испорченного сырья загрязняет окружающую среду.

На консервных предприятиях используется большое количество воды (мойка и очистка сырья, мойка тары и др.). Вода в значительной степени загрязняется и при сливе ухудшает состояние водных ресурсов.

В крахмалопаточной отрасли (99 предприятий по переработке картофеля и зернового сырья) в побочные продукты и отходы переходит 4% крахмала к массе сухих веществ зерна и 38% к массе сухих веществ картофеля. Остро стоит вопрос утилизации побочных продуктов и отходов, поскольку большое количество предприятий сбрасывает их в водоемы, сильно ухудшая экологическую обстановку вокруг заводов.

В основном экологические проблемы отрасли связаны с очисткой сточных вод, которые подразделяются на три категории: I – вода, используемая в теплообменных аппаратах, барометрическая, конденсационная, после охлаждения продуктов, вакуум-насосов, компрессоров; II – вода после мойки картофеля, отводимая от гидротранспортеров, камнеловушек, песколовок, вод картофельных насосов; III – вода, отводимая от всех техноло-

гических процессов, где происходит контакт ее с продуктами и полупродуктами, а также вода от мойки оборудования, полов лабораторий, продувочные выварки аппаратов, салфетомоечные.

Воду I категории рекомендуется использовать в оборотном цикле. Вода II категории после очистки может быть возвращена в оборотный цикл. Вода III категории требует биологической очистки.

На основании изложенного можно считать, что пищевая промышленность вносит незначительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха России. Это 1/50 всех выбросов России от промышленных стационарных источников. Наиболее существенна доля отрасли по выбросам соединений свинца – 6,1% промышленного объёма выброса этих веществ. Доля отрасли в использовании свежей воды и сбросе загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы незначительна и составляет 2,8 и 2,0% соответственно.

### 3.13 Лёгкая промышленность

К лёгкой промышленности относятся предприятия первичной обработки льна, конопли, джута, шерсти, шелка и хлопка, предприятия по производству тканей, кожевенные заводы и фабрики по производству товаров народного потребления.

В последние годы наибольший спад производства произошел именно в легкой промышленности (47%), соответственно уменьшилась нагрузка на окружающую природную среду. По отношению к суммарному выбросу всей промышленности России доля отрасли невелика и составляет 0,6%. Крайне низким остается в отрасли улов вредных веществ, который составляет 37,9%.

Основными источниками загрязнения атмосферы в отрасли являются электролизные ванны, места загрузки и пересыпки сырья, дробильное ельничное оборудование, смесители, сушильные барабаны, трепальные агрегаты, шлифовальные станки, прядильные и

чесальные машины, оборудование для окраски изделий, барабаны для специальной обработки пушномеховых заготовок и изделий.

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%), этилацетат (1,9%), бутил ацетат (0,65%), аммиак (0,3%), ацетон (0,2%), бензол (0,2%), толуол (0,18%), сероводород (0,09%), оксид ванадия (V) (0,04%). И другие вещества.

Основное негативное воздействие легкая промышленность оказывает на водные объекты. Экономия свежей воды за счет использования оборотных систем по отрасли составляет 73%. Из общего объёма сброса сточных вод 97% приходится на сброс в поверхностные водные объекты, 87% которых сбрасываются в водоемы загрязненными.

Основными источниками загрязнения водоёмов являются текстильные фабрики и комбинаты, а также процессы дубления кож. Сточные воды текстильной промышленности характеризуются наличием в них взвешенных веществ, сульфатов, хлоридов, соединений фосфора и азота, нитратов, СПАВ, железа, цинка, никеля, хрома и других веществ. В сточных водах кожевенной промышленности присутствуют соединения азота, фенола, СПАВ, жиры и масла. Хром, алюминий, сероводород, метанол, формальдегид.

Легкая промышленность вносит незначительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха России (менее 1% выбросов в РФ от промышленных стационарных источников). Доля отрасли в использовании свежей воды и сбросе загрязненных сточных вод в поверхностные водоёмы незначительна и оценивается на уровне 1%.

## 3.14 Транспорт

Воздействие транспорта и обеспечивающей его функционирование инфраструктуры на окружающую природную среду сопровождается значительным загрязнением окружающей среды.

В качестве основных видов воздействия транспортно-дорожного комплекса России (ТДК России) можно отметить загрязнение атмосферного воздуха токсичными компонентами отработанных газов транспортных двигателей. Выбросы в атмосферный воздух стационарных источников загрязнения, загрязнение водных объектов, образование производственных отходов и воздействие транспортного шума.

С транспортно-дорожным комплексом связаны газообразные, жидкие и твердые отходы, которые поступают в атмосферу, поверхностные водоемы и подземные воды, почвы, морские воды. В результате сжигания органического топлива в двигателях транспортных средств в атмосферу поступает значительное количество углекислого газа и вредных веществ – свинца, сажи, углеводородов, оксидов углерода, серы и азота.

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 самоходных машин. Общий объем выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом в атмосферу РФ составляет примерно 70% от всех видов транспорта, или около 40% общего количества антропогенного загрязнения атмосферы.

Отставание в развитии транспортных систем, их экологической защищенности и конкурентоспособности на внутреннем и мировом рынках во многом обусловлено отсутствием системы экологической сертификации в нашей стране, необходимой законодательной и нормативной базы. Низким экологическим качеством выпускаемой продукции, отсутствием необходимых механизмов стимулирования проведения работ по снижению токсичности новых и эксплуатируемых автомобилей, включая проведение единой государственной политики в этой области. Наиболее серьезным препятствием к внедрению международных стандартов остается использование свинец содержащих присадок к моторным топливам, не позволяющих применять каталитические нейтрализаторы.

За последние годы реализация ранее действующей программы использования газомоторного топлива в России значительно затормозилась, в то время как потенциальные возможности созданной сети из 186 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) позволяют сэкономить более 1,5 млн. т бензина и дизельного топлива в год.

Серьёзную проблему представляет выброс в атмосферный воздух загрязняющих веществ двигателями воздушных судов. Наиболее неблагоприятное воздействие они оказывают в районе аэропортов, так как здесь выбрасывается практически половина загрязняющих веществ, приходящихся на долю авиации.

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

Общий объем выбросов загрязняющих веществ от тепловозов в РФ составляет около 3 млн. т и 9% суммарного выброса от передвижных источников загрязнения. Вблизи железнодорожных станций, локомотивных депо отмечается значительное превышение концентраций загрязняющих веществ в атмосфере.

Рассматривая воздействие на окружающую среду отдельных видов автотранспорта, следует отметить, что определяющая (56%) доля выбросов всех вредных веществ принадлежит грузовым автомобилям, около 50% соединений свинца в атмосферу – от легковых автомобилей.

Основным источником загрязнения при эксплуатации флота являются накопления на пассажирских и грузовых судах хозяйственно-бытовых и нефтесодержащих вод. 57% судов, эксплуатирующихся на внутренних водных путях, принадлежат коммерческим и частным кампаниям. Во избежание дополнительных расходов они не осуществляют сбор и передачу загрязнений со своего флота на утилизацию, не проводят работ по оснащению судов необходимым водоохранным оборудованием. На их долю приходится более 50% хозяйственно-бытовых сточных вод, нефтесодержащих вод, сухого мусора и отходов, образующихся в процессе эксплуатации речного транспорта.

Большое внимание уделяется улучшению содержания железнодорожных земель и защитных лесонасаждений вдоль линий железных дорог.

На землях полосы отвода железных дорог лесоводами транспорта в настоящее время создано более 240 тыс. га лесных насаждений, которые на протяжении 25,4 тыс. км защищают железнодорожные пути от снежных и песчаных заносов, пыльных бурь, снижают загрязнение прилегающих к железнодорожным линиям сельскохозяйственных земель. И способствуют устойчивым урожаям, а также улучшают культурно-бытовые и санитарно-гигиенические условия пассажиров железнодорожного транспорта, труда и быта железнодорожников.

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 над нормативным. Это связано главным образом с тем, что транспортные магистрали проходят в непосредственной близости от жилой застройки.

В настоящее время уровни шума на городских улицах составляют 65–85 дБ, причем наиболее характерными являются уровни 70–75 дБ (при норме менее 70 дБ). Автотранспортные потоки создают дискомфортные условия проживания в среднем для 30% городского населения страны.

Практически все виды техногенного воздействия ТДК на окружающую среду в настоящее время эффективно не регулируются. Отсутствуют гарантии заводов-изготовителей на стабильность экологических характеристик транспортной техники при эксплуатации. Недостаточен контроль за качеством выпускаемых и отпускаемых потребителям топливно-смазочных материалов, наблюдается хронический дефицит запасных частей к узлам и системам транспортной техники, влияющим на окружающую среду.

Снижение уровня воздействия предприятий ТДК на окружающую природную среду объясняется не повышением показателей экологической безопасности элементов ТДК, а общим падением экономической активности в России. И соответственно снижением объемов перевозок всеми видами транспорта.

Видно, что транспортно-дорожный комплекс имеет определяющий вклад в загрязнение атмосферного воздуха России (более половины всех выбросов в России от стационарных и передвижных источников выброса).

Особенно существенная его доля по выбросам оксида углерода (3/4 общероссийского объема) и углеводородов (3/4 выбросов этих веществ в Российской Федерации). Вклад транспортно-дорожного комплекса в загрязнение водных объектов России незначителен.

## 3.15 Жилищно-коммунальное хозяйство

Деятельность предприятий, организаций жилищно-коммунального хозяйства оказывает негативные влияния на окружающую среду в результате:

– изъятия большого количества природных вод (поверхностных и подземных) для целей хозяйственного, питьевого и промышленного водоснабжения;

– сброса в водные объекты неочищенных или недостаточно очищенных бытовых и промышленных сточных вод. А также поверхностного стока с урбанизированных территорий;

– выбросов в атмосферу от котельных централизованных систем теплоснабжения;

– размещения на свалках (организованных и неорганизованных) бытовых и промышленных отходов;

– урбанизации природных территорий.

Жилищно-коммунальное хозяйство как одна из отраслей экономики, использующих природные ресурсы, в то же время является важной природоохранной отраслью, призванной обеспечить экологическую безопасность населения в местах проживания. Проблема обеспечения населения России питьевой водой нормативного качества и в достаточном количестве стала одной из главных и определяющих во многих регионах страны.

В настоящее время водопроводными сетями подается около 25,5 млрд. м$^3$ воды в год, в том числе населению и на коммунально-бытовые нужды 17,2 млрд. м$^3$/год. Мощность водопроводов достигла 94,5 млн. м$^3$/сут., протяженность водопроводных сетей составляет 434 тыс. км.

Состояние водных объектов, являющихся источниками питьевого водоснабжения, не отвечает требованиям государственного стандарта на источники централизованного водоснабжения, что не позволяет обеспечить требуемое качество питьевой воды. В результате около 50% населения России используют для питья воду, не соответствующую гигиеническим требованиям по различным показателям качества.

В настоящее время в РФ централизованные системы водоснабжения имеют 1052 городов (99% от общего количества городов) и 1785 поселков юродского типа (81%).

Источниками централизованного водоснабжения служат поверхностные воды, доля которых в общем объеме водозабора составляет 68%, и подземные воды – 32%.

Практически все поверхностные источники водоснабжения в последние годы подвергаются существенному воздействию вредных антропогенных факторов, особенно р. Волга, Дон, Северная Двина, Урал, Уфа, Тобол, Томь и другие реки Сибири и Дальнего Востока.

Качество используемых для водоснабжения подземных вод в основном соответствует нормативным требованиям, однако возрастает их загрязнение, в том числе нефтепродуктами, тяжелыми металлами, пестицидами и другими загрязняющими веществами, которые поступают со сточными водами в водоносные горизонты.

Многие подземные водоисточники, особенно обеспечивающие крупные города Центрального, Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и других районов, сильно истощены, о чем свидетельствует снижение статического уровня воды, местами достигающее 10 метров.

В настоящее время около 90% поверхностных и менее 30% подземных вод подвергается обработке с удалением избыточных примесей и обеззараживанием.

Из-за повышенного загрязнения водоисточников традиционно применяемые технологии обработки воды в большинстве случаев недостаточно эффективны.

На эффективность водоподготовки отрицательно влияет испытываемый многими водоочистными станциями дефицит реагентов, гидравлическая перегрузка и низкий уровень оснащенности приборами контроля и автоматики. В этих условиях водопроводные сооружения не всегда обеспечивают надежную водоподготовку и подачу населению питьевой воды гарантированного качества. Положение усугубляется тем, что значительная часть водопроводной сети подвержена коррозии и обраста-

ниям внутренних поверхностей трубопроводов, так что при транспортировке воды к потребителям качество ее нередко ухудшается. Так, проведенными исследованиями в России в 1994 г. 22% проб питьевой воды не соответствовали санитарным нормам и 11% по микробиологическим показателям.

Мощность очистных сооружений коммунальной канализации в РФ составляет 60,3 млн. $м^3$/сут., 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. Большую экологическую опасность представляют ветхие канализационные сети, так как аварийная утечка сточных вод вызывает загрязнение подземных горизонтов. Дефицит мощностей канализационных сооружений в настоящее время достигает около 9 млн. $м^3$/сут.

Через коммунальные системы канализации в поверхностные воды ежегодно сбрасывается 13,7 млрд. $м^3$ сточных вод, из которых 8% очищаются до установленных нормативов, 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. Ежегодно образуется более 2 млн. т осадка (по сухому веществу), а утилизируется только 2–3%, остальной осадок складируется на иловых площадках и из-за их перегрузки является загрязнителем природной среды и подземных вод.

Серьёзное положение сложилось с техническим состоянием действующих систем водоснабжения и канализации, их износ с каждым годом нарастает, большее число всех систем требует подлинной замены.

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% – твердое топливо, остальные 12% – жидкое и прочие виды топлива (торф, дрова). Традиционно сложилось так, что в коммунальной энергетике используются низкосортные виды топлива, тогда как котельные жилищно-коммунального хозяйства находятся в черте города, в густонаселенной местности и для их работы необходимы высокосортные бессернистые виды топлива.

Наиболее отрицательное воздействие на состояние экологической безопасности населения имеют аварии техногенного характера: из 89 случаев (64,9%) – 53 (37,9%) от общего количества приходится на коммунальные системы жизнеобеспечения – это тепло энергоснабжение, водоснабжение и канализацию.

Ежегодно в РФ предприятия внешнего благоустройства осуществляют вывоз более 120 млн. $м^3$ твердых бытовых отходов, уборку около 500 млн. $м^2$ улиц, площадей и других территорий.

В РФ существуют 16 спецкомбинатов «Радон». Они осуществляют природоохранную деятельность в части радиационной безопасности в закрепленных за ними регионах. Путем обслуживания посредством сбора, транспортировки, переработки, хранения и захоронения радиоактивных отходов малой и средней удельной активности, образующихся при использовании радиоактивных веществ и источников ионизирующих излучений в медицинских научно-исследовательских, учебных учреждениях и на ряде сельскохозяйственных и промышленных предприятий.

Спецкомбинаты принимают на захоронение твердые, жидкие и биологические, радиоактивные отходы, а также отработавшие источники ионизирующих излучений.

Зелёные насаждения городов в условиях экологического неблагополучия большинства населенных мест России являются одним из эффективных факторов оздоровления. Повышения комфортности и эстетических качеств среды обитания человека. К настоящему времени большинство объектов насаждения общего пользования городов России имеют возраст более 40 лет. Санитарно-гигиенические качества городского озеленения неудовлетворительны, наметилась тенденция к сокращению площадей

озеленения и изъятию их под застройку. Общая площадь озелененных территорий в городах России составляет более 1,3 млн. га, т.е. около 25% всех городских земель. Однако площадь насаждений общего пользования составляет 110 тыс. га, или 2% от площади городских земель.

Средняя обеспеченность горожан насаждениями общего пользования 10 м$^2$/чел., что вдвое ниже нормативной. Во многих городах этот показатель не достигает 5 м$^2$/чел. Незначительный прирост насаждений общего пользования отмечается в ряде городов, традиционно уделявших большое внимание озеленению городской среды (Омск, Санкт-Петербург, Ярославль, Москва).

Предприятия и организации жилищно-коммунальной сферы (более 220 единиц) осуществляют строительство, реконструкцию, ремонт и эксплуатацию большой части объектов озеленения, а также производство посадочно-посевного материала для городского озеленения и цветочного оформления, выращивания и реализацию цветочной продукции населению.

Жилищно-коммунальное хозяйство имеет определяющее значение в объеме сброса загрязненных сточных вод в природные водные объекты России. По их объему вклад ЖКХ достигает 45%. Также значительна доля ЖКХ в сброс нормативно-очищенных сточных вод, которая равна около 41% общего объема сброса сточных вод этой категории в целом по РФ. Негативный вклад жилищно-коммунального хозяйства в загрязнение атмосферного воздуха России незначителен.

### 3.16 Сельское хозяйство

В настоящее время негативное влияние отдельных факторов сельского хозяйства на окружающую среду также уменьшилось в связи с продолжающимся спадом производства. Это относится в первую очередь к воздействию минеральных и органических удобрений,

пестицидов (пестициды – общепринятое собирательное название ядохимикатов, используемых в сельском хозяйстве для защиты растений и животных и получивших свое название от *pestis* – зараза, разрушение, *cido* – убивать). Это разнообразные химические соединения, обладающие способностью уничтожать или прекращать развитие живых организмов насекомых, клещей, грызунов, бактерий, вирусов, грибов и других сельскохозяйственных вредителей.

Уменьшение объемов, применение минеральных и органических удобрений не привело к ослаблению в соответствующих пропорциях влияния средств химизации на природную среду, поскольку сохранились основные причины их попадания в поверхностные и грунтовые воды – нарушения регламентов хранения, транспортировки, применения.

Невосполнимый ущерб земельным ресурсам и окружающей среде продолжает наносить 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 сельскохозяйственных угодий, в том числе 44 млн. га, или 33%, пашни считаются дефляционно-опасными.

Прогрессируют истощение и загрязнение водных источников, засоление земель, образование подвижных песков и оврагов. В почвах сельскохозяйственных угодий снижается содержание гумуса и основных элементов минерального питания растений, повышается кислотность почв, ухудшается культуртехническое и агрофизическое состояние сельскохозяйственных земель.

Источником повышенной экологической опасности в сельском хозяйстве остаются крупные животноводческие комплексы, особенно свиноводческие, где для удаления навоза используют

гидросмыв, а также птицефабрики. Большинство из них построены в 70-е годы, технологическое оборудование устарело и вышло из строя, а реконструкция и техническое перевооружение очистных сооружений, строительство хранилищ отходов осуществляются крайне медленно. На

значительных территориях вокруг таких комплексов происходит фильтрация жидкой фракции навоза в почву, грунтовые воды, загрязняется сельскохозяйственная продукция.

Из 295 специализированных свиноводческих хозяйств (комплексов) промышленные очистные сооружения с применением аэротанков имеются только на 52, а в 119 хозяйствах животноводческие стоки используются в растениеводстве с помощью ирригационных средств и методов на специализированных гидромелиоративных системах.

Немалую экологическую опасность в ряде регионов представляет бесконтрольное строительство мелких мясных, молочных и других предприятий, на которых затруднено решение вопросов очистки сточных вод и утилизации отходов производства, контроля качества сырья и готовой продукции, что может привести к дальнейшим негативным экологическим последствиям.

В большинстве регионов России сложился отрицательный баланс питательных веществ в пахотных почвах. С урожаем выносится 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.

Опасное загрязнение окружающей среды происходит в результате хранения минеральных удобрений и пестицидов под открытым небом или в неблагоустроенных должным образом многочисленных складах.

Опасность для окружающей среды по-прежнему представляют продукты сгорания топлива при использовании сельскохозяйственной техники, эксплуатационные и технологические разливы топливно-смазочных материалов и их хранение в необорудованных складах, устаревшее холодильное оборудование.

Для преодоления негативных воздействий сельского хозяйства на окружающую среду принимаются меры по реализации Государственной комплексной программы повышения плодородия почв России. Исходя из Плана мероприятий по охране окружающей среды от загрязнения отходами животноводческих комплексов и птицефабрик.

На долю сельского хозяйства приходится 1/4 объема используемой свежей воды в РФ и около 20% объема сброса сточных вод в поверхностные водоемы. Сельское хозяйство имеет 1/6 в объеме сброса загрязненных сточных вод в природные водные объекты России. По объему сброса сточных вод без какой-либо очистки негативный вклад отрасли равен 50% от общего объема сброса вод этой категории в целом по Российской Федерации.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Влияние энергетики на окружающую среду.
2. Влияние цветной и черной металлургии на окружающую среду.
3. Влияние нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли на окружающую среду.
4. Влияние нефтехимической промышленности на окружающую среду.
5. Влияние угольной промышленности на окружающую среду.
6. Влияние оборонной промышленности на окружающую среду.
7. Влияние газовой промышленности на окружающую среду.
8. Влияние лесной и деревоперерабатывающей промышленности на окружающую среду.
10. Влияние микробиологической промышленности на окружающую среду.
11. Влияние промышленности строительных материалов на окружающую среду.
12. Влияние машиностроения на окружающую среду.
13. Влияние легкой и пищевой промышленности на окружающую среду.
14. Влияние дорожно-транспортного комплекса на окружающую среду.
15. Влияние жилищно-коммунального хозяйства на окружающую среду.
16. Влияние сельского хозяйства на окружающую среду.

# 4 ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Современная практика охраны окружающей природной среды, используя мировой опыт в этой области, включает разработку соответствующих законодательных актов, экологизацию технологических процессов, организацию санитарно-защитных и водоохранных зон, очистку выбросов и сбросов сточных вод от вредных веществ, утилизацию промышленных отходов. Государственный экологический контроль за охрану окружающей природной среды.

## 4.1 Защита атмосферы

Основным направлением охраны атмосферного воздуха от вредных выбросов должна быть разработка малоотходных и безотходных технологических процессов.

В настоящее время наиболее распространенным техническим решением данной проблемы является разработка эффективных систем очистки, улавливания и переработки газообразных, жидких и твердых примесей.

Методы и средства очистки газов и пылеулавливания подразделяются на следующие группы:

– аппараты сухой, инерционной очистки газов от пыли;

– аппараты мокрой очистки газов от пыли, а в отдельных случаях – от жидких и газообразных примесей;

– аппараты для очистки газов от пыли методом фильтрации;

– аппараты электрической очистки газов от пыли и туманов;

– аппараты химической очистки газов от газообразных примесей;

– аппараты термической и термокаталитической очистки газов от газообразных примесей.

К сухим пылеуловителям относятся осадительные камеры, инерционные пылеуловители, циклоны. Они предназначены для грубой механической очистки выбросов от крупной и тяжелой пыли.

Схема устройства циклона приведена на рисунке 4.

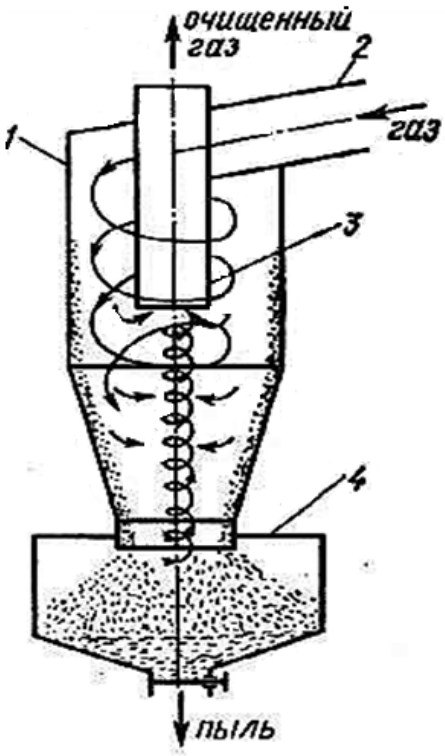



**Рис. 4. Схема устройства циклона**

*1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – выхлопная труба; 4 – сборник пыли*

Весьма простыми устройствами являются пылеосадительные камеры, в которых за счет увеличения сечения воздуховода скорость пылевого потока резко падает, вследствие чего частицы пыли выпадают под действием сил тяжести.

Эффективными пылеуловителями являются инерционные аппараты, в которых пылевой поток резко изменяет направление своего движения, что способствует выпадению частиц пыли. Широко распространенными инерционными пылеуловителями являются циклоны. В них частицы пыли движутся вместе с вращающимся газовым потоком и под действием центробежных сил оседают на стенках. При больших расходах очищаемых газов применяют групповую установку циклонов (батарею).

В основе работы пористых фильтров, предназначенных для тонкой очистки, лежит процесс фильтрации газов через пористую перегородку, в результате чего твердые частицы задерживаются, а газ полностью проходит сквозь нее. Из пористых фильтров наибольшее распространение получили рукавные фильтры, что обусловлено созданием температурно-стойких и устойчивых к воздействию агрессивных газов тканей (например, стекловолок-

но). В электрофильтрах (рис. 5) очистка газов от пыли происходит под действием электрических сил.

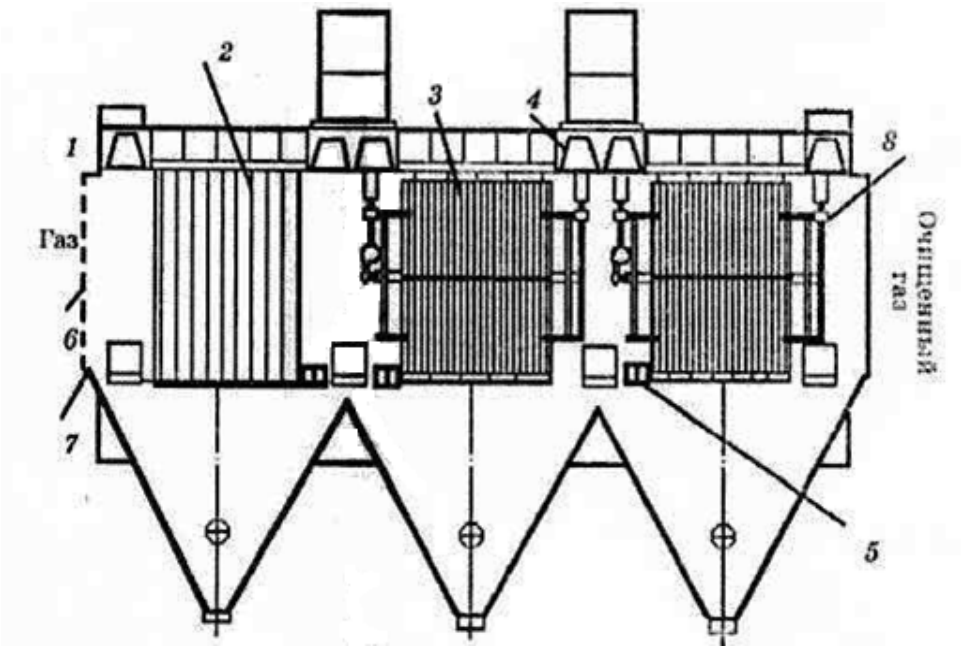



**Рис. 5. Схема устройства трехпольного электрофильтра**

*1 – корпус; 2 – электрод осадительный; 3 – электрод коронирующий; 4 – механизм встряхивания коронирующих электродов; 5 – механизм встряхивания осадительных электродов; 6 – газораспределительная решётка; 7 – сборник пыли; 8 – изолятор*

В процессе ионизации молекул газов электрическим разрядом происходит заряд содержащихся в них частиц (коронирующий электрод). Ионы адсорбируются на поверхности пылинок, а затем под действием электрического поля пылинки перемещаются к осадительным электродам. Зарядка частиц в поле коронного разряда проходит по двум механизмам: воздействием электрического поля и диффузией ионов.

Мокрые пылеуловители имеют одну важную особенность: они обладают высокой эффективностью очистки от мелкодисперсной (менее 1 мкм) пыли. Имеются и другие достоинства. Среди них: относительно небольшая стоимость и высокая эффективность улавливания взвешенных частиц; возможность очистки газов при относительно высокой температуре и повышенной влажности, а также при опасности возгорания и взрывов очищенных и газов или уловленной пыли. В качестве существенного не-

достатка можно указать на то, что уловленная пыль представлена в виде шлама, а это вызывает необходимость обработки сточных вод. Работают указанные системы по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель (или пленки) жидкости. Под действием сил инерции и броуновского движения. Конструктивно мокрые пылеуловители разделяют на форсуночные скубберы и скрубберы Вентури, а также аппараты ударно-инерционного, барботажного и других типов. Большое распространение (в основном из-за простоты конструкции) получили полые форсуночные скрубберы. Они представляют собой колонну круглого сечения, в которой осуществляется контакт между запыленным газом и каплями жидкости (обычно водой). Более эффективными мокрыми пылеуловителями являются скрубберы Вентури (рис. 6).

В насадочном скруббере используется система поперечного орошения с наклонно установленной насадкой. Среди систем мокрой пылеочистки высокая эффективность отмечена в скрубберах ударно-инерционного действия.

**Рис. 6. Скруббер Вентури**

В этих аппаратах контакт газов с жидкостью осуществляется при ударе газового потока о поверхность жидкости. С последующим пропусканием газожидкостной взвеси через отверстия различной конфигурации или непосредственным отводом газожидкостной взвеси в сепаратор жидкой фазы. Надежной и простой конструкцией мокрого пылеуловителя является промывная башня (скруббер), заполненная кольцами Рашига, стекловолокном или другими насадками. К недостаткам процесса мокрого пылеулавливания относят: возможность щелочной или кислотной коррозии при очистке некоторых газов; ухудшение условий последующего рассеивания через заводские трубы очищенного, но увлажненного газа, тем более охлажденного (снижается подъемная сила); происходит загрязнение отводимой из аппарата воды, вредного для водоемов ПАВ.

Весьма эффективны комбинированные методы очистки от пыли. С целью очистки воздуха и технологических газов, в т.ч. отходящих в атмосферу, от туманов, кислот, щелочей, масел и других жидкостей применяются волокнистые фильтры. Принцип их действия основан на осаждении капель на поверхности пор, после чего образовавшаяся жидкость стекает под действием гравитации. С этой целью разработаны три основные группы методов очистки:

– промывка выбросов растворителями содержащейся в них примеси (абсорбционный метод);

– поглощение газообразных примесей твердыми телами с ультрамикроскопической структурой (адсорбционный метод);

– обезвреживание примесей путем каталитического превращения в менее опасные вещества.

Метод абсорбции состоит в том, что газовоздушная смесь разделяется на составные части путем поглощения одной или нескольких примесей поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора. Так, с целью удаления из выбросов таких газообразных веществ, как NH3, HCl и др., можно применять в качестве поглотительной жидкости воду. Для улавливания ароматических углеводородов из коксового газа – вязкие масла. Абсорбция может быть физической или химической, когда абсорбент и поглощаемый компонент не взаимодействуют или, напротив, взаимодействуют с образованием нового вещества. В последнем случае

процесс называется *хемосорбцией*. Большинство реакций, сопровождающих хемосорбцию, являются экзотермическими и обратимыми. Поэтому при последующем повышении температуры раствора образовавшееся химическое соединение разлается с выделением исходных компонентов. В промышленных абсорберах жидкость дробится на мелкие капли для обеспечения более высокого контакта с газовой средой. Все аппараты жидкостной абсорбции делятся на три типа: колонные, тарельчатые (рис. 7) и насадочные абсорберы (рис. 8). На практике чаще всего используют насадочные и пустотелые абсорберы с форсунками.

Абсорбционные методы применяются для очистки газов от сероводорода, сероуглерода, меркаптанов, оксидов серы, азота и углерода, галогенов и их соединений. Адсорбционный метод позволяет извлекать вредные компоненты промышленных выбросов с помощью адсорбентов – твердых тел с ультрамикроскопической структурой, обеспечивающей им очень высокое значение удельной поверхности. К таким адсорбентам относятся, например, активный уголь и глинозем, силикагель, цеолиты и другие вещества.

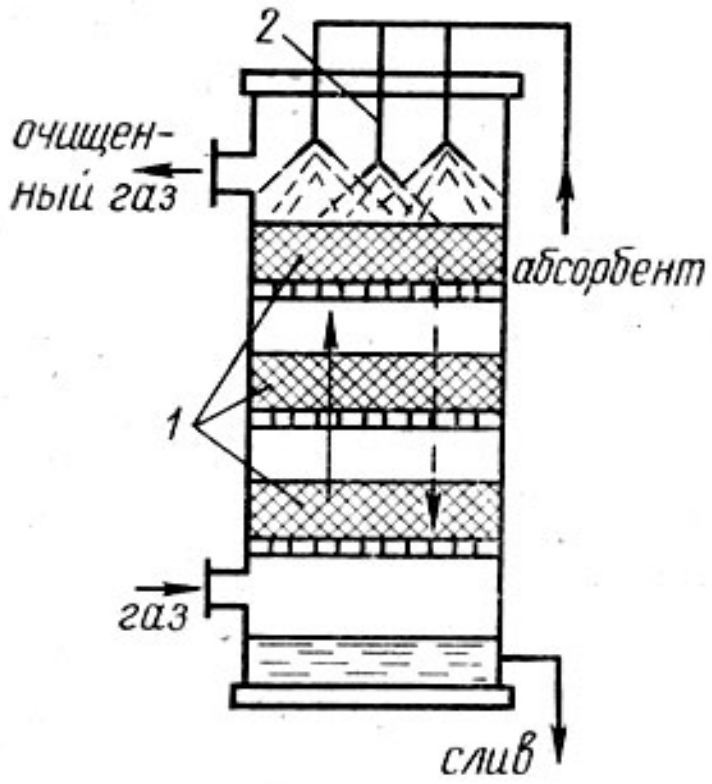



**Рис. 7. Барботажный абсорбер тарельчатого типа в виде колонны**

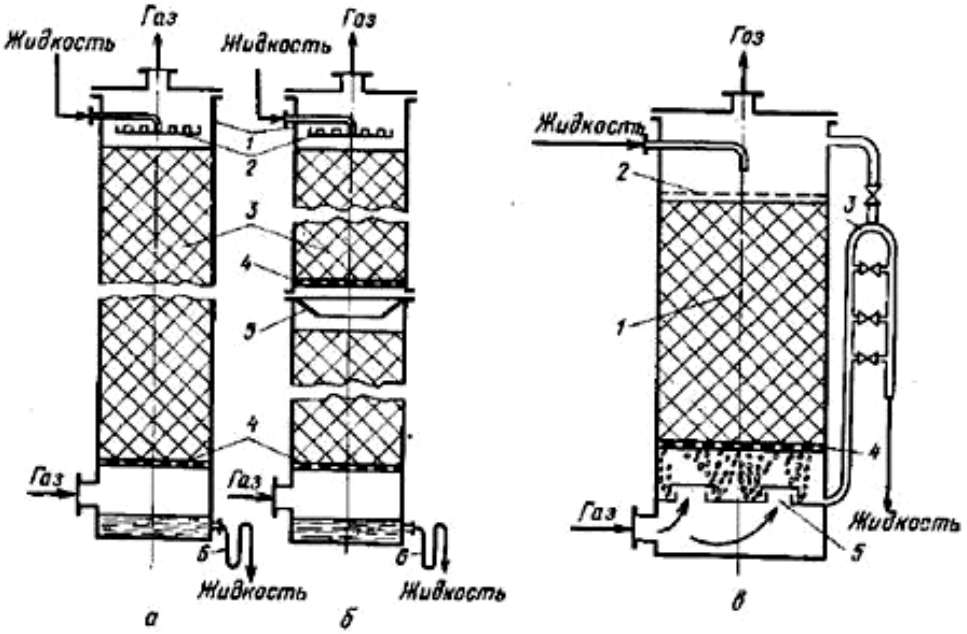



**Рис. 8. Схемы насадочных абсорберов**
***а* – со сплошным слоем насадки; *б* – с секционной загрузкой насадки:**
*1 – корпус; 2 – распределитель жидкости; 3 – насадка; 4 – опорные решетки; 5 – перераспределитель жидкости; 6 – гидравлические затворы;*
***в* – эмульгационная насадочная колонна:**
*1 – насадка; 2 – сетка, фиксирующая насадку; 3 – гидравлический затвор; 4 – опорная решетка; 5 – распределитель газа.*

Насадочные абсорберы получили наибольшее применение в промышленности. Эти абсорберы представляют собой колонны, заполненные насадкой – твердыми телами различной формы. В насадочных колоннах обеспечивается лучший контакт обрабатываемых газов с абсорбентом, чем в полых распылителях, благодаря чему интенсифицируется процесс массопереноса, и уменьшаются габариты очистных устройств.

Адсорбционные методы применяют для очистки газов с невысоким содержанием газообразных примесей. В отличие от абсорбционных методов они позволяют проводить очистку при повышенных температурах. Различают физическую и химическую адсорбцию (хемосорбцию). При физической адсорбции поглощаемые молекулы газов и паров удерживаются силами Ван-дер-Ваальса, при хемосорбции – химическими силами.

Суть каталитической газоочистки заключается в конверсии (превращении) токсичных примесей в другие продукты (мало- или нетоксичные) в присутствии катализаторов. При этом разли-

чают гомогенный и гетерогенный катализ. В случае гомогенного катализа катализатор и реагирующие вещества образуют одну фазу (газ или раствор). В случае гетерогенного катализа катализатор находится в системе в виде самостоятельной фазы. На практике в ходе эксплуатации катализаторы подвергаются постепенной дезактивации или деструкции. Последние вызываются химическими (отравление каталитическими ядами) или физическими (механическое истирание, спекание) факторами. И обуславливают необходимость периодической замены катализаторов. Каталитическая очистка промышленных выбросов применяется для обезвреживания широкого спектра токсичных ингредиентов: оксидов азота, оксида углерода, паров органических веществ, включая сераорганические соединения (сероуглерод, тиофены, меркаптан, дисульфиды). В качестве катализаторов используются металлы платиновой группы (палладий, рутений, платина, родий). Или составы, включающие никель, хром, цинк, кобальт, марганец, церий и другие элементы.

Термическое обезвреживание или высокотемпературное дожигание применяют для легкоокисляемых токсичных, а также дурнопахнущих примесей. Его преимуществами являются относительная простота аппаратурного оформления и универсальность использования, так как на работу термических нейтрализаторов мало влияет состав обрабатываемых газов. Прямое сжигание используют в тех случаях, когда концентрация горючих веществ входит в пределы воспламенения. Процесс проводят в обычных или усовершенствованных топочных устройствах, и промышленных печах и топках капельных агрегатов, а также в факелах.

Биологические (биохимические) методы очистки основаны на способности микроорганизмов разрушать практически любые соединения, как природного, так и искусственного происхождения. При фильтрации загрязненных дымовых газов через носитель биомассы, предварительно пропитанный на воздухе питательным раствором развития микроорганизмов, улавливаются газообразные органические вещества. Последние далее разлагаются под воздействием ферментов (катализаторов природного происхождения), вырабатываемых микроорганизмами. Частично эти вещества расходуются на прирост биомассы, а частично окисляются до $CO_2$ и $H_2O$, выделяющаяся при этом энергия обеспечива-

ет жизнедеятельность микроорганизмов. Биологический метод очистки – универсален. Он предназначен для обезвреживания выбросов от широкого спектра органических соединений (стирола, ксилола, толуола, бензола, этанола, этилацетата, фенола, формальдегида, фурилового спирта и др.) промышленных предприятий, обувных. Мебельных и кожевенных фабрик. А также для дезодорации вентиляционных выбросов на мясоперерабатывающими рыбоперерабатывающих предприятиях.

## 4.2 Защита гидросферы

Защита водных ресурсов от истощения и загрязнения вредными веществами предусматривает комплекс мер:

1) разработку соответствующих законодательных актов;

2) организацию государственного мониторинга водных объектов;

3) охрану поверхностных и подземных вод, включая очистку промышленных и бытовых стоков;

4) подготовку воды, используемой для питья и хозяйственных целей;

5) государственный контроль за использованием и охраной водных ресурсов.

К поверхностным относятся воды, постоянно или временно находящиеся на земной поверхности. Это воды рек, временных водотоков, озер, водохранилищ, прудов, водоемов, болот. А также ледников и снежного покрова.

Сточные воды подразделяются по происхождению:

– хозяйственно-бытовые;

– промышленные;

– поверхностный сток предприятий и населенных пунктов;

– сельскохозяйственные;

– рудничные и шахтные воды.

Каждая группа имеет свой специфический состав.

Хозяйственно-бытовые сточные воды содержат большое количество органических и минеральных веществ в растворенном и взвешенном состоянии.

Среди всех видов загрязненных водоемов наиболее вредное воздействие вызывают промышленные сточные воды. Промыш-

ленные сточные воды отличаются большим разнообразием состава и концентрацией загрязняющих веществ, определяемых характером производства, а также системой водоснабжения и водоотведения. На промышленных предприятиях до 90% воды расходуется на охлаждение продуктов или аппаратов в технологических процессах, и сточная вода имеет лишь тепловое загрязнение.

Сточные воды предприятий по составу подразделяются на три вида:

– производственные – использованные или сопутствующие технологическому процессу, которые в свою очередь можно разделить на загрязненные и нормативно чистые;

– бытовые – от санитарных узлов и пищеблоков, душевых установок;

– атмосферные – дождевые, талые, к ним можно отнести и поверхностные после полива территорий.

Характер загрязнения производственных сточных вод в основном определяется профилем предприятия, составом перерабатываемых материалов, сырья и видом выпускаемой продукции.

Различают два основных пути очистки сточных вод: разбавление и очистка их от загрязнений. При этом разбавление не ликвидирует воздействия сточных вод, а лишь ослабляет его на локальном участке водоема. Методы очистки производственных и бытовых вод можно подразделить на следующие группы: механические, физико-химические, химические, биологические и термические (рис. 9).

Методы механической очистки служат для подготовки сточных вод к обработке другими методами. При этом загрязненные воды осветляются на 30–60%, что существенно облегчает дальнейшие стадии очистки.

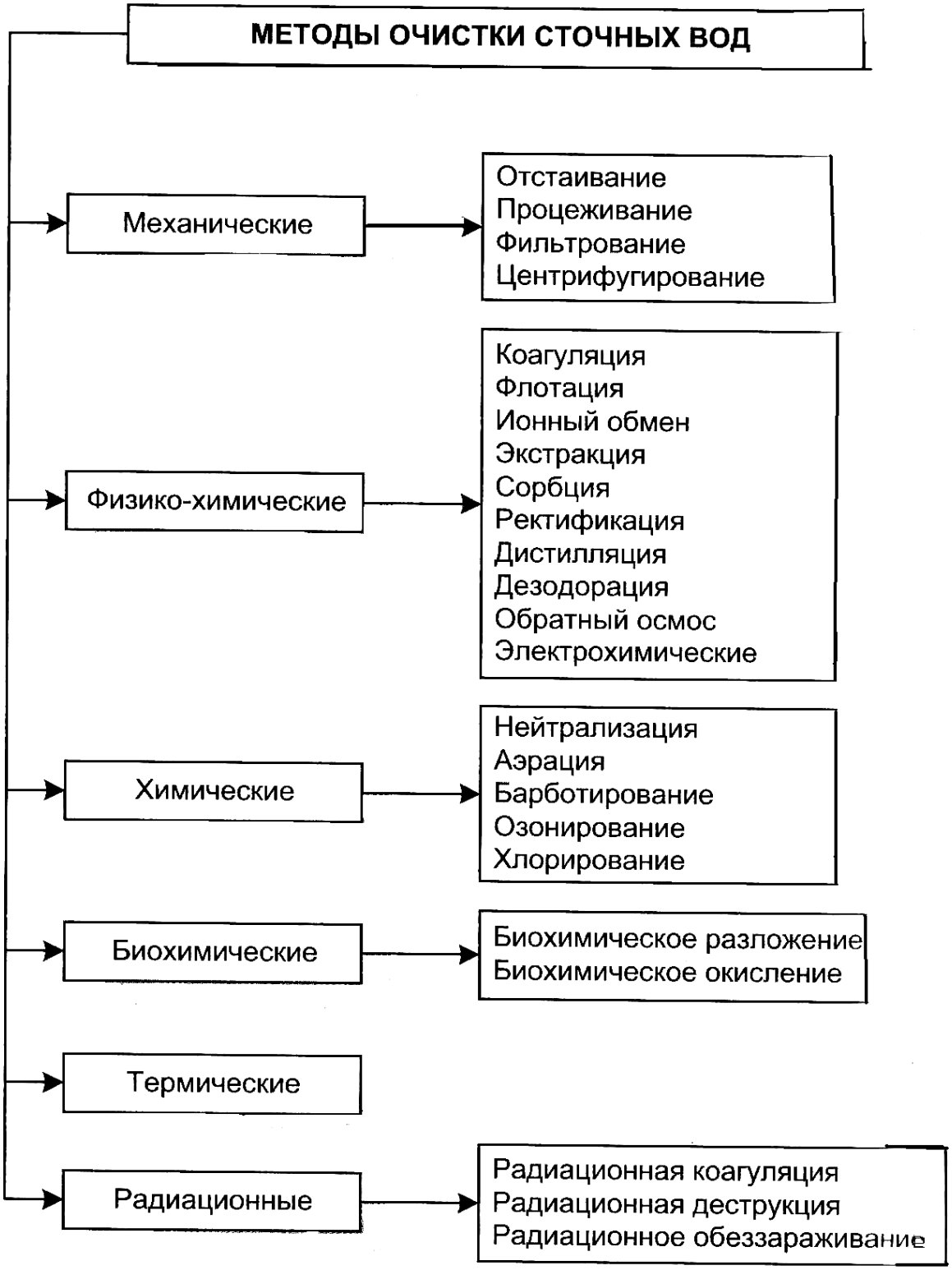



**Рис. 9 Методы очистки сточных вод от загрязнений**

Механическая очистка применяется для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей, для чего используют гидромеханические процессы (периодические и непрерывные) процеживания и отстаивания (гравитацион-

ное и центробежное), а также фильтрование. Выбор метода зависит от размера частиц примесей, физико-химических свойств и концентрации взвешенных частиц, расхода сточных вод и необходимой степени очистки. Процеживание производится через решетки или сита в зависимости от величины и гидравлических свойств выделяемых частиц. Для улавливания из сточных вод примесей минерального происхождения, главным образом песка, применяют песколовки, которые по направлению движения воды подразделяются на горизонтальные, вертикальные и с вращательным движением воды.

Принцип действия песколовки основан на том, что удельный вес частиц больше, чем удельный вес воды. Поэтому под влиянием сил тяжести частицы по мере движения их вместе с водой в резервуаре оседают на дно.

В целях очистки сточных вод от нефтепродуктов применяется метод отстаивания. Выделение нефтепродуктов производится в нефтеловушках.

Для задержания оседающих и плавающих примесей применяют отстойники, которые по направлению движения воды делятся на горизонтальные и вертикальные. К отстойникам с горизонтальным движением воды относятся также радиальные.

Фильтрование – удаление взвешенного вещества из воды путем пропускания ее через слой пористого материала или через сетки с изменяющимся размером отверстий. С помощью этого метода очищают сточные воды, содержащие тонкодисперсные примеси в небольшой концентрации. Его применяют также после физико-химических и биологических методов очистки, поскольку некоторые из них сопровождаются выделением в очищаемую жидкость механических загрязнений. В основном распространены сетчатые фильтры и фильтры с зернистой загрузкой. К сетчатым фильтрам относятся барабанные сетки – биофильтры. Зернистые фильтры бывают с нисходящими и восходящими потоками. Для стабильной и эффективной очистки применяют двухступенчатое фильтрование воды.

Химические методы очистки применяют для удаления растворимых веществ в замкнутых системах водоснабжения, а иногда и для дополнительной очистки сточных вод до или после биологической очистки. Наиболее часто с помощью химической очистки уда-

ляют ионы тяжелых металлов. Основными приемами химических методов очистки сточных вод являются нейтрализация, окисление – восстановление и осаждение малорастворимых соединений.

Нейтрализация применяется для обработки производственных сточных вод, содержащих щелочи и кислоты. Окисление и восстановление как метод очистки применяем для обезвреживания промышленных сточных вод от цианидов, сероводорода, сульфидов, соединений ртути, мышьяка, хрома. В процессе окисления токсичные загрязнения переходят в менее токсичные. В качестве окислителей обычно используют: хлор, диоксид хлора, гипохлориты натрия и кальция, перманганат калия, дихромат калия, пероксид водорода и др.

Физико-химические методы очистки сточных вод используют для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных частиц (твердых и жидких). А также растворимых газов, минеральных и органических веществ. Они применяются как самостоятельные, так и в сочетании с механическими и биологическими методами.

Коагуляция – процесс укрупнения дисперсных частиц загрязняющих веществ в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты. Укрупнение происходит под влиянием добавляемых коагулянтов (сульфат алюминия, гидроксохлорид алюминия, хлорид железа).

Флокуляция – процесс агрегации взвешенных частиц при добавлении в сточную воду высокомолекулярных соединений, называемых флокулянтами. Применяют *природные* (крахмал, декстрин) и *синтетические* (полиакриламид, активный диоксид кремния) флокулянты.

Перспективным методом очистки сточных вод от хрома и других тяжелых металлов, а также от цианидов является электрокоагуляция – процесс образования нерастворимых гидроксидов при прохождении сточных вод через электрокоагулятор.

Флотация применяется для очистки производственных сточных вод от нерастворимых диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются: нефть, нефтепродукты, масла, волокнистые частицы. Адсорбцию применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если эти вещества биологически не разлагаются или

являются сильнотоксичными при небольшой их концентрации. Адсорбцию используют для обезвреживания сточных вод от фенолов, гербицидов, пестицидов, ПАВ, красителей, ароматических соединений и др. Достоинствами метода являются высокая эффективность, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ, а также рекуперация этих веществ.

Ионный обмен применяется для извлечения из сточных вод тяжелых металлов, а также соединений мышьяка, фосфора, цианидов и радиоактивных веществ. Метод позволяет рекуперировать ценные вещества при высокой степени очистки воды.

Экстракцию применяют для очистки сточных вод, содержащих фенолы, масла, органические кислоты. Ультрафильтрация основана на разделении растворов фильтрованием через мембраны с диаметром пор 5–200 нм.

Электрохимическая очистка применяется для очистки сточных вод от различных растворимых диспергированных примесей. К ней относятся: разложение нежелательных примесей за счет анодного окисления и катодного восстановления; удаление растворенных неорганических соединений с использованием полупроницаемых мембран); разложение примесей путем электролиза с использованием растворимых анодов и получение нерастворимых соединений, выпадающих в осадок. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании через сточную воду постоянного электрического тока.

Простая перегонка осуществляется путем постепенного испарения сточной воды. Метод применяется для удаления соединений, которые имеют температуру кипения ниже температуры кипения воды (ацетон, спирты и др.). Перегонку с водяным паром применяют для удаления легколетучих соединений (аммиака, аминов, фенолов).

*Термические методы очистки сточных вод.* На химических предприятиях образуются сточные воды, содержащие минеральные соли, а также широкий спектр органических веществ. Такие воды могу быть обезврежены термическими методами.

*Биохимические методы очистки сточных вод* применяют для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод от многих растворенных органических и некоторых неорганических веществ. Процесс очистки основан на способности определенных групп микроорганизмов использовать указанные вещества для питания. Известны аэробные и анаэробные методы биохимической очистки сточных вод (рис. 10).

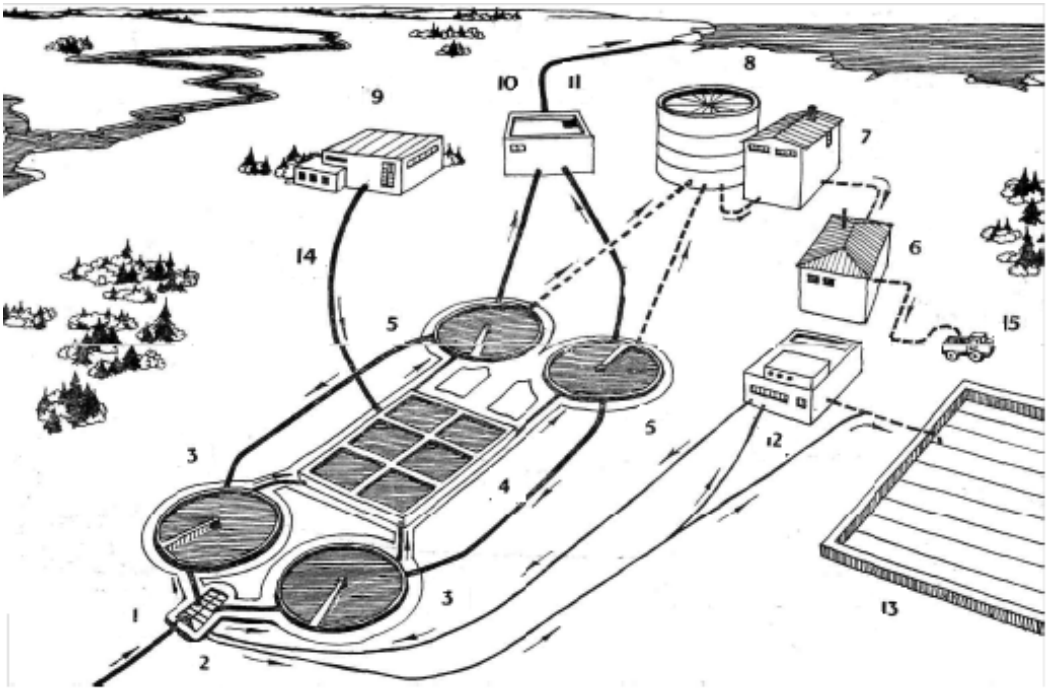



**Рис. 10 Схема станции с биологической очисткой сточных вод**

*1 – решётка, 2 – песколовка, 3 – отстойники, 4 – аэротенки, 5 – вторичные отстойники, 6 – термическая сушка осадка, 7 – вакуум-фильтры, 8 – метантенки, 9 – машинное здание, 10 – хлораторная, 11 – контактный резервуар, 12 – дробилка, 13 – песковые площадки, 14 – воздуховод, 15 – транспорт сушеного ила*

Аэробный процесс – для его осуществления используются группы микроорганизмов, для жизнедеятельности которых необходимы постоянный приток кислорода (2 мг$O_2$/л), температура 20–30°С, pH среды 6,5–7,5, соотношение биогенных элементов БПК:N:P не более 100:5:1. Ограничением метода является содержание токсичных веществ.

*Аэробная очистка сточных вод* проводится в специальных сооружениях: биологических прудах, аэротенках, окситенках, биофильтрах.

Биологические пруды предназначены для биологической очистки и для доочистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями.

Аэротенки представляют собой железобетонные резервуары, прямоугольные в плане, разделенные перегородками на отдельные коридоры. Для поддержания активного ила во взвешенном состоянии, интенсивного его перемешивания и насыщения обрабатываемой смеси кислородом воздуха в аэротенках устраиваются различные системы аэрации. Из аэротенков смесь отработанной сточной воды и активного ила поступает во вторичный отстойник, откуда осевший на дно активный ил, отводится в резервуар насосной станции, а очищенная сточная вода поступает на дальнейшую доочистку, но не дезинфицируется. В процессе биологического окисления происходит прирост биомассы активного ила.

Биофильтры находят применение при суточных расходах бытовых и производственных сточных вод до 20–30 тыс. $м^3$ в сутки. Они представляют собой резервуары круглой или прямоугольной формы в плане, которые заполняются загрузочным материалом. При анаэробном процессе происходит биологическое окисление органических веществ в отсутствие молекулярного кислорода за счет химически связанного кислорода.

Процесс протекает в две стадии: на первой образуются органические кислоты, на второй стадии образовавшиеся кислоты преобразуются в метан и $CO_2$. Основной процесс проводится в метантенках. В них перерабатывается активный ил и концентрированные сточные воды, содержащие органические вещества, которые разрушаются анаэробными бактериями в ходе метанового брожения.

*Очистка ионизирующим излучением.* В последние годы развивается новый безреагентный метод очистки сточных вод. Путем деструкции содержащихся органических примесей с применением пучков электронов, генерируемых ускорителями с энергией электронов 5–6 МэВ.

## 4.3 Утилизация отходов

Под отходами понимают остатки сырья материалов и полуфабрикатов, образовавшихся в процессе изготовления продукции и утратившие полностью или частично потребительские свойства исходного материала; продукты физико-химической переработки сырья, а также добычи и обогащения полезных ископаемых. Получение ископаемых не является целью рассматриваемого производственного процесса, и они могут быть использованы в производстве в качестве сырья для переработки, топлива и др. Отходы относятся к материальным объектам, которые могут обладать высокой потенциальной опасностью для окружающей среды и здоровья населения.

Отходы делятся на бытовые (коммунальные) и промышленные (отходы производства). Бытовые и промышленные отходы можно подразделить на две группы: твердые (отходы металлов, дерева, пластмасс, пыли, мусор и т.д.) и жидкие (осадки сточных вод, шламы и т.д.).

Отходы по степени возможного вредного воздействия на окружающую среду также подразделяются. На чрезвычайно опасные (1 класс), высокоопасные (2 класс), умеренно опасные (3 класс), малоопасные (4 класс) и практически не опасные (5 класс).

На территории России ежегодно образуется около 120 млн. тонн отходов, при этом доля бытовых в общей массе отходов ежегодно возрастает и составляет в среднем 35%.

В настоящее время существует несколько способов утилизации отходов. По технологической сущности методы обезвреживания отходов могут быть разделены на:

1) биотермические (свалки, поля запахивания, полигоны складирования, компостные поля и завод биотермического компостирования);

2) термические (сжигание без использования, сжигание отходов как энергетического топлива, пиролиз с получением горючего газа и нефтеподобных масел);

3) химические (гидролиз);

4) механические (прессование отходов в строительные блоки).

Наибольшее распространение получили биотермический и термический методы. В развитых европейских странах городской полигон для твердых бытовых отходов – это сложное экологическое предприятие, на котором проводится сортировка мусора, его обработка, уплотнение и изоляция (Никаноров, Хоружая, 2001; Полигонные технологии, 1997).

Полигон твердых бытовых отходов предназначен для складирования твердых отходов, предусматривает постоянную, хотя и очень долговременную переработку отходов при участии кислорода воздуха и микроорганизмов (рис. 11).

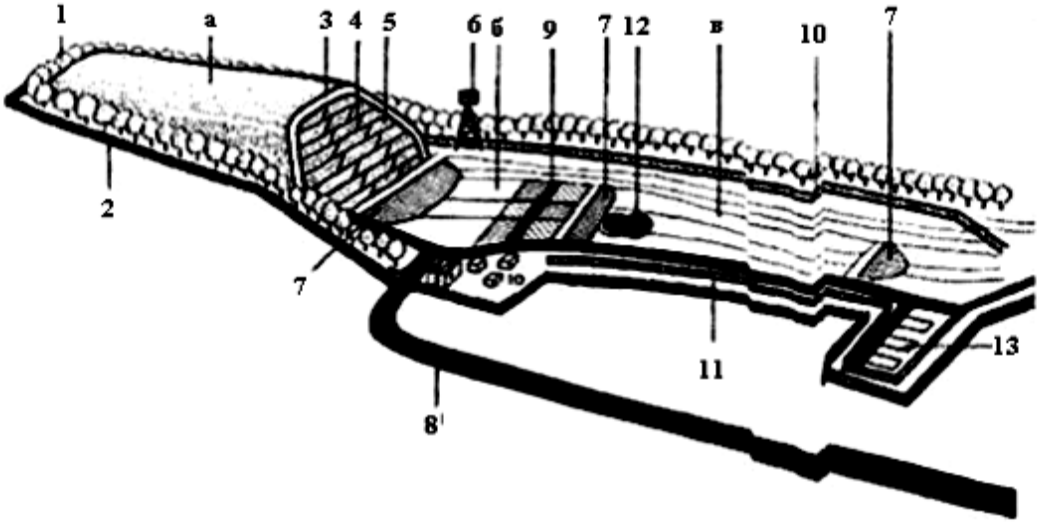



**Рис. 11 Полигон твердых бытовых отходов**

*а, б, в – первая, вторая и третья очереди складирования. 1 – зелёная зона, 2 – сетчатый забор, 4 – окончательный и промежуточный изолирующие слои грунта, 5 – отходы, 6 – мачты электроосвещения, 7 – плотина, 8 – подъездная дорога, 9 – временная дорога, 10 – хозяйственный двор, 11 – нагорная канава, 12 – насосная станция, 13 – участок*

Одним из способов утилизации отходов является их компостирование. При компостировании отходов в органической массе повышается содержание питательных веществ (азота, фосфора) в усвояемой растениями форме, обезвреживается патогенная микрофлора, уменьшается количество целлюлозы и пектиновых веществ; удобрения становятся сыпучими, что облегчает их внесение в почву.

Следующий способ утилизации отходов – сжигание – нельзя считать целесообразным. Однако такой способ происходит на мусоросжигательных станциях (заводах), которые имеют паровые или водогрейные котлы со специальными топками. Температура в топке должна быть не менее 1000°С, чтобы сгорели все дурнопахнущие примеси. Однако из-за диоксиновой опасности были закрыты многие мусоросжигательные заводы в США, Нидерландах и других странах.

Предварительная сортировка мусора позволяет очистить выбросы в атмосферу от многих вредных веществ. Так, при производстве бумаги или картона из макулатуры выбросы в атмосферу снижаются на 85%, загрязнение воды – до 40%. Получать алюминий из природного сырья – бокситов дороже, чем извлекать его из использованных консервных банок.

Наиболее распространенными методами переработки токсичных промышленных отходов являются:

– сортировка (для чего используются грохочение, гидравлическая классификация и воздушная сепарация);

– уменьшение размеров кусков, частиц (помол, дробление);

– увеличение размеров частиц (высокотемпературная агломерация, брикетирование, таблетирование, гранулирование);

– термическая обработка;

– смешение;

– обогащение (флотация, отсадка, магнитная и/или электрическая сепарация);

– выщелачивание (экстрагирование);

– растворение;

– кристаллизация и т.д.

Главным направлением в устранении или снижении вредного воздействия на окружающую среду токсичных отходов промышленности является их повторное использование в производ-

ственных циклах. Тем не менее, для нейтрализации таких отходов часто устраивают специальные сооружения.

Полигоны промышленных отходов устраивают двух видов: для обезвреживания одного вида отходов только захоронением или химическим способом, а также 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. На захоронения особо вредных отходов; огневого уничтожения горючих отходов.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Назовите основные методы и средства очистки газопылевых выбросов.
2. Методы очистки производственных сбросов.
3. Способы утилизации твердых бытовых отходов.
4. Методы утилизации токсичных промышленных отходов.

## 5 ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ: ШУМ, ВИБРАЦИЯ

Эксплуатация современного промышленного оборудования и средств транспорта сопровождается значительным уровнем шума и вибрации, негативно влияющих на состояние здоровья человека. С точки зрения безопасности, шум и вибрация – один из наиболее распространенных вредных факторов на производстве, которые могут выступить как опасные производственные факторы.

Шум – это совокупность постоянных и непостоянных звуков различных частот, громкости и спектра, неблагоприятно воздействующих на человека и мешающих восприятию полезных сигналов.

Звуковые волны возникают в том случае, когда в упругой среде имеется колеблющееся тело или когда частицы упругой среды приходят в движение под действием какой-либо возмущающей силы.

По физической природе шум представляет собой механические колебания материальных частиц твердого тела, жидкости, газа. В зависимости от механизма возбуждения эти колебания могут быть свободными (собственными), находящимися под действием силы инерции, упругости и внутреннего трения, и вынужденными, возникающими в результате внешних периодически возникающих сил. Различают три вида механических колебаний: инфразвуковые – с частотой колебания ниже 16 Гц, звуковые – с частотами от 16 до 20000 Гц и ультразвуковые – с частотами выше 20000 Гц. Органы слуха человека улавливают звуки, частота которых находится в пределах от 16 до 20000 Гц.

С физической точки зрения, разницы между шумом и звуком нет. Поэтому встречающиеся на практике шумы можно рассматривать как сумму простых гармонических тонов. Распространяясь в атмосфере, звуковые волны возбуждают колебания избыточного давления в точке наблюдения по сравнению с атмосферным. Эти колебания, действуя на барабанную перепонку уха, воспринимаются в виде слышимого звука.

Пространство, в котором распространяются звуковые волны, называется *звуковым полем*. В каждой точке звукового поля скорость движения частиц воздуха и давление меняются по времени. Разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в среде при отсутствии звуковых волн, называется *звуковым давлением P*. Единицей измерения звукового давления является Па (Н/м$^2$).

Распространение звуковой волны в пространстве сопровождается переносом энергии. Плотность потока звуковой энергии, т.е. поток энергии, приходящийся на единицу поверхности перпендикулярно к направлению потока, называется *интенсивностью (или силой) звука, J*. Единицей измерения интенсивности звука является Вт/м$^2$. Интенсивность звуковой волны убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от источника её возникновения.

Интенсивность звука на рабочем месте может быть определена по формуле:

$$J = \frac{W \cdot \Phi}{2\pi R^2 \cdot K}, \text{ где}$$

W – звуковая мощность источника, Вт;

Ф – коэффициент направленности, характеризующий неравномерность звукового поля вокруг шумоисточника;

R – расстояние от рабочего места до шумоисточника, м;

K – коэффициент, учитывающий затухание звуковой волны на пути распространения.

Со звуковым давлением, возникающим в среде при прохождении через неё звуковых волн, интенсивность звука связана следующей зависимостью:

$$J = \frac{P^2}{c\rho}, \text{ где}$$

P – среднеквадратичное значение звукового давления, Па;

$\rho$ – плотность среды, кг/м$^3$;

c – скорость прохождения звуковой волны, м/с.

При расчётах, для воздуха при нормальных атмосферных условиях можно принять c = 344 м/с; $\rho$ = 1,2 кг/м$^3$.

Наименьшая сила (интенсивность) звука, которую органы слуха в состоянии воспринимать, называется *порогом слышимости.*

Ухо человека может воспринимать и анализировать звуки в широком диапазоне частот и интенсивностей.

Область слышимых звуков ограничена двумя пороговыми кривыми:

– нижняя – порог слышимости;

– верхняя – порог болевого ощущения.

Слуховое восприятие принято оценивать не по абсолютному, а по относительному изменению звукового давления. В акустике принят нулевой уровень силы шума и нулевой уровень частоты (эталон). Эталонная частота колебаний составляет 1000 Гц.

Порог слуха молодого человека составляет 0 Дб на частоте 1000 Гц, на частоте 100 Гц порог слухового восприятия значительно выше, так как ухо менее чувствительно к звукам низких частот. Характеристики порога слышимости на частоте 1000 Гц составляют звуковое давление $P_o = 2 \cdot 10^{-5}$ Па и интенсивности звука $J_o = 10^{-12}$ Вт/м$^2$. Для звуков различных частот порог слышимости неодинаков. Органы слуха наиболее чувствительны к звуковым колебаниям в диапазоне частот от 500 до 5000 Гц.

Увеличение силы звука воспринимается органами слуха как рост громкости. Это происходит до определённого предела, при

котором наступает ощущение болезненного давления в ушах, т.е. наступает порог болевого ощущения. Порог болевого ощущения также зависит от частоты звуковых колебаний.

Болевым порогом принято считать звук с уровнем 140 Дб, что соответствует звуковому давлению 200 Па и интенсивности 100 Вт/м$^2$.

Как сложный звук, шум может быть разделён на простейшие составляющие его тона с указанием интенсивности и частоты. Графическое изображение состава шума называется *спектром.*

Частота звуковых колебаний определяет высоту звучания, и, тем самым, существенно влияет на слуховое восприятие.

Звуки разных частот при одинаковых уровнях звукового давления по-разному воздействуют на органы слуха человека. Наиболее неприятны для восприятия звуки высоких частот. Это обстоятельство учитывается при составлении норм, а также при проектировании различных шумопоглотителей, эффективность которых зависит от частоты.

Для гигиенической оценки шума принято измерять не абсолютные значения его интенсивности J или звукового давления P, а их уровни, т.е. логарифмы отношений этих величин к порогу слышимости $J_o$ ($P_o$) на частоте 1000 Гц.

Основными параметрами, характеризующими шум в какой-либо точке пространства, являются уровень звукового давления $L_P$ (дБ) и частота f (Гц). Звуковое давление, воспринимаемое ухом человека как звук, лежит в широких пределах: отношение его величины на болевом пороге к давлению на пороге слышимости составляет $10^6$ раз. Такими величинами неудобно пользоваться на практике. В этом заключается одна из причин, почему для измерения звукового давления применяют единицу децибел (дБ) – десятую часть бела.

Единица бел названа в честь американского ученого A.G. Bell. Величина, выраженная в децибелах, называется *уровнем звукового давления.*

Уровни интенсивности и звукового давления ($L_j$, $L_p$) измеряются в децибелах, дБ, и определяются по формулам:

$$L_j = 10\lg\frac{J}{J_o}, \quad L_p = 20\lg\frac{P}{P_o}, \text{ где:}$$

J – интенсивность звука, создаваемого источником, Вт/м$^2$;

$J_o$ – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости, Вт/м$^2$;

P – звуковое давление источника шума, Н/м$^2$;

$P_o$ – пороговая величина среднеквадратичного звукового давления, выбранная таким образом, чтобы при нормальных атмосферных условиях уровни звукового давления были равны уровням интенсивности.

Единицей частоты колебаний f является герц (Гц), т.е. одно полное колебание в секунду. Принято шум характеризовать зависимостью уровня звукового давления в децибелах от частоты. Такое представление называется частотным спектром или просто *спектром*.

Говоря о спектре, необходимо указывать ширину частотных полос, в которых производилось его определение. При оценке безопасности труда применяется октава. Октава – это такая полоса, верхняя $f_в$ и нижняя $f_н$, граничные частоты которой связаны отношением $f_в/f_н = 2$. Полоса пропускания характеризуется среднегеометрической частотой $f_{сг}$.

С учётом приведённого отношения среднегеометрическая частота октавы определяется в виде:

$$f_{сг} = \sqrt{f_в \cdot f_н} = \sqrt{2 \cdot f_н^2} \approx 1{,}41 \cdot f_н .$$

Где:

$f_н$ – нижняя граничная частота;

$f_в$ – верхняя граничная частота.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы. Или в отдельные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Шум с уровнем звукового давления до 30–35 Дб привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40–70 Дб в условиях среды обитания создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия, и при длительном действии может быть причиной неврозов.

Воздействие шума уровнем свыше 75 Дб может привести к потере слуха – профессиональной тугоухости. При действии шума

высоких уровней (более 140 Дб) возможен разрыв барабанных перепонок, контузия, а еще при более высоких (более 160 Дб) и смерть.

Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность: разговорная речь 50–60 ДбА, автосирена 100 ДбА, шум двигателя легкового автомобиля 80 ДбА , громкая музыка 70 ДбА, шум в обычной квартире 30–40 ДбА.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, оказывает сильное влияние на быстроту реакции, сбор информации и аналитические процессы. Из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

Шум оказывает влияние на весь организм человека: угнетает ЦНС, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни. Приводит к профессиональным заболеваниям. Уровни некоторых источников шума представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Уровни звука некоторых источников шума**

| Описание источника | Уровень звука, дБа |
|---|---|
| Порог слышимости | 0–10 |
| Шелест листвы | 10–20 |
| Шёпот на расстоянии 1 м | 30–40 |
| Фон в комнате днем (в городе) | 40–50 |
| Тихая речь (подсказка) | 50–60 |
| Громкая речь (скандал) | 60–70 |
| Улица с интенсивным движением | 70–80 |
| Цех машиностроительного завода | 90–100 |
| Оркестровая музыка (фортиссимо) | 100–110 |
| Работа пневматического инструмента | 110–120 |
| Порог болевого ощущения | 120–130 |

Исходя из вредности воздействия на человека, шумы согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 классифицируются следующим образом:

1) По числу октавных полос в спектре шумы разделяют на *широкополосные*, с непрерывным спектром более одной октавной полосы (такой спектр имеет шум подвижного состава при движении по бесстыковому пути или водопада). И *тональные*, когда в шуме слышатся дискретные тона (свист, вой сирены и т.п.). Сопоставление спектров показано на рисунке 12.

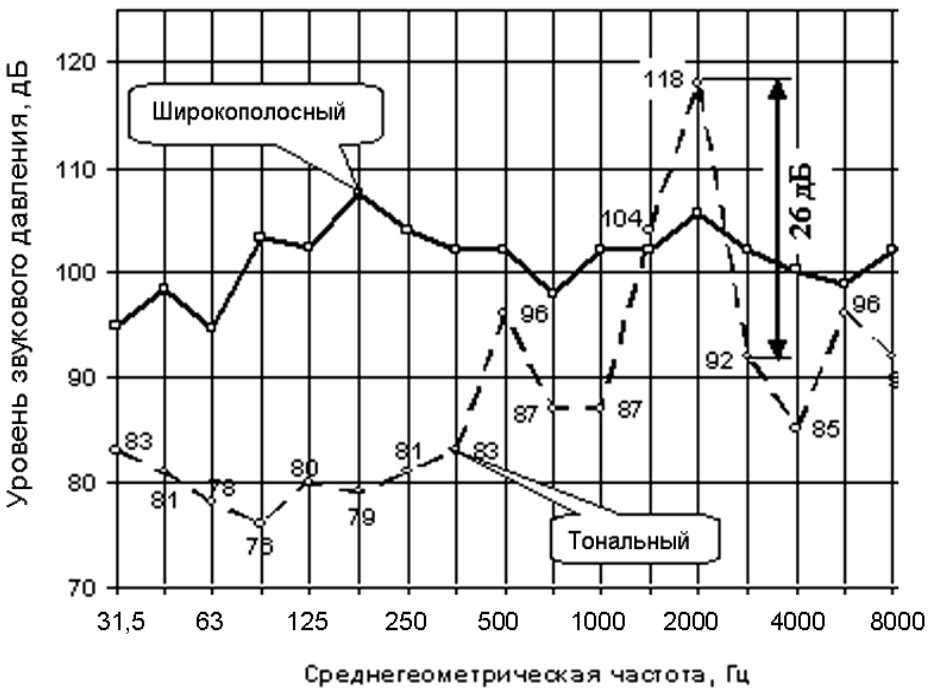



**Рис. 12 Спектральная характеристика шума**

2) По временным характеристикам шума выделяют *постоянный шум*. Уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА – при измерениях по шкале «А» на временной характеристике шумомера – «медленно». И *непостоянный шум*, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или во время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях по шкале «А» на временной характеристике шумомера – «медленно».

Непостоянные шумы подразделяются на *колеблющийся* во времени шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени; *прерывистый* шум, уровень звука которого ступенчато изменяется (на 5 дБА и более), импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

В отличие от колеблющегося прерывистый шум действует лишь часть рабочего времени, например, в ритме технологического процесса. Импульсный шум на слух воспринимается как отдельные

кратковременные звуки с резким нарастанием и спадом уровня звукового давления, например, работа отбойного молотка, удары.

3) По частотному составу шумы подразделяются на три класса: низкочастотные – с частотой ниже 350 Гц, среднечастотные – с частотой от 350 до 800 Гц, высокочастотные – с частотой выше 800 Гц.

4) По ширине спектра шумы подразделяют на *широкополосный шум* – спектр частот охватывает почти все частоты слухового диапазона, в котором не прослушиваются отдельные тональные составляющие. *Тональный шум* – шум, в котором прослушивается звук определённой частоты. *Импульсный шум* – шум, воспринимаемый как следующие друг за другом удары.

Широкополосный шум вызывает более неприятные субъективные ощущения, чем тональный и импульсный, что учитывается нормами.

5) По причинам возникновения производственные шумы делят на:

– механические, возникающие при трении, износе отдельных частей механизма;

– ударные, возникающие при ударных операциях – штамповке, клёпке;

– аэродинамические (при выхлопе газов, при движении воздуха по воздуховодам);

– гидравлические (при движении или истечении жидкости из резервуаров, труб);

– смешанные (одновременно действие двух или более перечисленных источников шума).

6) Шумы, воздействующие на человека на протяжении четырех и более часов, называются *продолжительными,* менее полутора часов за рабочую смену – *кратковременными*.

Рабочие места и соответствующие им предельные спектры установлены ГОСТ 12.1.003–83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности и Изменением № 1». Сопоставив измеренный октавный спектр постоянного шума с предельным, определяют соответствие условий труда требованиям безопасности. И, в случае превышения нормы, необходимую эффективность мероприятий по снижению шума.

Гигиеническим нормируемым параметром постоянного шума на рабочих местах является уровень звукового давления в дБ в

октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Допускается в качестве нормируемого параметра постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА, измеренный на временной характеристике «медленно» шумомера.

Гигиеническим нормируемым параметром непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах с учётом напряжённости и тяжести трудовой деятельности представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Предельно допустимые уровни шума и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряжённости, дБА**

| Категория напряжённости трудового процесса | Категория тяжести трудового процесса | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | лёгкая физическая нагрузка | средняя физическая нагрузка | тяжёлый труд 1 степени | тяжёлый труд 2 степени | тяжёлый труд 3 степени |
| Напряжённость лёгкой степени | 80 | 80 | 75 | 75 | 75 |
| Напряжённость средней Степени | 70 | 70 | 65 | 65 | 65 |
| Напряжённый труд 1 степени | 60 | 60 | | | |
| Напряжённый труд 2 степени | 50 | 50 | | | |

Количественную оценку тяжести и напряжённости трудового процесса следует проводить в соответствии с Руководством 2.2.013–94 «Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести, напряжённости трудового процесса».

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест, разработанные с учётом критериев тяжести и напряжённости труда, представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных видов трудовой деятельности и рабочих мест**

| Вид трудовой деятельности, рабочие места | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность: рабочие места в помещениях – дирекции, проектно-конструкторских бюро; расчётчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приёма больных в здравпунктах | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| 2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории: рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях | 93 | 79 | 70 | 63 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 |
| 3. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами:<br>– рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону;<br>– в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин | 103 | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 75 |
| 4. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 1–3 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

Нормируемые параметры и допустимые уровни шума в помещениях жилых, общественных зданий приведены в таблице 4.

Таблица 4

**Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука, проникающего в помещения жилых и общественных зданий**

| Назначение помещений или территорий | Время суток | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | Уровни звука, $L_A$, и эквивалентные уровням звука, $L_{Aэкв}$, дБа | Максимальные уровни звука, $L_{Amax}$, дБа |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | | |
| 1. Учебные кабинеты, аудитории конференц-залы | | 79 | 63 | 52 | 45 | 39 | 35 | 32 | 30 | 28 | 40 | 55 |
| 2. Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах интернатах | с 7 до 23 ч. | 79 | 63 | 52 | 45 | 39 | 35 | 32 | 30 | 28 | 40 | 55 |
| | с 23 до 7 ч | 72 | 55 | 44 | 35 | 29 | 25 | 22 | 20 | 18 | 30 | 45 |
| 3. Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий | с 7 до 23 ч. | 83 | 67 | 57 | 49 | 44 | 40 | 37 | 35 | 33 | 45 | 60 |
| | с 23 до 7 ч. | 76 | 59 | 48 | 40 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 35 | 50 |
| 4. Залы кафе, ресторанов; столовых | | 90 | 75 | 66 | 59 | 54 | 50 | 47 | 45 | 44 | 55 | 70 |
| 5. Приёмные пункты предприятий бытового обслуживания | | 93 | 79 | 70 | 63 | 59 | 55 | 53 | 51 | 49 | 60 | 75 |

Оценка непостоянного шума на соответствие допустимым уровням должна проводиться одновременно по эквивалентному и максимальному уровням звука. Превышение одного из показателей должно рассматриваться как несоответствие санитарным нормам.

При проведении расчёта ожидаемых уровней звукового давления в производственных помещениях наиболее часто расчётная точка находится в том же помещении, где установлен источник шума или в соседнем помещении.

Ожидаемый уровень звукового давления L, дБ, на рабочем месте в помещении, если в нём находится один источник шума, определяется по формуле:

– в зоне прямого звука:

$$L = L_0 + 10\lg\frac{\chi\Phi}{S};$$

– в зоне прямого и отражённого звука:

$$L = L_0 + 10\cdot\lg\left(\frac{\chi\cdot\Phi}{S} + \frac{4\cdot\psi}{B}\right);$$

– в зоне отражённого звука:

$$L = L_0 - 10\cdot\lg B + 10\cdot\lg\psi + 6, \text{ где:}$$

$L_0$ – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

S – площадь полусферы, окружающей источник и проходящей через расчётную точку, м$^2$;

$\chi$ – эмпирический поправочный коэффициент;

Ф – фактор направленности источника шума, Ф=1 – для источников с равномерным по направлениям в пространстве излучением звука;

В – постоянная помещения, м$^2$.

$$B = B_{1000}\cdot\mu, \text{ где:}$$

$B_{1000}$ – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, м$^2$;

$\mu$ – частотный множитель;

$\psi$ – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности поля в помещении.

Площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящий через расчетную точку, следует принимать при расположении источника шума:

а) в пространстве:

$$S = 4\pi r^2;$$

б) на поверхности:

$$S = 2\pi r^2;$$

в) в двухгранном углу:

$$S = \pi r^2;$$

г) в трёхгранном углу:

$$S = \pi r^2 / 2, \text{ где:}$$

r – расстояние от источника шума до расчётной точки на рабочем месте, где проводится анализ уровня шума, м.

Коэффициент $\chi$ принимается равным:

$\chi$=1 при r/d $\geq$ 2;

$\chi$ =2 при r/d = 1;

$\chi$=3,5 при r/d $\leq$ 0,5, где:

d – максимальный габаритный размер источника шума, м.

Постоянная помещения $B_{1000}$ определяется по формулам:

а) для помещений с большим количеством оборудования и небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цеха, машинные залы и т.п.):

$$B_{1000} = 0{,}05V, \text{ где:}$$

V – объём помещения, м$^3$;

б) для производственных помещений с большим количеством людей (сборочные, деревообрабатывающие, ткацкие цеха и т.п.), для лаборатории, проектных кабинетов, учебных аудиторий.

$$B_{1000} = 0{,}1V;$$

в) для административных помещений, жилых помещений с мягкой мебелью:

$$B_{1000} = 0{,}17V;$$

г) для помещений со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен:

$$B_{1000} = 0{,}67V.$$

Частотный множитель μ определяется по таблице 5.

Таблица 5

**Частотный множитель μ**

| Объём помещения, м³ | Значение μ при среднегеометрической частоте, Гц | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 25 | 50 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| V < 200 | 0,80 | 0,75 | 0,70 | 0,80 | 1 | 1,4 | 1,8 | 2,5 |
| V = 200 ÷ 500 | 0,65 | 0,62 | 0,64 | 0,75 | 1 | 1,5 | 2,4 | 4,2 |
| V > 500 | 0,50 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 1 | 1,6 | 3,0 | 6,0 |

Коэффициент ψ является функцией отношения постоянной помещения В к площади ограждающих конструкций (стены или перегородки, потолок) $S_{огр}$, м$^2$ (таблица 6).

Таблица 6

**Коэффициент ψ**

| $B/S_{огр}$ | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 2,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ψ | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,35 |

Если в производственном помещении имеется несколько одинаковых источников шума, равноудаленных от расчётной точки, то ожидаемый октавный уровень звукового давления $L_{\Sigma}$, дБ, от всех источников шума в расчётной точке на рабочем месте определяется по формуле:

$$L_{\Sigma} = L_o + 10\lg n, \text{ где:}$$

$L_o$ – октавный уровень звука одного источника шума, дБ;
n – общее количество источников шума.

Если в помещении установлено несколько разных по уровню шума источников, то уровень шума в расчётной точке на рабочем месте $L_{\Sigma}$, дБ, рассчитывается по формулам:

а) приближённо:

$$L_{\Sigma} = 10\lg\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1L_{oi}};$$

б) точно:

$$L_{\Sigma} = 10\lg\left(\sum_{i=1}^{m}\frac{10^{0,1L_{oi}}\cdot\chi}{S_i} + \frac{4}{B}\sum_{j=1}^{n}10^{0,1L_{oj}}\right), \text{ где:}$$

$L_{oi}$ – октавный уровень шума, излучаемый i-м источником шума, дБ; в первом случае (а) учитываются все источники шума в помещении, а во втором случае (б) i-е источники – это те, которые расположены на расстоянии от расчётной точки $r \le r_{min}$, где $r_{min}$ – расстояние от ближайшего источника шума до расчётной точки, м;

$L_{oj}$ – октавный уровень любого, в т.ч. и i-го источника шума в помещении, дБ;

m – количество источников шума, находящихся в зоне помещения;

n – общее количество источников шума в помещении.

Расчёты $L_{\Sigma}$ можно заменить последовательным нахождением добавки к наибольшему уровню звукового давления. Для этого предварительно значения уровней располагают в порядке убывания.

По разности уровней $L_1$-$L_2$ ($L_1$>$L_2$) первых двух источников находят поправку ΔL, которую арифметически складывают с наибольшим из уровней – $L_i$. Эту поправку можно определить по таблице 7 или графически (рис. 13). Далее, за наибольший уровень звукового давления принимают полученную сумму, и описанные действия повторяют для всех n источников. При этом, если $L_1$-$L_2$ > 10 дБ, то добавкой от уровня $L_2$ можно пренебречь в силу её малости. Если же $L_1$ = $L_2$, то для расчёта применить выражение $L_{\Sigma} = L_o + 10\lg n$. Аналогичным образом обрабатываются уровни звука в дБА.

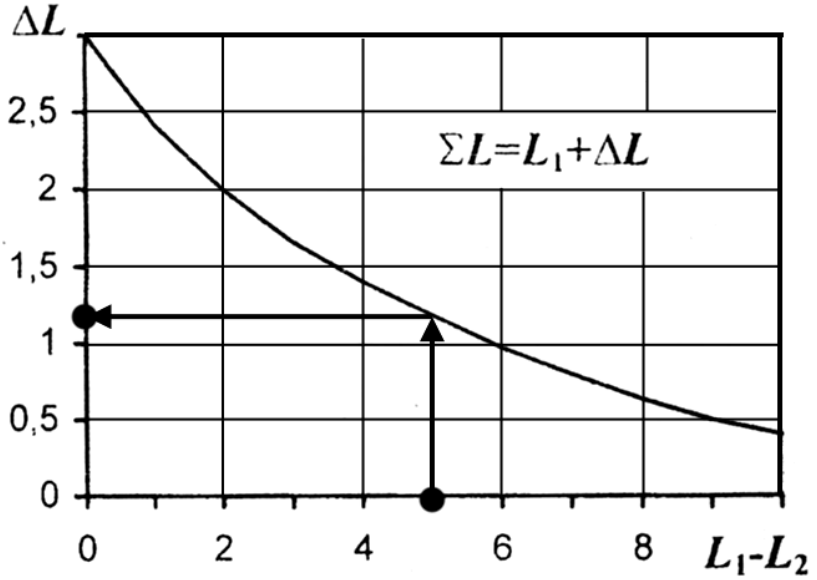



**Рис. 13 Определение добавки при суммировании уровней**

Таблица 7

**Нахождение поправки ΔL**

| Разность двух уровней, дБ, дБА | Добавка к большему УЗД | Разность двух уровней, дБ, дБА | Добавка к большему УЗД |
|---|---|---|---|
| 0 | 3,0 | 6 | 1,0 |
| 1 | 2,5 | 7 | 0,8 |
| 2 | 2,0 | 8 | 0,6 |
| 3 | 1,8 | 10 | 0,4 |
| 4 | 1,5 | 15 | 0,2 |
| 5 | 1,2 | 20 | 0 |

Измерения шума должны проводиться на установленных рабочих местах или в точке рабочей зоны наиболее частого пребывания человека (для непостоянного рабочего места). Микрофон шумомера располагают на высоте 1,5 м над уровнем пола/рабочей площадки при выполнении работы стоя или на высоте уха, если работа выполняется сидя. Мембрана микрофона направляется в сторону источника с наибольшим уровнем звукового давления и располагается на расстоянии более 0,5 м от оператора, проводящего измерения.

Результаты измерения шума на рабочем месте должны быть характерны для шумового воздействия за рабочую смену (рабочий день). В связи с этим устанавливается необходимая продолжительность измерений.

Так, для оценки постоянного шума достаточно периода получения одного октавного спектра и отсчёта уровня звука, дБА.

Колеблющийся во времени шум должен измеряться половину рабочей смены (рабочего дня) или полный технологический цикл. Допускается общая продолжительность его измерения 30 мин., состоящая из трёх циклов каждый по 10 минут. На протяжении любого из перечисленных периодов времени через минимально возможные и постоянные интервалы (например, $\Delta t = 3$ с) регистрируют уровни звука в дБА.

Для импульсного шума период измерений установлен 30 мин., а для прерывистого – полный цикл характерного изменения уровня звукового давления. Например, для компрессора пневмопочты, работающего периодически, циклом следует считать период от начала рабочего процесса, включая простой, до следующего пуска компрессора.

Проведение измерений должно осуществляться при работе не менее 2/3 установленного в исследуемом помещении единиц технологического оборудования в характерном режиме работы. При этом

должно работать и вспомогательное оборудование, являющееся источником шума (установки вентиляции и кондиционирования воздуха, душирующие устройства, воздушные завесы и пр.).

Среднее значение уровня звукового давления $L_{ср}$, дБ, на каждой среднегеометрической частоте октавной полосы рассчитывается по формуле:

$$L_{ср} = \frac{1}{n}(L_1 + L_2 + ... + L_n), \text{ где:}$$

n – количество измерений в течение расчётного периода.

Показания шумомера снимают в отсчётное время как наибольшее показание по формуле:

$$L_{экв} = 10\lg\frac{1}{T}(t_1 10^{0,1L_1} + t_2 10^{0,1L_2} + ... + t_n 10^{0,1L_n}),$$

где:

T – расчётный период измерения шума, мин, с;

$t_1$, $t_2$, …$t_n$ – периоды времени, в течение которых уровни шума составляют соответственно $L_1$, $L_2$, ... $L_n$, мин, с;

n – количество периодов времени в течение которых шум имел уровни $L_1$, $L_2$, ... $L_n$.

Расчёт и проектирование средств защиты по снижению и распространению шума в помещениях.

Требуемое снижение уровня звукового давления $\Delta L_{ТР}$ в расчётных точках помещения определяется как разность между фактическим (измеренным или полученным в результате акустического расчета) уровнем и допустимыми, нормативными для рассматриваемой полосы частотами:

$$\Delta L_{тр} = L_ф - L_н.$$

Пространство, в котором звуковые волны свободно распространяются, не встречая отражающих поверхностей, называется *свободным акустическим полем*.

При встрече звуковой волны с преградой энергия шума частично поглощается, частично отражается и частично проникает через неё.

Акустические свойства преград характеризуются коэффициентами поглощения ($\alpha$), отражения ($\gamma$) и звукоизоляции ($\beta$), ко-

торые определяются, соответственно, как отношение поглощаемой, отражаемой или проникающей через преграду силы звука к полной силе звука, падающей на преграду.

В зависимости от соотношения коэффициентов $\alpha$ и $\beta$ преграда может быть звукопоглощающей или звукоизолирующей.

Звуковое поле, создаваемое источником шума в закрытом помещении, состоит из поля прямого звука, излучаемого источником шума, и поля отражённого звука, создаваемого в результате многократных отражений звуковой энергии от ограждающих поверхностей.

В закрытых помещениях интенсивность звука в результате сложения всех отражении может увеличиться в $\frac{1-\alpha}{\alpha}$ раз.

Исходя из особенностей формирования звукового поля, для улучшения акустических условий труда широко используются меры по ослаблению шума на пути его распространения. Путем:

– звукоизоляции источника шума или рабочего места, устройства звукопоглощающей облицовки потолка и стен помещения, установки экранов и звуконепроницаемых перегородок.

Наиболее простым и дешёвым способом снижения шума в производственных помещениях является применение звукоизолирующих кожухов, полностью закрывающих наиболее шумные агрегаты. Кожухи могут быть выполнены из стали и других материалов. Корпус технологического оборудования со съёмными ограждениями, выполненными из сплошного листового материала, которые закрывают доступ к установленным внутри оборудования агрегатам (источникам шума), может также рассматриваться как кожух. Внутри кожух рекомендуется облицовывать звукопоглощающим материалом толщиной 30–50 мм.

Требуемая эффективность звукоизолирующего кожуха $\Delta L_{\text{кож}}$, дБ, определяется по формуле:

$$\Delta L_{\text{кож}} = L - L_{\text{доп}} + 5, \text{ где:}$$

L – октавный уровень звукового давления в расчётной точке, дБ;

$L_{\text{доп}}$ – допустимый по нормам уровень звукового давления в расчётной точке (на рабочем месте), дБ.

Звукоизолирующая способность кожуха $\Delta L_{кож}$ зависит от звукоизолирующей способности его стенок, размеров кожуха и источника шума, наличия звукопоглощающей облицовки под кожухом. От способа установки кожуха.

Приближённо $\Delta L_{кож}$ определяется по формуле:

$$\Delta L_{кож} = R_к - 10\lg\frac{S_к}{S_{ист}}, \text{ где:}$$

$\Delta L_{кож}$ – акустическая эффективность кожуха, дБ;

$R_к$ – звукоизолирующая способность стенки, дБ;

$S_{ист}$ – площадь воображаемой поверхности, вплотную окружающей источник шума, м$^2$;

$S_к$ – площадь поверхности кожуха, м$^2$.

Звукоизолирующая способность стенки кожуха можно определить по так называемому «закону массы»:

$$R_к = 20\lg(m \cdot f) - 47{,}5, \text{ где:}$$

m – масса 1 м$^2$ стенки кожуха, кг;

$f$ – частота звука, Гц.

При облицовке внутренней поверхности кожуха звукопоглощающим материалом (поролон, пенопласт, войлок, резина и др.) звукоизолирующая способность стенки кожуха такой конструкции определяется:

$$R_к = 20\lg(m \cdot f) - 10\lg\alpha - 47{,}5, \text{ где:}$$

$\alpha$ – коэффициент звукопоглощения материала, находящегося на внутренней стороне кожуха (табл. 8).

Таблица 8

**Коэффициент звукопоглощения некоторых материалов**

| **Материал** | **Значение коэффициента $\alpha$ в октавных полосах при частотах f, Гц** | | |
|---|---|---|---|
| | **125** | **500** | **2000** |
| Резина, линолеум толщиной 5 мм | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| Войлок толщиной 25 мм | 0,15 | 0,54 | 0,57 |
| Минеральная вата толщиной 50 мм | 0,4 | 0,58 | 0,73 |

Для снижения шума на рабочих местах в производственных помещениях источники шума отгораживают экранами, выполненными из металлических листов (щитов), облицованных звукопоглощающим материалом со стороны источника шума. Линейные размеры экрана должны быть не менее чем в три раза больше линейных размеров источника шума. Величина снижения экраном октавного уровня звукового давления $L_{экр}$, дБ зависит от таких факторов, как:

– расстояние от источника шума до экрана,

– расстояние от экрана до расчётной точки,

– соотношение линейных размеров экрана и источника шума,

– вид звукопоглощающего материала облицовки экрана и его толщина и др.

В зависимости от частоты звука $L_{экр}$ находится в пределах от (2–4) дБ при f = 63 Гц до (20–25) дБ при f = 8000 Гц, увеличиваясь неравномерно по октавам. Наибольший эффект от экрана достигается в случае, когда потолок и стены помещения облицованы звукопоглощающими материалами.

Вибрация – это малые механические колебания, возникающие в упругих телах.

Воздействие вибрации на человека классифицируют:

– по способу передачи колебаний;

– по направлению действия вибрации;

– по временной характеристике вибрации.

В зависимости от способа передачи колебаний вибрацию подразделяют на:

– общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;

– локальную, передающуюся через руки человека.

По направлению действия вибрацию подразделяют на:

– вертикальную, распространяющуюся по оси «X» перпендикулярно к опорной поверхности;

– горизонтальную, распространяющуюся по оси «Y», от спины к груди;

– горизонтальную, распространяющуюся по оси «Z», от правого плеча к левому плечу.

По временной характеристике различают:

– постоянную вибрацию, для которой контролируемый параметр за время наблюдения изменяется не более чем в 2 раза;

– непостоянную вибрацию, изменяющуюся по контролируемым параметрам более чем в 2 раза.

Действие вибрации на человека зависит от:

– частоты и амплитуды колебаний;

– продолжительности воздействия;

– места приложения и направления оси вибрационного воздействия;

– явлений резонанса.

Резонанс человеческого тела, отдельных его органов наступает под действием внешних сил при совпадении собственных частот колебаний внутренних органов с частотами внешних сил.

Особое значение резонанс приобретает по отношению к органам зрения. Расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне между 60–90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок. Для органов расположенных в грудной клетке и брюшной полости, резонансными являются частоты 3– 3,5 Гц. Для всего тела в положении сидя резонанс поступает на частотах 4–6 Гц.

При воздействии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный.

Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации регистрируется у водителей транспорта, на заводах железобетонных изделий. В целом картина воздействия общей низко- и среднечастотной вибрации выражается общими вегетативными расстройствами с периферическими нарушениями, преимущественно в конечностях. Снижением сосудистого тонуса и чувствительности.

Бич современного производства – локальная вибрация. Локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов.

Основные методы защиты от вибрации делятся на две большие группы:

– снижение вибрации в источниках возникновения;

– уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника.

Для того чтобы снизить вибрацию в источнике ее возникновения, необходимо уменьшить действующие в системе переменные силы. Это достигается заменой технологических процессов (например, ковку и штамповку рекомендуется заменять прессованием).

Отстройка от резонансных частот достигается тщательной балансировкой вращающих механизмов.

Следующий метод защиты от вибрации называется *вибродемпфированием,* под которым понимают увеличение в конструкциях сил трения, это достигается нанесением вибропоглощающих покрытий (резина, пластмасса, различные мастики).

Виброгашение – достигается установкой вибрирующих машин на прочные массивные фундаменты.

Виброизоляция – достигается использованием пружинных опор или упругих прокладок из резины, пробки, размещением их между защищаемым объектом и источником вибрации.

К средствам индивидуальной защиты от вибрации относятся специальные рукавицы, перчатки и прокладки. Для защиты ног используют виброзащитную обувь, снабженную прокладками из упругодемпфирующих материалов (резина, войлок).

***Вопросы для самопроверки:***

1. Понятие шума, ультразвука, инфразвука.
2. Классификация шума, исходя из вредности воздействия на человека.
3. Основные физические характеристики шума.
4. Действие различных уровней звукового давления на организм человека.
5. Принципы нормирования шума.
6. Методы защиты от шумового воздействия.
7. Понятие вибрации, классификация воздействия вибрации на человека.
8. Методы защиты от вибрации.

# 6 ИОНИЗИРУЮЩИЕ И НЕИОНИЗИРУЮЩИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

## 6.1 Электромагнитные поля и излучения

Спектр электромагнитных колебаний по частоте достигает 1021 Гц, его подразделяют на область неионизирующих и ионизирующих излучений.

К неионизирующим относят: радиоволны, инфракрасное, ультрафиолетовое излучение. В гигиенической практике к неионизирующим излучениям относят также электрические и магнитные поля.

*Электромагнитное поле* (ЭМП) – особая форма материи. Посредством электромагнитного поля осуществляется взаимодействие между заряженными частицами. Оно характеризуется напряженностью электрического и магнитного поля.

*Электрическое поле* (ЭП) – форма проявления электромагнитного поля. Оно создается электрическими зарядами или переменным магнитным полем и характеризуется напряженностью.

*Магнитное поле* (МП) – одна из форм электромагнитного поля, проявляет себя в виде силового воздействия на движущиеся заряженные частицы (на точки).

Нормирование электромагнитных полей осуществляется по предельно допустимым уровням напряженности электрического (Е, В/м) и магнитного полей (Н, А/м) частотой 50 Гц. В зависимости от времени пребывания в нем. И регламентируется санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты СанПиН 5802-91 и ГОСТ 12.1.002-84.

Пребывание в зоне электрического поля напряженностью до 5 кВ/м допустимо в течение рабочего дня. Если напряженность электрического поля достигает значений 5–20 кВ/м, то время пребывания Т(ч) в нем должно быть ограничено. Оно может быть определено по выражению:

$$T = \frac{50}{E} - 2$$, где:

E – напряженность ЭП, действующего на работающего, кВ/м.

Влияние электрических полей переменного тока в условиях населенных пунктов регулируется санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты СанПиН 2971-84.

В качестве предельно допустимых приняты следующие уровни напряженности электрического поля:

– внутри жилых зданий – 0,5кВ/м;

– на территории жилой застройки – 1кВ/м;

– на территории в пределах городской черты;

– в пригородных земных зонах, садах – до 5кВ/м;

Нормирование уровней напряженности электростатического поля осуществляют в соответствии с ГОСТ 12.1.0.045-84. Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля равен 60 кВ/м в течение 1часа. При напряженности менее 20 кВ/м время пребывания в зоне действия поля не ограничивается.

Если напряженность поля находится в пределах 20–60 кВ/м, предельную продолжительность $t_{допуст.}$ пребывания в нем вычисляют по формуле:

$$T_{доп} = \frac{E_{пред}}{E_{фак}}$$, где:

$E_{пред}$ – предельное значение напряженности кВ/м;

$E_{фак}$ – фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м;

Исследование биологических эффектов показало, что наиболее чувствительны к электростатическому полю ЦНС, сердечно-сосудистая система, анализаторы. Люди, работающие в зоне воздействия ЭСП, жалуются на раздражительность, головную боль, нарушение сна.

О воздействии магнитного поля на организм известно очень немного. Считается, что относительно сильные магнитные поля

заметного действия на организм не оказывают, поэтому ЯМР – томография (ЯМР – ядерный магнитный резонанс) считается совершенно безвредным.

Высокочастотные электромагнитные поля весьма опасны, так как вызывают локальный перегрев внутренних органов. Например, СВЧ – излучение с длиной волны порядка 3–10 см вредно действует на глаза.

Уменьшение интенсивности ЭМП на рабочих местах достигается несколькими способами. Прежде всего, при проектировании цеха предусматривается увеличение расстояния между источником излучения и работающими, устанавливают отражающие и поглощающие экраны между источником и рабочим местом. Применяют сплошные и сетчатые экраны из стали, меди и алюминия. Используются также электропроводные тонкие материалы толщиной 0,01–0,05 мм, а также токопроводящие краски, металлизированные поверхности.

В качестве индивидуальных средств защиты применяют экранирующие костюмы, изготовленные из металлизированной защитной ткани. Радиозащитные очки типа ОРЗ-5 ослабляют действие электромагнитного поля в диапазоне длины волн от 1,8 до 150 см. Оправа таких очков изготовлена из губчатого материала и покрыта защитным слоем. Стекла очков покрыты пленкой диоксида олова ($SnO_2$).

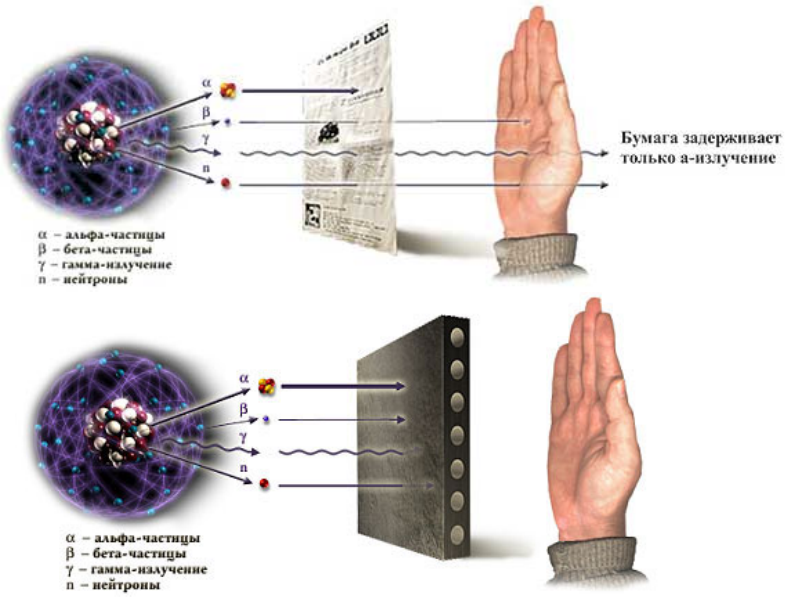
## 6.2 Ионизирующие излучения

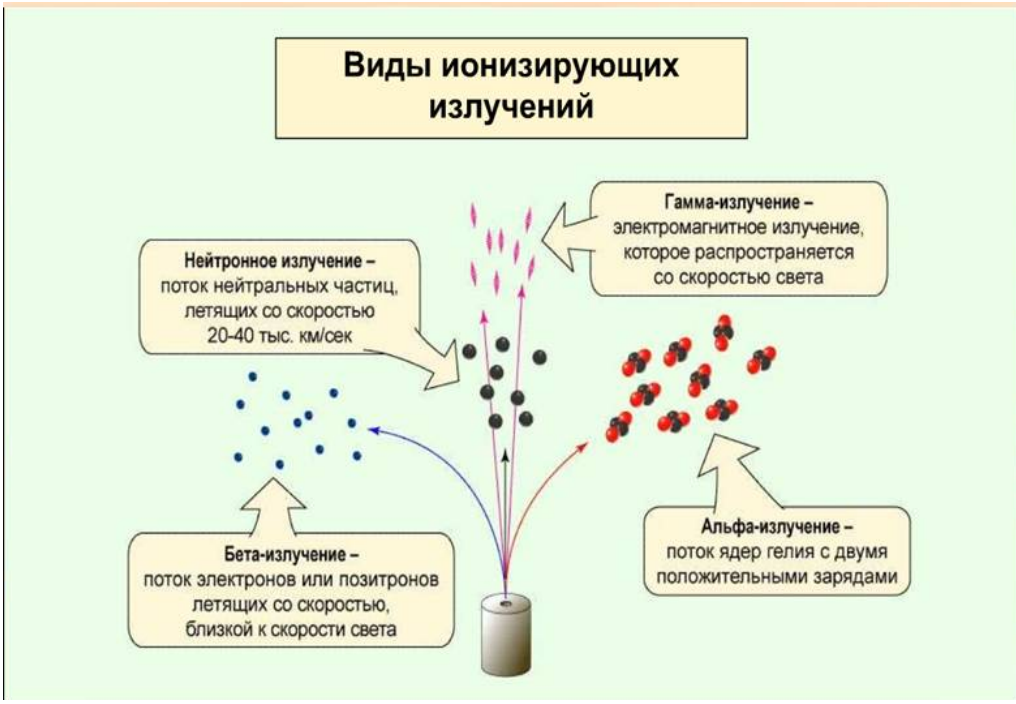
Ионизирующими называют излучения, взаимодействие которых со средой приводит к образованию электрических зарядов различных знаков. Источники этих излучений широко используются в технике, химии, медицине, сельском хозяйстве и других областях. Например, при измерении плотности почв, обнаружении течей в газопроводах, измерении толщины листов, труб и стержней, антистатической обработке тканей, полимеризации пластмасс. А также радиационной терапии злокачественных опухолей и др. Однако, следует помнить, что источники ионизирующих излучений представляют существенную угрозу здоровью и жизни использующих их людей.

Существуют два вида ионизирующих излучений:

– корпускулярное, состоящее из частиц с массой покоя, отличной от нуля (альфа- и бета-излучение и нейтронное излучение);

– электромагнитное (гамма (γ)-излучение и рентгеновское) с очень малой длиной волны.




Альфа (α)-излучение представляет собой поток ядер гелия, обладающих большой скоростью.

Под длиной пробега частицы в воздухе или других средах принято называть наибольшее расстояние от источника излучения,

при котором ещё можно обнаружить частицу до ее поглощения веществом. Длина пробега частицы зависит от заряда, массы, начальной энергии и среды, в которой происходит движение. С возрастанием начальной энергии частицы и уменьшением плотности среды длина пробега увеличивается. Если начальная энергия излучаемых частиц одинакова, то тяжелые частицы обладают меньшими скоростями, чем легкие. Если частицы движутся медленно, то их взаимодействие с атомами вещества среды более эффективно и частицы быстрее растрачивают имеющийся у них запас энергии.

Длина пробега альфа-частиц в воздухе обычно менее, чем 10 см. Так, например, альфа-частицы с энергией 4 МэВ обладают длиной пробега в воздухе примерно в 2,5 см. В воде или в мягких тканях человеческого тела, плотность которых более чем в 700 раз превышает плотность воздуха, длина пробега альфа-частиц составляет несколько десятков микрометров. За счет своей большой массы при взаимодействии с веществом альфа-частицы быстро теряют свою энергию. Это объясняет их низкую проникающую способность и высокую удельную ионизацию: при движении в воздушной среде альфа-частица на 1 см своего пути образует несколько десятков тысяч пар заряженных частиц-ионов.

Бета-излучение представляет собой поток электронов (β-излучение, или, чаще всего, просто β-излучение) или позитронов (β+-излучение), возникших при радиоактивном распаде. В настоящее время известно около 900 бета- радиоактивных изотопов.

Масса бета-частиц в несколько десятков тысяч раз меньше массы альфа-частиц. В зависимости от природы источника бета- излучений, скорость этих частиц может лежать в пределах 0,3– 0,99 скорости света. Энергия бета-частиц не превышает нескольких МэВ, длина пробега в воздухе составляет приблизительно 1800 см. а в мягких тканях человеческого тела ~ 2,5 см. Проникающая способность бета-частиц выше, чем альфа-частиц (из-за меньшей массы и заряда).

Например, для полного поглощения потока бета-частиц, обладающих максимальной энергией 2 МэВ, требуется защитный слой алюминия толщиной 3,5 мм. Ионизирующая способность бета-излучения ниже, чем альфа-излучения: на 1 см пробега бета-частиц в среде образуется несколько десятков пар заряженных ионов.

Нейтронное излучение представляет собой поток ядерных частиц, не имеющих электрического заряда. Масса нейтрона приблизительно в 4 раза меньше массы альфа-частиц. В зависимости от энергии различают медленные нейтроны (с энергией менее 1 КэВ), нейтроны промежуточных энергий (от 1 до 500 КэВ) и быстрые нейтроны (от 500 КэВ до 20 МэВ). Среди медленных нейтронов различают тепловые нейтроны с энергией менее 0,2 эВ. Тепловые нейтроны находятся по существу в состоянии термодинамического равновесия с тепловым движением атомов среды. Наиболее вероятная скорость движения таких нейтронов при комнатной температуре составляет 2200 м/с. При неупругом взаимодействии нейтронов с ядрами атомов среды возникает вторичное излучение, состоящее из заряженных частиц и гамма- квантов (гамма-излучение) При упругих взаимодействиях нейтронов с ядрами может наблюдаться обычная ионизация вещества. Проникающая способность нейтронов зависит от их энергии, но она существенно выше, чем у альфа - или бета-частиц. Так, длина пробега нейтронов промежуточных энергий составляет около 15 м в воздушной среде и 3 см в биологической ткани, аналогичные показатели для быстрых нейтронов – соответственно 120 м и 10 см.

Таким образом, нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью и представляет для человека наибольшую опасность из всех видов корпускулярного излучения. Мощность нейтронного потока измеряется плотностью потока нейтронов (нейтр /см$^2$ с).

Гамма-излучение (γ-излучение) представляет собой электромагнитное излучение с высокой энергией и с малой длиной волны. Оно испускается при ядерных превращениях или взаимодействии частиц. Высокая энергия (0,01–3МэВ) и малая длина волны обусловливает большую проникающую способность гамма-излучения. Гамма-лучи не отклоняются в электрических и магнитных полях. Это излучение обладает меньшей ионизирующей способностью, чем альфа - и бета-излучение

Рентгеновское излучение может быть получено в специальных рентгеновских трубах, в ускорителях электронов, в среде, окружающей источник бета-излучения, и др. Рентгеновские лучи представляют собой один из видов электромагнитного излучения. Энергия его обычно не превышает 1 МэВ.

Рентгеновское излучение, как и гамма-излучение, обладает малой ионизирующей способностью и большой глубиной проникновения.

Рассмотрим основные показатели и единицы измерения, применяемые для характеристики ионизирующих излучений. Как уже сказано выше, при распаде ядер атомов его продукты вылетают с большой скоростью. Встречая на своем пути ту или иную преграду, они производят в ее веществе различные изменения. Воздействие излучения на вещество будет тем больше, чем больше распадов происходит в единицу времени.

Для характеристики числа распадов вводится понятие активности (A) радиоактивного вещества, под которым понимают число самопроизвольных ядерных превращений dN в этом веществе за малый промежуток времени dt, деленное на этот промежуток времени:

$$A = \frac{dN}{dt}$$

Единицей измерения активности является Кюри (Ки), соответствующая $3{,}7–10^{10}$ ядерных превращений в секунду.

Для характеристики воздействия ионизирующего излучения на вещество введено понятие дозы излучения.

Дозой излучения называется часть энергии, переданная излучением веществу и поглощенная им. Количественной характеристикой взаимодействия, ионизирующею излучения и вещества является поглощенная доза излучении (D), равная отношению средней энергии dE, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе облученного вещества в этом объеме dm:

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Поглощенная доза является основной дозиметрической: величиной. В системе СИ в качестве единицы поглощенной дозы принят грей (Гр). 1 Гр соответствует поглощению в среднем 1 Дж энергии ионизирующего излучения в массе вещества, равной 1 кг, т. е. 1 Гр = 1 Дж/кг.

Для оценки возможного ущерба здоровья при хроническом воздействии ионизирующего излучения произвольного состава введено понятие *эквивалентной дозы* (Н). Эта величина определяется как произведение поглощенной дозы Д на средний коэффициент качества излучения Q (безразмерный) и данной точке ткани человеческого тела, т. е.

$$H = D \cdot Q$$

Единицей эквивалентной дозы в системе СИ является зиверт (Зв). В таблице 9 представлены сведения о величинах коэффициента Q.

Таблица 9

**Значение Q для различных видов излучения**

| Вид излучения | Q |
|---|---|
| Рентгеновское излучение | 1 |
| Альфа-излучение, с энергией меньше 10МЭВ | 20 |
| Бета-излучение | 1 |
| Нейтроны с энергией 0,1-10 МЭВ | 10 |

Биологическое действие рассмотренных излучений на организм человека различно.

Альфа-частицы, проходя через вещество и сталкиваясь с атомами, ионизируют (заряжают) их, выбивая электроны. В редких случаях эти частицы поглощаются ядрами атомов, переводя их в состояние с большей энергией. Эта избыточная энергия способствует протеканию различных химических реакций, которые без облучения не идут или идут очень медленно. Альфа-излучение производит сильное действие на органические вещества, из которых состоит человеческий организм (жиры, белки и углеводы). На слизистых оболочках это излучение вызывает ожоги и другие воспалительные процессы.

Под действием бета-излучений происходит радиолиз (разложение) воды, содержащейся в биологических тканях, с образованием водорода, кислорода, пероксида водорода $H_2O_2$, заряженных частиц (ионов) OH- и $HO_2$, Продукты разложения воды обладают окислительными свойствами и вызывают разрушение мно-

гих органических веществ, из которых состоят ткани человеческого организма.

Действие гамма- и рентгеновского излучений на биологические ткани обусловлено в основном образующимися свободными электронами. Нейтроны, проходя через вещество, производят в нем наиболее сильные изменения по сравнению с другими ионизирующими изучениями.

Таким образом, биологическое действие ионизирующих излучений сводится к изменению структуры или разрушению различных органических веществ (молекул), из которых состоит организм человека. Это приводит к нарушению биохимических процессов, протекающих в клетках, или даже к их гибели, в результате чего происходит поражение организма в целом.

Различают внешнее и внутреннее облучение организма. Под внешним облучением понимают воздействие на организм ионизирующих излучений – от внешних по отношению к нему источников. Внутреннее облучение осуществляется радиоактивными веществами, попавшими внутрь организма через дыхательные органы, желудочно-кишечный тракт или через кожные покровы. Источники внешнего излучения – космические лучи, естественные радиоактивные источники, находящиеся в атмосфере, воде, почве, продуктах питания и др., источники альфа-, бета-, гамма -, рентгеновского и нейтронного излучений, используемые в технике и медицине, ускорители заряженных частиц, ядерные реакторы (в том числе и аварии на ядерных реакторах) и ряд других.

Радиоактивные вещества, вызывающие внутреннее облучение организма, попадают в него при приеме пищи, курении, питье загрязненной воды. Поступление радиоактивных веществ в человеческий организм через кожу происходит в редких случаях (если кожа имеет повреждения или открытые раны). Внутреннее облучение организма длится до тех пор, пока радиоактивное вещество не распадается или не будет выведено из организма в результате процессов физиологического обмена. Внутреннее облучение опасно тем, что вызывает длительно незаживающие язвы различных органов и злокачественные опухоли. При работе с радиоактивными веществами значительному облучению подвергаются руки операторов. Под воздействием ионизирующих излучений развивается хроническое или острое (лучевой ожог) пораже-

ние кожи рук. Хроническое поражение характеризуется сухостью кожи, появлением на ней трещин, изъявлением и другими симптомами. При остром поражении кистей рук возникают отеки, омертвление тканей, язвы, на месте образования которых возможно развитие злокачественных опухолей.

Под влиянием ионизирующих излучений у человека возникает лучевая болезнь. Различают три степени ее: первая (легкая), вторая и третья тяжелая.

Симптомами лучевой болезни первой степени являются слабость, головные боли, нарушение сна и аппетита. Которые усиливаются на второй стадии заболевания, но к ним дополнительно присоединяются нарушения в деятельности сердечно-сосудистой системы, изменяется обмен веществ и состав крови. На третьей стадии болезни наблюдаются кровоизлияния и выпадение волос, нарушается деятельность центральной нервной системы и половых желез. У людей, перенесших лучевую болезнь, повышается вероятность развития злокачественных опухолей и заболеваний кроветворных органов. Лучевая болезнь в острой (тяжелой) форме развивается в результате облучения организма большими дозами ионизирующих излучений за короткий промежуток времени. Опасно воздействие на организм человека и малых доз радиации, так как при этом могут произойти нарушение наследственной информации человеческого организма, возникнуть мутации.

Нижний уровень развития легкой формы лучевой болезни возникает при эквивалентной дозе облучения приблизительно 1 Зв, тяжелая форма лучевой болезни, при которой погибает половина всех облученных, наступает при эквивалентной дозе облучения 4,5 Зв, 100 %-ный смертельный исход лучевой болезни соответствует эквивалентом дозе облучения 5,5–7,0 Зв.

В настоящее время разработан ряд химических препаратов (протекторов), существенно снижающих негативный эффект воздействия ионизирующего излучения на организм человека.

В России предельно допустимые уровни ионизирующего облучения и принципы радиационной безопасности регламентируются «Нормами радиационной безопасности» НРБ-76, «Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений» ОСП

72-80. В соответствии с этими нормативными документами нормы облучения установлены для следующих трех категорий лиц:

– категория А – персонал, постоянно или временно работающий с источниками ионизирующих излучений;

– категория Б – ограниченная часть населения, которая по условиям размещения рабочих мест или по условиям проживания может подвергаться воздействию источников излучения;

– категория В – население страны, республики, края и области.

Для лиц категории А основным дозовым пределом является индивидуальная эквивалентная доза внешнего и внутреннего излучения за год (Зв/год) в зависимости от радиочувствительности органов (критические органы). Это предельно допустимая доза (ПДД) – наибольшее значение индивидуальной эквивалентной дозы за год, которое при равномерном воздействии в течение 50 лет не вызовет в состоянии здоровья персонала неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами.

Для персонала категории А индивидуальная эквивалентная доза (Н, Зв), накопленная в критическом органе и за время Т (лет) с начала профессиональной работы, не должна превышать значения, определяемого по формуле:

$$H = \text{ПДД} \cdot \text{Т}$$

Кроме того, доза, накопленная к 30 годам, не должна превышать 12 ПДД.

Для категории Б установлен предел дозы за год (ПД, Зв/год), под которым понимают наибольшее среднее значение индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год у критической группы лиц, при котором равномерное облучение в течение 70 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. В таблице 10 приведены основные дозовые пределы внешнего и внутреннего облучений в зависимости от радиочувствительности органов.

Таблица10

**Основные значения дозовых пределов внешнего и внутреннего облучений**

| Группа критических органов | Органы и ткани человеческого организма | ПДД для категории А, Зв/год | ПДД для категории Б, Зв/год |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Все тело, гонады (половые органы), красный костный мозг | 0,05 | 0,005 |
| 2 | Любой отдельный орган. кроме гонад, красного костного мозга, костной ткани, щитовидной железы, кожи, кистей, предплечий, лодыжек и стоп | 0,15 | 0,015 |
| 3 | Костная ткань, щитовидная железа, кожный покров, кисти, предплечья, лодыжки и стопы | 0,30 | 0,03 |

## 6.3 Средства защиты от ионизирующих излучений

Основные принципы радиационной безопасности заключаются в непревышении установленного основного дозового предела, исключении всякого необоснованного облучения и снижении дозы излучения до возможно низкого уровня. С целью реализации этих принципов на практике обязательно контролируются дозы облучения, полученные персоналом при работе с источниками ионизирующих излучений, работа проводится в специально оборудованных помещениях, используется защита расстоянием и временем, применяются различные средства коллективной и индивидуальной защиты.

Для определения индивидуальных доз облучения персонала необходимо систематически проводить радиационный (дозиметрический) контроль, объем которого зависит от характера работы с радиоактивными веществами. Каждому оператору, имеющему контакт с источниками ионизирующих излучений, выдается индивидуальный дозиметр для контроля полученной дозы гамма-излучений. В помещениях, где проводится работа с радиоактивными вещества-

ми, необходимо обеспечить и общий контроль за интенсивностью различных видов излучений. Эти помещения должны быть изолированы от прочих помещений, оснащены системой приточно-вытяжной вентиляции с кратностью воздухообмена не менее пяти. Окраска стен, потолка и дверей в этих помещениях, а также устройство пола выполняются таким образом, чтобы исключить накопление радиоактивной пыли. И избежать поглощения радиоактивных аэрозолей, паров и жидкостей отделочными материалами (окраска стен, дверей и в некоторых случаях потолков должна производиться масляными красками, полы покрываются материалами, не впитывающими жидкости, – линолеумом, полихлорвиниловым пластикатом и др.). Все строительные конструкции в помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, не должны иметь трещин и неплотностей; углы закругляют для того, чтобы не допустить скопления в них радиоактивной пыли и облегчить уборку. Не менее одного раза в месяц проводят генеральную уборку помещений с обязательным мытьем горячей мыльной водой стен, окон, дверей, мебели и оборудования. Текущая влажная уборка помещений проводится ежедневно.

Для уменьшения облучения персонала все работы с этими источниками проводят с использованием длинных захватов или держателей.

Защита временем заключается в том, что работу с радиоактивными источниками проводят за такой период времени, чтобы доза облучения, полученная персоналом, не превышала предельно допустимого уровня.

Коллективные средства защиты от ионизирующих излучений регламентируются ГОСТом 12.4.120-83 «Средства коллективной защиты от ионизирующих излучений. Общие требования». В соответствии с этим нормативным документом основными средствами защиты являются стационарные и передвижные защитные экраны, контейнеры для транспортирования и хранения источником ионизирующих излучений, а также для сбора и транспортировки радиоактивных отходов защитные сейфы и боксы и др.

Стационарные и передвижные защитные экраны предназначены для снижения уровня излучения на рабочем месте до допустимой величины. Если работу с источниками ионизирующих излучений проводят в специальном помещении – рабочей камере,

то экранами служат ее стены, пол, потолок, изготовленные из защитных материалов. Такие экраны носят название *стационарных*. Для устройства передвижных экранов используют различные щиты, поглощающие или ослабляющие излучение.

Для сооружения стационарных средств защиты стен, перекрытий, потолков и т. д. используют кирпич, бетон, баритобетон, и баритовую штукатурку (в их состав входит сульфат бария – $BaSO_4$). Эти материалы надежно защищают персонал от воздействия гамма- и рентгеновского излучения.

Для создания передвижных экранов используют различные материалы. Защита от альфа-излучения достигается применением экранов из обычного или органического стекла толщиной несколько миллиметров. Достаточной защитой от этого вида излучения является слой воздуха в несколько сантиметров. Для защиты от бета-излучения экраны изготавливают из алюминия или пластмассы (органическое стекло). От гамма- и рентгеновского излучения эффективно защищают свинец, сталь, вольфрамовые сплавы. Смотровые системы изготавливают из специальных прозрачных материалов, например, свинцового стекла. От нейтронного излучения защищают материалы, содержащие в составе водород (вода, парафин), а также бериллий, графит, соединения бора и т.д. Бетон также можно использовать для защиты от нейтронов.

Защитные сейфы применяются для хранения источников гамма-излучения. Они изготавливают из свинца и стали.

Для работы с радиоактивными веществами, обладающими альфа- и бета- активностью, используют защитные перчаточные боксы.

Защитные контейнеры и сборники для радиоактивных отходов изготавливаются из тех же материалов, что и экраны – органического стекла, стали, свинца и др.

При проведении работ с источниками ионизирующих излучений опасная зона должна быть ограничена предупреждающими надписями.

К средствам индивидуальной защиты от ионизирующих излучений относится спецодежда – халаты, комбинезоны, полукомбинезоны и шапочки из хлопчатобумажной ткани. При значительном загрязнении производственного помещения радиоактивными веществами на спецодежду из ткани дополнительно надевают пленочную

одежду (нарукавники, брюки, фартук, халат и т.д.), изготовленную из пластика. Как уже сказано выше, для защиты рук следует использовать просвинцованные резиновые перчатки.

В тех случаях, когда приходится работать в условиях значительного радиационного загрязнения, для защиты персонала используют пневмокостюмы (скафандры) из пластмассовых материалов с поддувом по гибким шлангам воздуха или снабженные кислородным аппаратом. Дни поддержания нормальных температурных условий в скафандре расход воздуха должен составлять 150–200 л/мин.

Для защиты органов зрения от излучения применяют очки со стеклами, содержащими специальные добавки (фосфат вольфрама или свинец), а при работе с источниками альфа- и бета- излучений глаза защищают щитками из органического стекла.

Если в воздухе находятся радиоактивные аэрозоли, то надежным средством защиты органов дыхания являются респираторы и противогазы.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Нормирование электромагнитных полей и излучений.
2. Нормирование электростатических полей.
3. Виды ионизирующих излучений.
4. Биологическое действие ионизирующих излучений на организм человека.
5. Нормирование ионизирующих излучений.
6. Средства и методы защиты от ионизирующих излучений.

# 7 ПРОМЫШЛЕННЫЕ АВАРИИ И ТЕХНОГЕННЫЕ ЧС

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение жизнедеятельности людей.

Зона ЧС – территория, пораженная в результате проявления чрезвычайного события и требующая специальных мер ликвидационного и восстановительного характера.

Авария – это опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде.

Классификация ЧС приведена на рисунке 14.

В зависимости от количества пострадавших людей, у которых оказались нарушенными условия жизнедеятельности, от размера материального ущерба, а также размера зон действия поражающих факторов ЧС делятся на следующие группы:

– локальные (пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составляет не более 1000 минимальных размеров оплаты труда, и зона ЧС не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения);

– местные (пострадало свыше 10, но не более 50 человек. Либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 100, но не более 300 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 1 тыс., но не более 5 тыс. минимальных размеров оплаты труда, и зона ЧС не выходит за пределы населенного пункта, города, района);

– территориальные (пострадало свыше 50, но не более 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 300, но не более 500 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 тыс., но не более 0,5 млн. минимальных размеров оплаты труда. И зона ЧС не выходит за пределы субъекта Российской Федерации);

– федеральные (пострадало свыше 500 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности свыше 1000 человек, либо материальный ущерб составляет свыше 5 млн. минимальных размеров оплаты труда и зона ЧС выходит за пределы более чем двух субъектов Российской Федерации);

– трансграничные (поражающие факторы выходят за пределы России, либо ЧС, происшедшие за рубежом, затрагивают территорию Российской Федерации).

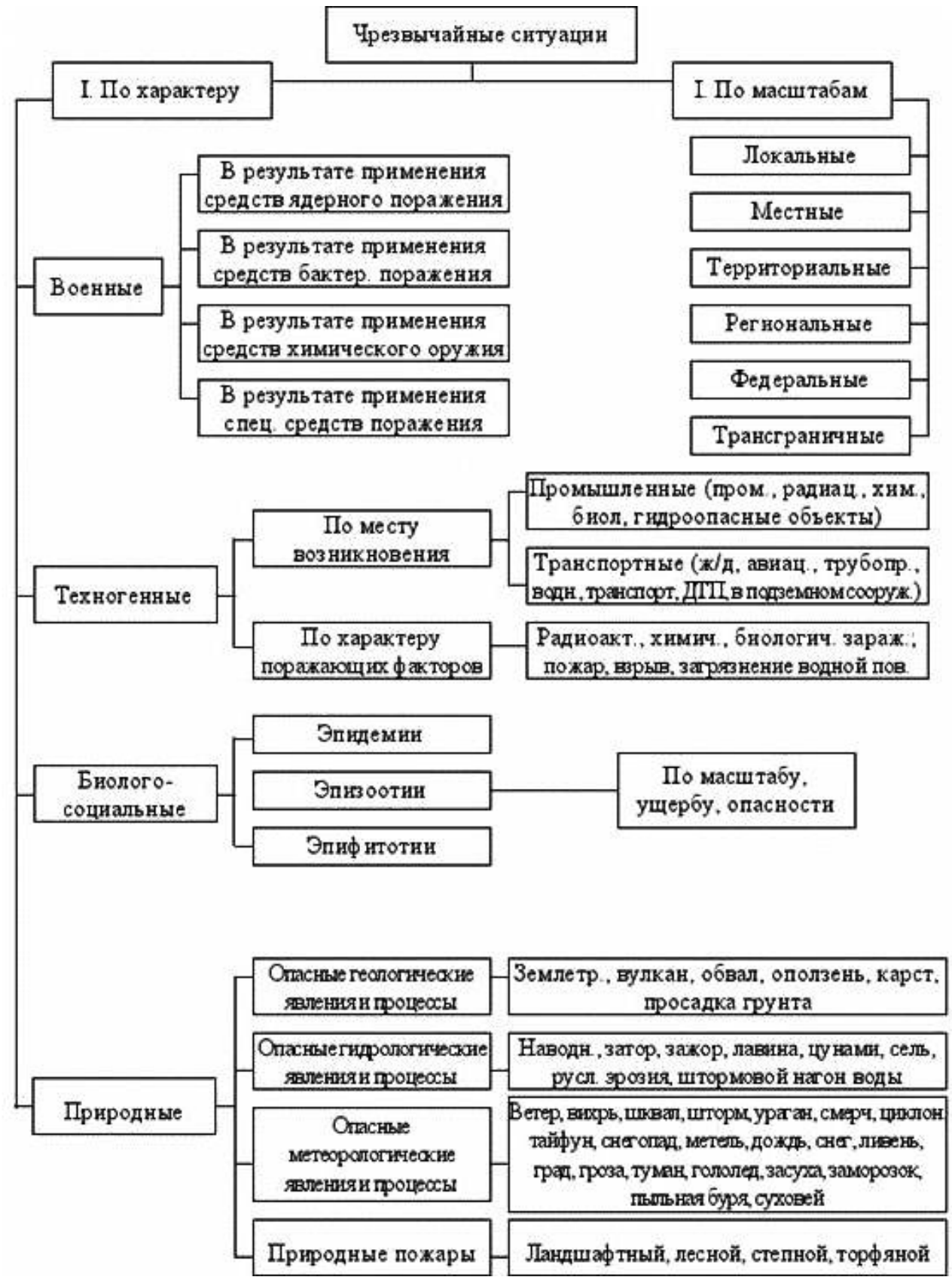

Чрезвычайные ситуации
I. По характеру
I. По масштабам
Военные
В результате применения средств ядерного поражения
В результате применения средств бактер. поражения
В результате применения средств химического оружия
В результате применения спец. средств поражения
Локальные
Местные
Территориальные
Региональные
Федеральные
Трансграничные
Техногенные
По месту возникновения
Промышленные (пром., радиац., хим., биол, гидроопасные объекты)
Транспортные (ж/д, авиац., трубопр., водн., транспорт, ДТП, в подземном сооруж.)
По характеру поражающих факторов
Радиоакт., химич., биологич. зараж.; пожар, взрыв, загрязнение водной пов.
Биолого-социальные
Эпидемии
Эпизоотии
Эпифитотии
По масштабу, ущербу, опасности
Природные
Опасные геологические явления и процессы
Землетр., вулкан, обвал, оползень, карст, просадка грунта
Опасные гидрологические явления и процессы
Наводн., затор, зажор, лавина, цунами, сель, русл. эрозия, штормовой нагон воды
Опасные метеорологические явления и процессы
Ветер, вихрь, шквал, шторм, ураган, смерч, циклон, тайфун, снегопад, метель, дождь, снег, ливень, град, гроза, туман, гололед, засуха, заморозок, пыльная буря, суховей
Природные пожары
Ландшафтный, лесной, степной, торфяной

**Рис. 14 Классификация ЧС**

Чрезвычайные события (явления, процессы), лежащие в основе ЧС и их инициирующие, делятся на группы по следующим классификационным признакам:

1) По скорости увеличения и (или) распространения опасности:

– внезапные (взрывы, транспортные аварии и др.);

– с быстрым изменением факторов (пожары, выбросы ХОВ и др.);

– с умеренным изменением факторов (выбросы РВ и др.);

– с медленным изменением факторов (засуха, эпидемии, эпифитотии, аварии на очистных сооружениях и др.).

2) По характеру источников опасности и поражающих факторов:

– химические;

– тепловые;

– радиационные и др.

3) По результату воздействия поражающих факторов на основные объекты (предприятия, жилые массивы, территории, технические установки и сооружения):

– затопление;

– разрушение;

– загрязнение;

– заражение и др.

Анализ ЧС различных видов установил определенные фазы развития ситуаций:

– накопление отклонений различных параметров в источнике ЧС от допустимых норм или отрицательных эффектов до критической величины;

– инициирование возникновения ЧС;

– развитие ситуации до достижения максимального действия поражающих факторов;

– затухающее действие поражающих факторов ЧС;

– стабилизация обстановки в зоне ЧС.

Свойства поражающих воздействий оружия, природных явлений, техногенных аварий и катастроф в процессе развития ЧС определяются видами энергии, действующей на человека. На объекты техносферы и элементы природной среды. При возникновении ЧС имеют место следующие виды поражения:

– физическое,
– химическое,
– биологическое,
– информационно-психологическое,
– комбинированное.

При физическом поражении на объекты воздействуют раздельно или комбинированно все известные формы физической энергии: кинетическая, акустическая, электромагнитная, радиационная, тепловая и др.

Химическое поражение при ЧС возникает в результате воздействия на объекты химически опасных веществ (ХОВ), в том числе сильнодействующих отравляющих веществ (СДЯВ).

Биологическое поражение происходит в результате воздействия на людей и животный мир болезнетворных микробов, токсинов, иных биологически активных веществ, а также энергии происходящих при этом биологических превращений.

Комбинированное поражение в ЧС имеет место в случае одновременного воздействия на объекты различных видов поражений.

Опасные явления и процессы, приводящие к возникновению ЧС, как события случайные, могут быть независимыми или зависимыми от внешнего источника опасности.

К внешним относятся источники опасностей, присутствие которых не характерно для той сферы, где возникает ЧС.

Например, экологические ЧС могут возникать из-за хозяйственной деятельности человека в техносфере, а техногенные аварии и катастрофы на объектах экономики – вследствие проявления опасного природного фактора (землетрясение, сильный ветер, снегопад и др.) или конфликтного события (диверсия, забастовка, массовые беспорядки и др.)

К наиболее частым и типичным авариям на предприятиях, классифицируемым как техногенные ЧС, относятся пожары, взрывы емкостей с горючими газами или жидкостями, разрушение и взрывы технологического оборудования, обрушение строительных конструкций, прорывы трубопроводов с газом, нефтью, ХОВ и другими продуктами, разрушение гидротехнических сооружений.

Анализ причин возникновения промышленных аварий и катастроф позволяет объединить их в группы по следующим признакам:

1. Ошибки и недоработки на стадиях проектирования объекта: изыскательские ошибки (неправильное размещение предприятия, неверное геологическое обоснование и др.); проектные недоработки; конструкторские ошибки и недоработки.

2. Некачественное изготовление (строительство) объекта: отступление от заложенных в проектах решений, материалов; нарушение технологии изготовления (строительства); скрытый брак в материалах или сырье, несоответствие их характеристик нормативным требованиям.

3. Эксплуатационно-технические причины: нарушение технологических процессов (отклонения параметров процесса, отклонения в характеристиках сырья и материалов, нарушение технологической дисциплины и др.). Изношенность оборудования.

4. Человеческий фактор: нарушение трудовой дисциплины; нарушение правил безопасности проведения работ; психофизиологические причины (ошибки в действиях, усталость, невнимание и др.).

5. Внешние причины: отклонения параметров энергопитания; погодные факторы; геологические явления; диверсии и др.

К техногенным относятся ЧС, происхождение которых связано с производственно-хозяйственной деятельностью человека на объектах техносферы. Как правило, техногенные ЧС возникают вследствие аварий, сопровождающихся самопроизвольным выходом в окружающее пространство вещества и (или) энергии.

Техногенные чрезвычайные ситуации классифицируются по типам аварий, которые являются источниками основных видов чрезвычайных ситуаций техногенного характера, и частично характеризуют также сферу и особенности проявления этих опасных событий.

Классификация техногенных ЧС приведена в таблице 11.

Таблица 11

**Классификация техногенных чрезвычайных ситуаций**

| Вид техногенной ЧС | Опасные события |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Транспортные аварии (катастрофы) | Аварии грузовых железнодорожных поездов, аварии пассажирских поездов, поездов метрополитена, аварии (катастрофы) на автомобильных дорогах (крупные автодорожные катастрофы), аварии транспорта на мостах, в туннелях и железнодорожных переездах |
| | аварии на магистральных трубопроводах, аварии грузовых судов (на море и реках), аварии (катастрофы) пассажирских судов (на море и реках), аварии (катастрофы) подводных судов, авиационные катастрофы в аэропортах и населенных пунктах, авиационные катастрофы вне аэропортов и населенных пунктов, наземные аварии (катастрофы) ракетных космических комплексов, орбитальные аварии космических аппаратов |
| Пожары, взрывы, угроза взрывов | Пожары (взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов, пожары (взрывы) на объектах добычи, переработки и хранения легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ. Пожары (взрывы) в шахтах, подземных и горных выработках, метрополитенах, пожары (взрывы) в зданиях, сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения, пожары (взрывы) на химически опасных объектах, пожары (взрывы) на радиационно опасных объектах. Обнаружение неразорвавшихся боеприпасов, утрата взрывчатых веществ (боеприпасов) |
| Аварии с выбросом (угрозой выброса) аварийно химически опасных веществ | Аварии с выбросом (угрозой выброса) аварийно химически опасных веществ при их производстве, переработке или хранении (захоронении), аварии на транспорте с выбросом |

| | |
|---|---|
| | (угрозой выброса) аварийно химически опасных веществ. Образование и распространение опасных химических веществ в процессе химических реакций, начавшихся в результате аварии, аварии с химическими боеприпасами, утрата источников химически опасных веществ |
| Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ | Аварии на АЭС, атомных энергетических установках производственного и исследовательского назначения с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ. Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ на предприятиях ядерно-топливного цикла |
| Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ | Аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками или грузом радиоактивных веществ на борту. Аварии при промышленных и испытательных ядерных взрывах с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ, аварии с ядерными боеприпасами в местах их хранения или установки, утрата радиоактивных источников |
| Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически | Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ на предприятиях промышленности и в |
| опасных веществ | научно-исследовательских учреждениях (лабораториях), аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) биологических веществ, утрата биологически опасных веществ |
| Гидродинамические аварии | Прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений. Прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек) с образованием прорывного паводка, прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек), повлекшие смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях |
| Внезапное обрушение зданий, сооружений | Обрушение производственных зданий и сооружений, обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения, обрушение элементов транспортных коммуникаций |
| Аварии на электроэнергетических системах | Аварии на автономных электростанциях с долговременным перерывом электроснабжения всех потребителей, аварии на электроэнергетических системах (сетях) с долговременным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий, выход из строя транспортных электроконтактных сетей |
| Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения | Аварии в канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ, аварии на тепловых сетях (система горячего водоснабжения) в холодное время. Аварии в системах снабжения населения питьевой водой, аварии на коммунальных газопроводах |
| Аварии на промышленных очистных сооружениях | Аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ. Аварии на очистных сооружениях промышленных газов с массовым выбросом загрязняющих веществ |

Техногенные чрезвычайные ситуации связаны с производственной деятельностью человека и могут протекать с загрязнением и без загрязнения окружающей среды. Наибольшую опасность в техногенной сфере представляют транспортные аварии, взрывы и пожары, радиационные аварии, аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ и др.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Понятие ЧС и их классификация.
2. Причины возникновения промышленных аварий и катастроф.
3. Понятие техногенной ЧС.
4. Классификация техногенных ЧС.
5. Виды поражений при возникновении ЧС.
6. Признаки аварий и катастроф.

## 8 ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Применение экологически чистых технологий способствует обеспечению охраны окружающей среды. Эти технологии являются менее загрязняющими, предполагают более рациональное использование всех ресурсов, позволяют рециркулировать больше отходов и продуктов, образующихся в результате их использования, и обеспечить более приемлемую обработку остаточных отходов по сравнению с технологиями, которые они заменяют.

Экологически чистые технологии являются малоотходными или безотходными «технологиями переработки и получения готового продукта» и благодаря этому способствуют предотвращению загрязнения окружающей среды. К ним также относятся «технологии переработки в конце производ-

ственного цикла» или технологии очистки, предназначенные для устранения имеющего место загрязнения.

Экологически чистые технологии являются не просто отдельными технологиями, а представляют собой комплексные системы, предполагающие наличие специальной научно-технической информации, процедур, товаров, услуг и оборудования, а также методики соответствующей организационной и управленческой деятельности. Экологически безопасные и чистые технологии должны отвечать национальным социально-экономическим, культурным и экологическим приоритетам.

Требуется совершенствование промышленного производства с целью превращения в экологически чистое (краткая форма – «чистое производство»). На конференции министров по охране окружающей среды для Европы (София, 1995) была принята трактовка экологически чистого производства. Она определяется как «непрерывное приложение комплексной превентивной стратегии охраны окружающей среды к технологическим процессам и продукции с целью снижения риска для здоровья людей и окружающей среды».

С другой стороны, как показывает анализ мировой практики чистое производство можно рассматривать как логичное завершение многоэтапного процесса преобразований в системе мер по охране окружающей среды. Это технологии «конца трубы» – малоотходные, ресурсосберегающие технологии – чистое производство, ориентированное на предотвращение образования отходов, а в случае их образования – на переработку отходов в местах их образования. Основной технологический принцип чистого производства – сокращение отходов в технологическом процессе и повторное использование отходов в местах их возникновения (в том же технологическом процессе или в другом, но внутри предприятия). В идеале в чистом производстве должны отсутствовать очистные сооружения и места складирования отходов. И, наконец, есть еще одна сторона чистого производства. Его функционирование предусматривает выпуск экологически чистой продукции, т.е. такой продукции, которая по возможности производится из возобновляемого сырья и вторичных материалов, не содержит посторонних вредных примесей, отличается низким

уровнем энергопотребления при ее производстве и эксплуатации, не загрязняет окружающую среду.

Повышенное внимание к проблемам защиты окружающей среды, необходимость повышения предприятиями энерго- и ресурсоэффективности и улучшения экологических характеристик своей деятельности ведет к тому, что многие традиционные отрасли экономики стремительно «зеленеют», кроме того, появляются новые изначально «зеленые» направления.

*«Зеленая» промышленность* – переход машиностроительных предприятий на использование возобновляемых источников энергии, таких как ветряные генераторы, солнечные батареи и геометрическое оборудование.

Внедрение чистых технологий сопровождается повышением информированности населения о проблемах окружающей среды. Это, в свою очередь, ведет к росту числа клиентов, желающих потреблять безвредные для природы продукты и услуги.

*Экологически чистая химическая промышленность* – эта отрасль включает и экодизайн химической продукции, и уменьшение или полное исключение использования опасных веществ. На производство продукции, не содержащей опасных химикатов (например, хлора), переключаются многие крупные химические компании.

Ветер, солнечный свет, тепло земли, морские приливы – всё это неисчерпаемые и возобновляемые источники энергии. В настоящее время производство солнечной и ветровой энергии – важные направления «зелёной» промышленности.

*Геотермальная энергетика* – эта отрасль не так развита, как производство солнечной или ветровой энергии. Геотермальная энергия – возобновляемый источник экологически чистой энергии.

*Создание «умных сетей» в электроэнергетике* – этот международный проект направлен на модернизацию электрических сетей посредством внедрения автоматизированных интерактивных технологий. С его помощью правительства разных стран надеются сохранить энергию, уменьшить стоимость ее производства и надежность транспортировки. Модернизация сетей также

позволит включить в систему энергию, поступающую из возобновляемых источников.

В России еще высок процент зданий, не отвечающих требованиям энергоэффективности. Большинство объектов частной и коммерческой недвижимости теряет энергию из-за недостаточной теплоизоляции или невыполнения элементарных мероприятий по уменьшению энергопотребления. Строительство энергосберегающих зданий – одно из приоритетных направлений «зеленой» энергетики.

*Производство биотоплива* из непродовольственных зерновых культур и муниципальных твердых отходов еще одно подобное направление. Производство биотоплива нового поколения позволяет снизить выброс парниковых газов на 60%.

Внедрение экологически чистого сельского хозяйства обусловлено желанием потребителей покупать натуральные продукты, которое устойчиво повышается.

Сейчас экологическим производством сельхозпродукции занимаются хозяйства Тульской, Орловской, Новгородской, Омской, Псковской, Курской, Владимирской, Оренбургской, Ярославской, Московской областей, Ставропольского края.

Естественно, что в том, и в другом случаях термин «экологически чистое (чистая)» нельзя понимать буквально. Речь идет о степени экологической чистоты применяемых технологий и выпускаемой продукции, а не об абсолютной экологической чистоте, достижение которой в определенной степени достаточно утопично.

Становление чистого производства предполагает реализацию стратегии: постепенного уменьшения воздействия вредного производства на окружающую среду. Что должно происходить за счет постоянного выполнения экологически эффективных мероприятий (проектов) организационного и технологического характера, нацеленных на изменение технологических процессов, состава продукции и технологий услуг.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды усилия следует направлять на использование процессов, материалов, практических приемов или продукции таким образом, чтобы избегать, сокращать или регулировать выбросы, сбросы, образование отходов. Для этого необходимо применять весь арсенал современных достижений: изменения в производственном процессе, в механизмах

управления, эффективное ресурсопользование и замену материалов, очистку отходов и вторичное использование материалов (рециклинг).

Основные принципы чистого производства включают в себя:

– локальность – ограничение появления и вредного воздействия загрязняющих веществ местом их образования;

– превентивность – предотвращение образования загрязняющих веществ и их отрицательного воздействия на стадиях, предшествующих их возможному появлению;

– системность – реализация экономически обоснованных способов предотвращения, сокращения, нейтрализации загрязняющих веществ на всех стадиях производственного процесса от сырья до готовой продукции;

– эколого-экономическую оценку принимаемых решений – комплексный подход к выбору оптимального варианта предотвращения загрязнения, предполагающего совокупную оценку как экологического, так и экономического эффектов;

– финансовую достижимость – наличие необходимых финансовых средств для реализации принимаемых решений;

– прибыльность – выгодность предотвращения загрязнения (образования отходов);

– непрерывность – последовательность реализации проектов, программ и планов в их постоянном развитии.

К числу важнейших, как показывает мировой опыт, среди перечисленных выше принципов, делающих исключительно привлекательным создание экологически чистых производств в рамках конкретных предприятий, относится принцип прибыльности (выгодности), кратко формулируемый, как: «предотвращение загрязнения – выгодно». Любому предприятию предотвращение загрязнения окружающей природной среды или сокращение загрязнения должно быть выгоднее, чем расходование средств на очистку или выплату компенсаций. Поэтому преобразование промышленных производств в экологически чистые, разработка новых технологий должны быть нацелены на то, чтобы добиться работы предприятий с минимальным расходом ресурсов и с минимальным вредным воздействием на окружающую среду. Чем быстрее этот принцип будет реализован на предприятиях России, тем успешнее технологии и процессы в промышленности, в сельском хозяйстве и в сфере услуг будут приближаться к экологически чистым.

Выгоды, получаемые предприятиями от чистого производства, сводятся к следующему.

В сфере охраны окружающей среды:

– сокращение выбросов, сбросов загрязняющих веществ, уменьшение количества отходов;

– сокращение ресурсоемкости производства;

– сокращение землеёмкости производства за счет уменьшения необходимости складирования отходов.

В сфере охраны труда:

– уменьшение риска для здоровья персонала;

– улучшение условий труда на рабочем месте, повышение безопасности рабочего места;

– повышение уровня привлекательности работы для молодежи.

В сфере экономики:

– сокращение затрат на сырьё, энергию, топливо, воду;

– сокращение затрат на очистку сточных вод, пыле- и газообразных выбросов, утилизации отходов;

– сокращение транспортных расходов;

– уменьшение экологических платежей и штрафов;

– повышение цен на продукцию в связи с улучшением её качественных характеристик;

– рост прибыли.

В отношениях с населением:

– повышение уровня репутации предприятия, создание благоприятного общественного мнения;

– сокращение жалоб населения в государственные контролирующие органы.

Таким образом, чистое производство, олицетворяя собой стратегию предотвращения загрязнения окружающей среды, выполнение которой осуществляется посредством мер, ведущих к улучшению состояния окружающей среды, становится и экономически выгодным.

Организация по достижению экологически чистого производства предусматривает обязательное привлечение к участию в ней администрации, создание комиссии по выработке регламента, создание рабочей группы. Что необходимо для проведения анализа, выявления проблем, разработки и решения конкретных задач по внедрению проектов по производству на предприятии.

Выработка возможных вариантов решения проблемы предотвращения загрязнения может касаться изменения ассортимента продукции, модификации производственных процессов. Создания системы рециркуляции и вторичного использования сырья, замены сырьевых материалов, модернизации оборудования.

Приоритетность действий по предотвращению загрязнения целесообразно осуществлять, добиваясь максимального результата при:

– устранении источника загрязнения;
– сокращении загрязнения у источника;
– вторичной переработке;
– разделении и концентрации потоков отходов;
– передаче отходов;
– получении энергии и материалов из отходов;
– сжигании отходов;
– транспортировке отходов на свалки.

***Вопросы для самопроверки:***

1. Понятие экологически чистого производства.
2. Новые «зелёные» направления развития отраслей экономики.
3. Основные принципы чистого производства.
4. Выгоды, получаемые предприятиями от чистого производства.

# 9 САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫЕ ЗОНЫ И САНИТАРНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ИНЫХ ОБЪЕКТОВ

***Общие положения.*** Обязательным условием современного промышленного проектирования является внедрение передовых ресурсосберегающих, безотходных и малоотходных технологических решений. Что позволяет максимально сократить или избежать поступления вредных химических или биологических компонентов выбросов в атмосферу, почву и водоемы, предотвратить или снизить воздействие физических факторов до гигиенических нормативов и ниже.

Разрабатываемые в проектах строительства и реконструкции природоохранные технологические и технические решения должны быть детально обоснованы результатами опытно-промышленных испытаний. А при проектировании производств на основе новых технологий – данными эксплуатации действующего аналога, материалами зарубежного опыта по созданию подобного производства.

Новое промышленное строительство на территориях с превышением гигиенических нормативов в зонах экологического неблагополучия не допускается. Для решения природоохранных задач разрешается проведение реконструкции или перепрофилирование действующих производств.

Предприятия, их отдельные здания и сооружения с технологическими процессами, являющимися источниками выделения в окружающую среду вредных и (или) пахучих веществ, а также источниками шума, вибрации, инфразвука, электромагнитных волн радиочастот, статического электричества, необходимо отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами (СЗЗ). Санитарно-защитная зона является обязательным элементом любого промышленного предприятия и других объектов, которые могут быть источниками химического, биологического или физического воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Санитарно-защитная зона – территория между границами промплощадки, складов открытого и закрытого хранения материалов и реагентов, предприятий сельского хозяйства, с учетом перспективы их расширения и селитебной застройки.

Она предназначена для:

- обеспечения требуемых гигиенических норм содержания в приземном слое атмосферы ЗВ, уменьшения отрицательного влияния предприятий, транспортных коммуникаций, линий электропередач на окружающее население, факторов физического воздействия – шума, повышенного уровня вибрации, инфразвука, электромагнитных волн и статического электричества;
- создания архитектурно-эстетического барьера между промышленностью и жилой частью при соответствующем ее благоустройстве;
- организации дополнительных озелененных площадей с целью усиления ассимиляции и фильтрации загрязнителей атмо-

сферного воздуха. А также для повышения активности процесса диффузии воздушных масс, и локального благоприятного влияния на климат.

Санитарно-защитная зона должна иметь последовательную степень проработки ее территориальной организации, озеленения и благоустройства на всех этапах разработки предпроектной и проектной документации, строительства и эксплуатации отдельного предприятия или промышленного комплекса. В предпроектной документации на строительство новых, реконструкцию или техническое перевооружение действующих предприятий и сооружений должны быть предусмотрены средства на организацию и благоустройство СЗЗ, включая переселение жителей. А в составе проектно-сметной документации должен быть представлен проект по ее организации, благоустройству и озеленению в соответствии с действующей нормативной документацией.

Для объектов, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, являющимися источниками формирования производственных вредностей в зависимости от мощности, условий эксплуатации, концентрации объектов на ограниченной территории, от характера и количества выделяемых в окружающую среду токсических и пахучих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов устанавливаются минимальные размеры санитарно-защитных зон. Предусматриваются также меры по уменьшению неблагоприятного влияния вышеназванных процессов на окружающую среду и здоровье человека.

При этом обеспечивается соблюдение требований гигиенических нормативов в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов:

Предприятия первого класса – 2000 м (по СН 245-71 – 1000 м);

Предприятия второго класса – 1000 м (500 м);

Предприятия третьего класса – 500 м (300 м);

Предприятия четвертого класса – 300 м (100 м);

Предприятия пятого класса – 100 м (50 м).

Для минипроизводств (предприятий пищевой, парфюмерно-косметической промышленности, общественного питания, зрелищных и культурных объектов) минимальная СЗЗ принимается

равной 50 м при расчетном обосновании ее достаточности по шумовому воздействию. Временное сокращение объема производства не является основанием к пересмотру принятой величины СЗЗ для максимальной проектной или фактически достигнутой его мощности.

Достаточность ширины СЗЗ по принятой классификации, в первую очередь для предприятий 1-го, 2-го и 3-го классов, должна быть подтверждена расчетами рассеивания выбросов в атмосферу по действующим методикам. Прежде всего, математического моделирования, по приоритетным (по объему и токсичности) химическим веществам. А с учетом сложившегося фонового загрязнения атмосферы за счет выбросов действующих, намеченных к строительству или проектируемых предприятий – расчетами распространения шума, вибрации и электромагнитных полей.

Размещение предприятий, имеющих индивидуально согласованную СЗЗ большой протяженности, а также предприятий 1-го, 2-го и 3-го классов среди жилой застройки, не допускается. Размещение предприятий 4-го и 5-го классов, не требующих железнодорожных подъездных путей и интенсивного движения грузового автотранспорта, допускается в пределах селитебных районов. Однако преимущество должно быть отдано окраинному их размещению относительно границ жилой территории.

Для современных крупных промышленных предприятий и комплексов производств (черная и цветная металлургия, предприятия нефтепереработки и нефтехимии, биосинтеза, лесопромышленный комплекс и др.) размеры СЗЗ обосновываются генеральным проектировщиком. И устанавливаются в каждом конкретном случае по решению Главного государственного санитарного врача Российской Федерации или его заместителя как единое образование для всех предприятий комплекса. Размеры минимальных СЗЗ, указанных в данной санитарной классификации производств для таких комплексов, следует рассматривать как ориентировочные.

В перечень причин обусловливающих необходимость увеличения размера СЗЗ или создания индивидуальных зон для отдельных предприятий и промышленных комплексов сверх установленных по санитарной классификации производств, входят:

- наличие морально устаревшего технологического оборудования на действующем предприятии или отдельных его цехах, не обеспечивающего качество атмосферного воздуха селитебной территории в соответствии с нормативами;
- малая эффективность газо- пылеулавливающего оборудования и техническая нерешенность снижения загрязнения атмосферного воздуха до гигиенических нормативов;
- неблагоприятное по господствующим направлениям ветра взаиморасположение селитебных и промышленных территорий;
- превышение ПДК содержания в атмосфере химических веществ и ПДУ шума, вибрации, электромагнитных волн радиочастот и других вредных физических факторов за пределами требуемой СЗЗ по материалам лабораторного контроля при невозможности снижения уровня загрязнения техническими средствами.

При строительстве новых, еще недостаточно изученных вредных в санитарном отношении производств, размещении нового промышленного предприятия на территориях, характеризующихся условиями застоя атмосферы, высоким потенциалом загрязнения атмосферы (ПЗА), а также неблагоприятной медико-демографической ситуацией, размер СЗЗ может быть увеличен до трех раз.

Размеры СЗЗ по решению Главного государственного санитарного врача Российской Федерации или его заместителя могут быть уменьшены при:

- объективном доказательстве стабильного достижения уровня техногенного воздействия на природу и население в рамках и ниже нормальных требований по материалам систематических (не менее чем годовых) лабораторных наблюдений за состоянием воздушной среды. И при благоприятных характеристиках ПЗА;
- подтвержденными замерами снижения уровней шума и других физических факторов в пределах селитебной территории ниже гигиенических нормативов;
- полном перепрофилировании предприятия, и в связи с этим изменении класса вредности.

Только расчетный путь установления возможности сокращения величины СЗЗ не допускается. Размеры СЗЗ от конкретного объекта не могут быть уменьшены, если фоновое загрязнение атмосферного воздуха в этом районе за счет вклада соответствующих предприятий, отопительных котельных, автотранспорта превышает гигиенические нормативы. Санитарно-защитная зона или какая-либо ее часть не могут рассматриваться как резервная территория предприятия и использоваться для расширения промышленной площадки, а также для перспективного развития селитебной застройки.

Ширина СЗЗ для научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро и других объектов, имеющих в своем составе мастерские, производственные, полупроизводственные и экспериментальные установки, определяется на основе рекомендаций документа, устанавливается с учетом требований настоящего документа при положительном заключении органов и учреждений государственной санитарно-эпидемиологической службы. Возможность использования земель, отведенных под санитарно-защитные зоны для сельскохозяйственного производства (выращивания сельскохозяйственных культур, пастбищ для скота, сенокоса), должна быть обоснована соответствующими ведомствами и иметь положительное заключение органов и учреждений государственной санитарно-эпидемиологической службы.

Санитарно-защитная зона не может рассматриваться как территория для размещения коллективных или индивидуальных дачных и садово-огородных участков. В границах СЗЗ предприятий 1-го и 2-го классов и зон большей протяженности не допускается размещать предприятия пищевой промышленности, а также комплексы водопроводных сооружений.

Размещение спортивных сооружений, парков, детских дошкольных учреждений, школ, лечебно-профилактических и оздоровительных учреждений общего пользования на территории санитарно-защитной зоны не допускается.

В границах санитарно-защитной зоны предприятий 1-го, 2-го и 3-го классов, а также зонах повышенной протяженности допускается размещать:

- предприятия, их отдельные здания и сооружения с производствами меньшего класса вредности, чем основное произ-

водство, при условии выделения аналогичных по составу, но меньших по количеству выбросов, а также при обязательном соблюдении требования непревышения при суммарном учете действующих гигиенических нормативов;

- пожарные депо, бани, прачечные, гаражи, площадки индивидуальной стоянки автомобилей и мотоциклов. Здания управления, конструкторские бюро, учебные заведения, поликлиники, магазины, научно-исследовательские лаборатории, связанные с обслуживанием данного предприятия;
- нежилые помещения для дежурного аварийного персонала и охраны предприятий, стоянки для общественного и индивидуального транспорта, местные и транзитные коммуникации, ЛЭП, электроподстанции, нефте-, и газопроводы, артезианские скважины для технического водоснабжения, водоохлаждающие сооружения для подготовки технической воды, канализационные насосные станции, сооружения оборотного водоснабжения, питомники растений для озеленения промплощадки, предприятий и санитарно-защитной зоны.

1. Санитарно-защитная зона для предприятий 4-го и 5-го классов должна быть максимально озеленена (не менее 60 % площади); для предприятий 2-го и 3-го классов – не менее 50 %, для предприятий 1-го класса и зон большей протяженности – не менее 40 % ее территории.

2. При минимальной СЗЗ между производством и границей жилой застройки в 100 м ширина трассы для движения городского транспорта не может рассматриваться как составляющая требуемого по санитарной классификации размера.

В границах СЗЗ новое жилищное строительство не допускается. Вопрос о возможном жилищном строительстве в границах СЗЗ и необходимости вывода населения решается в каждом конкретном случае. С учетом фактического загрязнения атмосферы и перспективы снижения неблагоприятного воздействия выбросов объекта на окружающую среду и человека. И установленного уровня воздействия физических факторов.

Санитарно-защитная зона для автомагистралей и объектов, расположенных в жилой застройке, определяется в соответствии с действующими санитарными правилами и нормами по планировке и застройке городских и сельских поселений.

***Учет физических факторов воздействия на население при установлении СЗЗ.*** Шумовой характеристикой промышленных, коммунальных, энергетических предприятий, предприятий по обслуживанию средств транспорта, станций и других объектов автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного транспорта является корректированный уровень звуковой мощности I дБ, среднеквадратичных звуковых давлений. В октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250. 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБ.

Нормы допустимых значений уровней инфразвука и низкочастотного шума воздействия и методические приемы их установления регламентируются «Гигиеническими нормативами инфразвука на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» (ГН 2.2.4/2.1.8.583-96). И гигиеническими нормативами «Допустимые уровни шума на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (ГН 2.2.4/2.1.8.562-96).

Предельно допустимые уровни воздействия электрического поля определяются «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи (ВЛ) переменного тока промышленной частоты» (2971-84). В целях защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого ВЛ, устанавливаются СЗЗ. Санитарно-защитной зоной ВЛ является территория вдоль трассы высоковольтной линии, в которой напряженность электрического поля превышает 1 В/м.

Для вновь проектируемых ВЛ, а также зданий и сооружений допускается принимать границы СЗЗ вдоль трассы ВЛ с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического поля по обе стороны от нее на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к ВЛ:

20 м – для ВЛ напряжением 330 кВ;

30 м – для ВЛ напряжением 500 кВ;

40 м – для ВЛ напряжением 750 кВ;

55 м – для ВЛ напряжением 1150 кВ.

1. Если напряженность электрического поля превышает ПДУ, то должны быть приняты меры по снижению (удаление) от жилой застройки ВЛ (применение экранирующих устройств и др.).

2. В пределах СЗЗ запрещается: размещение жилых и общественных зданий и сооружений; площадок для стоянки и остановки всех видов транспорта. Предприятий по обслуживанию автомобилей и складов нефти и нефтепродуктов.

Ближайшее расстояние от оси проектируемых ВЛ напряжением 750-1150 кВ до границы населенных пунктов, как правило, должно быть не менее:

250 м – для ВЛ напряжением 750 кВ;

300 м – для ВЛ напряжением 1150 кВ.

Установление величины СЗЗ в местах размещения передающих радиотехнических объектов осуществляется в соответствии с санитарными правилами и нормами «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» (СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96) и действующими методиками расчета интенсивности ЭМИ РЧ.

***Санитарная классификация предприятий и производств, тепловых электрических станций, складских зданий и сооружений.*** Частая повторяемость неблагоприятных, природных условий, способствующих скоплению примесей в приземном слое атмосферы, указывает на высокий потенциал загрязнения в данном районе.

Различают зону низкого ПЗА – побережье морей Северного ледовитого океана; зону умеренного ПЗА – Западная Сибирь и большая часть европейской территории страны; зону повышенного ПЗА – ¾ Северного Кавказа, побережье дальневосточных морей. Зону высокого ПЗА – Урал и территория между реками Енисей и Лена; зону опасного ПЗА – бассейн реки Колымы, Забайкалье, южные границы азиатской части России.

Комплексная оценка медико-санитарного благополучия, региональный анализ по уровню индекса потенциальной жизнеспособности (ИПЖ) основаны на ранжировании территориальных единиц областного ранга (область, край, автономия). По показателям младенческой смертности, средней ожидаемой продолжительности жизни мужчин и женщин, стандартизованной смертности мужчин и

женщин. А также при учете многих показателей: от характеристики почвы – до социально-экономических (прил. 5, 42–67).

По уровню ИПЖ территория России распределяется следующим образом:

- территории с удовлетворительным уровнем ИПЖ городского населения расположены преимущественно в юго-западной части Европейской России – республики Северная Осетия, Чувашия, Татарстан, Дагестан, Марий Эл, Кабардино-Балкария. Области Брянская, Белгородская, Воронежская, Волгоградская, Калужская, Пензенская, Орловская, Рязанская, Смоленская;
- территории с пониженным уровнем ИПЖ – Ставропольский край, республика Удмуртия. Области Ярославская, Липецкая, Вологодская, Кировская, Тюменская, Калининградская, Оренбургская, Саратовская, Ульяновская;
- территории с низким уровнем ИПЖ – республики Башкортостан, Карелия, Чечня, Ингушетия. Области Мурманская, Челябинская, Нижегородская, Владимирская, Архангельская. Московская, Ленинградская, Псковская. Тверская, Самарская, Тульская, Курская, Костромская, Ростовская, Амурская, Ивановская, Тамбовская, Астраханская. Свердловская, Омская, Курганская, Пермская, Новосибирская;
- территории с наиболее низким ИПЖ – республики Коми, Саха (Якутия), Бурятия, Калмыкия, Тува. Края Красноярский, гаданская, Камчатская, Иркутская, Кемеровская, Сахалинская.

Учет ПЗА и ИПЖ определяет необходимость увеличения протяженности санитарно-защитных зон ввиду их интегральных характеристик и по охвату территории России, исходя из следующих соотношений:

- удовлетворительный показатель ИПЖ и низкий ПЗА (при отсутствии других причин) дают возможность увеличить размер зоны приведенных производств. При этом принимается значение санитарной классификации, принятой в настоящее время;
- при пониженной ИПЖ и умеренном ПЗА минимальная величина санитарно-защитной зоны может быть увеличена в 1,5 раза;
- при низкой ИПЖ и повышенном ПЗА ширина зоны возрастает в два раза;

- при очень низкой ИПЖ и высоком ПЗА следует увеличить размер санитарно-защитной зоны до трех раз;
- при очень низкой ИПЖ и опасном ПЗА вопрос о величине санитарно-защитной зоны и принципиальной возможности размещения проектируемого промпредприятия на данной территории решается Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации. Или его заместителем в индивидуальном порядке.

***Расчет размеров санитарно-защитных зон.*** Определение комплексного коэффициента «***S***», представляющего собой сумму кратностей превышения ПДК выбрасываемых в атмосферный воздух веществ, приведенных к III классу опасности с учетом биологической суммации. При определении размера санитарно-защитной зоны выделяется та часть зоны влияния, где показатель «***S***» равняется единице. Учитываются также данные этого показателя на разных расстояниях с учетом местной розы ветров и приземных концентраций по отдельным выбрасываемым веществам.

Для реализации предлагаемых методических подходов рекомендуется следующая формула:

$$S = \sum_{j=n}^{R} \sum_{i=1}^{n} \left[ \frac{C_1}{ПДК_1} \cdot N_1 + \frac{C_2}{ПДК_2} \cdot N_2 + \frac{C_k}{ПДК_k} \cdot N_k \right] + \frac{C_ф}{ПДК} \quad (47),$$

где;

$C_1$, $C_2$, $C_k$ – расчетная приземная концентрация загрязняющих веществ характеризуемого производства;

$ПДК_1$, $ПДК_2$, $ПДК_k$ – *ПДК* данных веществ;

¾ показатель фоновых концентраций загрязняющих веществ, веществ, отнесенный к их ПДК;

$N_1$, $N_2$, $N_k$ – переводные коэффициенты, зависящие от класса опасности вещества;

*R* – число румбов для расчета показателя;

*j* – номер румба;

*n* – количество расчетных точек, расположенных через равные промежутки в зоне влияния i-го румба;

*i* – одно из направлений от источника загрязнения (румб), вдоль которого рассчитывается приземная концентрация данного вещества.

Для использования предлагаемой формулы разработано компьютерное программное обеспечение расчета комплексного показателя загрязнения атмосферного воздуха. Для машинной обработки

данных (концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе) и вычисления комплексного показателя загрязнения разработана программа VOZDUX для ПЭВМ класса IBM/PC-XT, AT на языке GWBASTC. Программа выполняет следующие функции:

- ввод концентрации;
- корректировка введенной концентрации;
- расчет показателей.

*1. Режим ввода концентрации.* В программе предусмотрено создание и хранение массива концентраций для совокупности веществ, выбрасываемых в атмосферу на данном производстве. Для каждого производства создается свой файл с исходными данными. Он содержит название загрязняющего вещества, значение ПДК для этого вещества, коэффициент приведения ко 2-му и 3-му классам опасности и значения концентрации в заданном объеме.

*2. Режим корректировки.* Режим корректировки введенной информации позволяет вносить изменения в массив уже введенных данных: изменять отдельные значения в концентрации вещества, делать дополнения в массив, а также полностью заменять исходные данные. Возможна корректировка коэффициентов приведения и ПДК, расчетного шага программы.

*3. Режим расчета показателей.* Режим расчета показателей обеспечивает главную функцию программы VOZDUX. Он условно состоит из трех частей.

1. Вычисляется комплексный показатель «***S*»,** и результаты заносятся в таблицу под названием «Расчет показателя загрязнения атмосферного воздуха «***S***», которое содержит все промежуточные значения вычисляемого показателя. Для выполнения расчетов необходимо выбрать конкретные позиции в предлагаемом меню:

1 – указать конкретное производство;

2 – указать имя файла с исходными данными;

3 – указать тип концентрации хранящихся в файле данных (расчетные, фактические, максимально-разовые и т. д.);

4 – выбрать режим обработки данных – без приведения или с приведением к какому-либо классу опасности;

5 – указать режим обработки с учетом эффекта биологической суммации действия;

6 – перечислить все вещества, участвующие в расчетах. Выбор конкретного производства позволяет автоматически учесть

розу ветров района – расположения объекта. Выбор режима приведения к классу опасности автоматически корректирует исходные данные с учетом соответствующего коэффициента приведения. Режим обработки с учетом биологической суммации действия предполагает дальнейшую конкретизацию задачи, с указанием эталонных загрязнителей, суммирующихся веществ.

В итоге расчета выводится значение «***S***», просуммированное по всем румбам для каждого вещества и на расстоянии, равном максимальной зоне влияния.

2. Вычисляется процентный вклад загрязняющих веществ в показатель «***S***» на различных расстояниях от источника загрязнения.

3. Вычисляется показатель «***S***» и процентный вклад в него загрязняющих веществ на различных расстояниях от источника загрязнения вдоль определенного румба.

Полученные расчетные данные сравниваются с фактическими данными, а также с размерами принятых санитарно-защитных зон.

## 9.1 Особенности разработки санитарно-защитных зон групп промышленных объектов

Для управления разработки проектов единых санитарно-защитных зон необходимо добавление методических пособий, а также принятие нормативных документов, поясняющих необходимость их разработки, уточняющих аспект проектирования и процедуру согласования.

Согласно данным государственного доклада о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения за 2010 год, всего на территории России в этом году было разработано 12 838 проектов, в том числе по 11 664 были получены положительные санитарно-эпидемиологические заключения.

Однако в настоящее время наметилась следующая закономерность. Если ранее инициатором разработки проекта СЗЗ чаще всего выступало само промышленное предприятие, реже – сторонний инвестор, планировавший некое развитие земельного участка (чаще всего размещение жилой застройки) в пределах ориентировочной СЗЗ промышленного предприятия, то теперь всё чаще инициатором выступает администрация населённого пункта.

Это связано, прежде всего, с требованиями Градостроительного кодекса РФ, согласно которому санитарно-защитные зоны являются зонами с особыми условиями использования территорий и должны вноситься в документы территориального планирования. Об этой тенденции говорится в письме Роспотребнадзора от 22.11.2010 № 01/16400-0-32 «О разъяснении изменений № 3 в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03», согласно которому СЗЗ для действующих объектов и производств должны устанавливаться в том числе и в случае принятия решения администрацией городского или сельского поселения о целесообразности выполнения подобных работ.

Но для обеспечения градостроительной деятельности максимальную информационную ценность представляет комплексная оценка ситуации, поэтому всё большую актуальность приобретают проекты единых санитарно-защитных зон (ЕСЗЗ) групп промышленных предприятий. Требование о необходимости разработки ЕСЗЗ приведено в п. 2.4 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция». К сожалению, в настоящее время отсутствуют методические рекомендации по разработке данных типов проектов.

Одним из спорных вопросов, который чаще всего возникает при разработке проектов ЕСЗЗ, является необходимость учёта промышленных предприятий, для которых уже установлена индивидуальная СЗЗ, а также предприятий IV–V классов опасности, если их индивидуальная ориентировочная СЗЗ выдержана. Если не брать во внимание предприятия IV–V классов опасности с выдержанными ориентировочными СЗЗ, то есть риск недоучесть общее воздействие промышленной зоны. А при разработке проекта с учётом всех объектов – так и не завершить его, поскольку данные объекты могут размещаться и ликвидироваться на территории промышленной зоны в течение короткого времени.

Следует обратить внимание, что вопрос целесообразности корректировки проекта ЕСЗЗ с учётом каждого изменения, произошедшего в составе предприятий промышленной зоны или в технологии отдельно взятого предприятия, практически не проработан. Очевидно, что неоднократные пересогласования документов подобного уровня нежелательны и нужна какая-то другая, достаточно

простая процедура подтверждения приемлемости происходящих изменений на уровне субъекта Российской Федерации.

Много вопросов вызывает распределение финансовых затрат на разработку проекта ЕСЗЗ между предприятиями различного класса. А также в зависимости от количества источников выброса акустических воздействий, расположенных на территории предприятия. Существуют проблемы финансирования работ по оценке риска (при разработке индивидуальных проектов СЗЗ оценка риска нужна только для предприятий I и II классов и поэтому на них обычно ложится большая часть затрат). При этом могут появляться разногласия в определении характера неактивного воздействия предприятия на окружающую среду, представленных в разных документах. Например, проекты ПДЕ индивидуальной СЗЗ и ЕСЗЗ, в рамках которых теоретически может быть выявлен источник, приоритетный при формировании неприемлемого уровня риска для здоровья населения, но относящихся к объекту IV класса опасности. И не являющегося приоритетным с точки зрения ПДВ.

При разработке раздела «Оценка воздействия действия на состояние атмосферного воздуха для санитарного зонирования (ЕСЗЗ)» наряду с достаточно банальными проблемами, связанными либо с отсутствием информации об источниках, либо с некорректно выполненной инвентаризацией, по некоторым источникам также возникают некоторые специфические вопросы, характерные именно для данного типа проектов.

К ним можно отнести распределение природоохранных мероприятий между различными промышленными объектами.

Данная задача возникает в ситуации, когда результатам расчётов рассеивания на границе единой расчётной санитарно-защитной зоны фиксируются превышения ПДК по определённым загрязняющим веществам, и при этом основные источники выбросов относятся к разным промышленным объектам. Очевидно, что в соответствии с законодательством Российской Федерации необходимо снижать выбросы загрязняющих веществ таким образом, чтобы обеспечить достижение гигиенических нормативов

на границе ЕСЗЗ. В такой ситуации возможны различные варианты реализации необходимых мероприятий.

Для примера рассмотрим два источника выбросов, каждый из которых определяет порядка 40% вклада в расчётную величину и не относится к разным промышленным объектам. В рамках разрабатываемых мероприятий этим предприятиям можно предложить установку пыле- газоочистительного оборудования, обеспечивающего определённый средний уровень очистки, а также можно рекомендовать выполнение аналогичного мероприятия только для одного источника, но с увеличением требований по уровню очистки.

С одной стороны, ввод двух новых очистительных установок представляется более целесообразным с точки зрения общего «чтения качества атмосферного воздуха, хотя бы потому, что одновременный выход из строя или существенное снижение эффективности работы сразу двух агрегатов будет менее вероятным. С другой стороны, если при примерно равных выбросах (в граммах в секунду) один из источников характеризуется существенно большим валовым выбросом, то целесообразнее именно на этот источник устанавливать систему очистки выбросов с большей степенью эффективности.

Возможна и ситуация, когда примерно равные выбросы дают источники, один из которых уже оборудован системой очистки, и дальнейшее увеличение её эффективности технически невыполнимо. Но формально, имея одинаковый вклад в результирующую концентрацию, оба предприятия должны обеспечить одинаковое снижение выбросов загрязняющих веществ на источнике.

Если добавить к этому необходимость учёта экономической составляющей, а также то, что в реальности обычно приходится рассматривать несколько десятков ведущих источников, принадлежащих 3–4 различным юридическим лицам, то становится очевидным, что выбор оптимального варианта подбора мероприятий превращается в нетривиальную задачу.

В настоящее время для каждого конкретного проекта удаётся решать её, только привлекая к активному диалогу руководителей, экологов, технологов и экономистов заинтересованных предприятий, а также специалистов фирм, осуществляющих поставку пыле- газоочистительного оборудования.

Разработка адекватного методического пособия, учитывающего и современный технический уровень предприятия, и экономиче-

скую целесообразность проекта, а также принятие нормативных документов, определяющих возможность перераспределения и продажи квот на выбросы загрязняющих веществ внутри группы предприятий, позволили бы существенно упростить решение описанной задачи, что в свою очередь увеличило бы количество разработанных проектов ЕСЗЗ, доведённых до этапа реализации, так как очень часто именно невозможность принятия согласованных решений препятствует завершению работ над проектом.

Вторым камнем преткновения при проектировании ЕСЗЗ часто выступает отсутствие чётких критериев выбора контрольных точек и загрязняющих веществ, подлежащих оценке в рамках мониторинга, выполняемого на границе расчётной СЗЗ для подтверждения её достаточности.

К сожалению, опыт работ в различных субъектах Российской Федерации показывает, что требования к объёмам натурных исследований и измерений, а следовательно, и к объёмам финансовых затрат как отдельного предприятия, так и группы промышленных объектов для окончательного установления размеров СЗЗ могут существенно варьироваться.

С учётом имеющихся разночтений в санитарном законодательстве для предприятий IV класса опасности в соответствии с п. 4.5 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 может потребоваться выполнение не менее 30 исследований на каждый ингредиент в отдельной точке. В то же время для группы промышленных предприятий, в состав которых входят объекты I, П классов опасности, в соответствии с п. 4 СанПиН 2.2.1/2.1.1.2739-10 «Изменения и дополнения № 3 к СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200- 03» и письмом Роспотребнадзора от 22.11.2010 № 01/16400-0-32 может потребоваться всего 20 натурных исследований загрязнений атмосферного воздуха в год. Такой же разброс может наблюдаться и при определении достаточного количества контрольных точек и количества веществ, подлежащих контролю.

На практике это требует от разработчиков проектов СЗЗ детального обоснования всех решений, изложенных в программе наблюдений, представляемой в составе проекта расчётной СЗЗ. Однако хотелось бы отметить одну общую тенденцию: количество исследований (которое можно определить как количество контрольных точек, умноженное на количество контролируемых

загрязняющих веществ и умноженное на кратность исследований) для одного предприятия при подтверждении размеров ЕСЗЗ почти всегда меньше для каждого предприятия, чем при подтверждении размеров индивидуальной СЗЗ. Так, при разработке проекта индивидуальной СЗЗ среднее количество контрольных точек – порядка 3, а количество контролируемых ингредиентов 2013ч около 8. Аналогичные величины для проекта ЕСЗЗ – 10 и 15 соответственно. Таким образом, при одинаковых требованиях к кратности замеров при наличии 4–10 объектов в промышленной зоне получается существенная экономии средств на выполнение мониторинга каждой организации, входящей в ЕСЗЗ. Ещё одним перспективным направлением, к сожалению, до настоящего времени редко реализуемым на практике, является включение в систему мониторинга на границах ЕСЗЗ автоматизированных стационарных постов контроля состояния атмосферного воздуха. Использование подобного оборудования, дающего более объективные данные о содержании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, особенно актуально в случае, когда требуется контролировать вещества, для которых определены только среднесуточные ПДК, или если причиной контроля загрязнителя является высокий уровень риска для здоровья населения.

Подводя итог, можно констатировать, что появление новых методов и технических устройств очистки промышленных выбросов и дальнейшее усовершенствование оборудования для контроля загрязнения атмосферного воздуха будет востребовано, в том числе и при выполнении работ по обоснованию размеров ЕСЗЗ.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

## ПИСЬМО РОСПОТРЕБНАДЗОРА *О* РАЗЪЯСНЕНИИ ОТДЕЛЬНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ САНПИН 2.2.1/2.1.1.1200-03 (НОВАЯ РЕДАКЦИЯ)

***ОТ 24 АВГУСТА 2012 Г. № 01/9550-12-32***

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека направляет разъяснения по отдельным положениям санитарных правил СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (новая редакция), утверждённых постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25 сентября 2007 г. № 74 и зарегистрированных Минюстом России 25 января 2008 г., регистрационный № 10995 (*далее* – СанПиН М.1/2.1.1.1200-03).

В соответствии с требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 в целях установления окончательного размера санитарно-защитной зоны (*далее* – СЗЗ) после ввода предприятия, сооружения или иного объекта в эксплуатацию (*далее* – действующие объекты) расчётные границы СЗЗ должны быть подтверждены результатами натурных исследований атмосферного воздуха и измерений физических факторов воздействия на атмосферный воздух. В случае сокращения размеров СЗЗ по сравнению с размерами, приведёнными в классификации главы VII СанПиН 2.2-Щ 2.1.1.1200-03 или с ранее установленными, согласно требованиям пункта 4.5 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 размер СЗЗ для действующих объектов может быть уменьшен:

– при объективном доказательстве достижения уровня химического, биологического загрязнения атмосферного воздуха, и физических воздействий на атмосферный воздух до ПДК и ПДУ на границе ССЗ и за её пределами по мате-

риалам систематических лабораторных наблюдений для предприятий I и II классов опасности (не менее пятидесяти дней исследований на каждый ингредиент в отдельной точке) и измерений и оценке риска для здоровья; для промышленных объектов и производств III, IV, V классов опасности по данным натурных исследований приоритетных показателей за состоянием загрязнения атмосферного воздуха (не менее тридцати дней исследований на каждый ингредиент в отдельной точке) и измерений;

– при подтверждении измерениями уровней физического воздействия на атмосферный воздух на границе ССЗ до гигиенических нормативов и ниже;

– при уменьшении мощности, изменении состава, перепрофилировании промышленных объектов и производств и связанном с этим изменении класса опасности;

– при внедрении передовых технологических решений, эффективных очистных сооружений, направленных на сокращение уровней воздействия на среду обитания.

При составлении программы натурных исследований и измерений рекомендуется распределять их в течение года посезонно.

На границе жилой застройки подтверждением соблюдения гигиенических нормативов являются результаты натурных исследований атмосферного воздуха и измерений уровней физических воздействий на атмосферный воздух в рамках проведения надзорных мероприятий, а также данные производственного контроля, который в том числе включает данные лабораторного контроля.

Лабораторные исследования атмосферного воздуха и измерения физических воздействий на атмосферный воздух согласно требованиям пункта 2.12 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 проводятся на границе ССЗ промышленных объектов и производств, а также в жилой застройке лабораториями, аккредитованными в установленном порядке на проведение таких работ.

Требования о необходимости представления данных натурных Исследований и измерений размещаемыми и действующими объектами малого бизнеса, относящимися к V классу опасности, установлены в пункте 3.17 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-0з|й

В связи с выходом настоящего письма положения письма Роспотребнадзора от 22 ноября 2010 г. № 01/16400-0-032 «О разъяснении изменений № 3 в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03» утрачивают силу и не подлежат применению.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ларионов, Н.М. Промышленная экология [Текст]: учебник для бакалавров/ Н.М. Ларионов, А.С. Рябышенков. – М.: Юрайт, 2012. – 495 с.: ил.

2. Калыгин, В.Г. Экологическая безопасность в техносфере. Термины и определения [Текст]: справочник/ В.Г. Калыгин. – М.: КолосС, 2008. – 368 с.: ил.

3. Калыгин, В.Г. Промышленная экология [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.Г. Калыгин. – Изд. 4-е, перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 432 с.: ил.

4. Мазур, И.И. Курс инженерной экологии [Текст]: учебник для вузов / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 510 с.: ил.

5. Гутенев, В.В. Промышленная экология [Текст]: учеб. пособие для вузов/ В.В. Гутенев, В.В. Денисов. – М.: Ростов н/Д: МарТ, 2007. – 720 с. : ил.6. Тотай А.В. Экология [Текст] : учеб. пособие для бакалавров / А.В. Тотай, А.В. Корсаков. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2012. – 411 с. : ил.

7. Вартанов А.З., Рубан А.Д., Шкуратник В.Л. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг. Рекомендовано учебно-методическим объединением в качестве учебника для студентов высших учебных заведений. – М.: Горная книга, 2009.-647 с. – Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/book/68912/

8. Инженерная экология и экологический менеджмент: Учебник / Под ред.: Иванов Н.И., Фадин И.М. – 3-е изд. – М.: Логос, 2011. – 518 с. – Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/book/89785/

9. Справочник инженера по охране окружающей среды. (Эколога) / Под ред.: Перхуткин В.П. – М.: Инфра-Инженерия, 2006. – 864 с. – Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/book/70503/

*Учебное издание*

Валентин Валентинович Вершинин,
Дмитрий Анатольевич Шаповалов,
Алла Олеговна. Хуторова,
Вера Александровна Широкова,
Наталья Вячеславовна Хватыш,
Анатолий Федорович Гуров

# ЭКОЛОГИЯ ТЕХНОСФЕРЫ

**Учебное пособие**

*для самостоятельного изучения дисциплин*
*по направлениям подготовки:*
*21.03.02 «Землеустройство и кадастры»*
*05.03.01 «Экология и природопользование»*
*20.03.01 «Техносферная безопасность»*

*Редакционно-издательский отдел ГУЗ*
Сдано в производство 22.05.2017. Подписано в печать 27.12.2017.
Формат 60 х 84 1/16. Объем 10,25 п.л., 9,0 уч.-изд.л.
Бумага офсетная. Тираж 100 экз. Заказ № _____.

Участок оперативной полиграфии ГУЗ
105064, г. Москва, ул. Казакова, 15