

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГОУВПО «МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КОМИТЕТ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ АДМИНИСТРАЦИИ  
ГОРОДСКОГО ОКРУГА «ГОРОД ЙОШКАР-ОЛА»

Е.А. АЛЯБЫШЕВА Е.В. САРБАЕВА Т.И. КОПЫЛОВА О.Л. ВОСКРЕСЕНСКАЯ

# **ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Учебное пособие

Йошкар-Ола, 2010

ББК Б1  
УДК 502.1  
А 601

Рецензенты:

**О.П. Войнов**, мэр города Йошкар-Олы;

**В.М. Титов**, первый заместитель мэра города Йошкар-Олы;

**Р.И. Винокурова**, д-р б. наук, профессор МарГТУ

*Рекомендовано к изданию  
редакционно-издательским советом МарГУ*

**Алябышева Е.А.**

А 601 Промышленная экология: учебное пособие / Мар. гос. ун-т.;  
Е.А. Алябышева, Е.В. Сарбаева, Т.И. Копылова, О.Л. Воскресенская. –  
Йошкар-Ола, 2010. – 110 с.

ISBN 978-5-94808-609-5

В учебном пособии рассмотрены экологические проблемы разных отраслей промышленности. Большое внимание уделено мониторингу и методам прогнозирования проявления опасных экологических факторов; основным инженерно-техническим мерам предотвращения загрязнения урбанизированной среды и нормализации ее состояния, а также ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным, инженерно-техническим направлениям, а также для специалистов природоохранных организаций, научных работников, учителей и обучающихся школ.

**ББК Б1  
УДК 502.1**

**ISBN 978-5-94808-609-5**

© ГОУ ВПО «Марийский государственный  
университет», 2010  
© Алябышева Е.А., Сарбаева Е.В., Копылова Т.И.,  
Воскресенская О.Л., 2010

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
<b>Глава 1. Предмет и задачи промышленной экологии .....</b>	<b>5</b>
<b>Глава 2. Техногенные системы .....</b>	<b>8</b>
<b>Глава 3. Экологические проблемы энергетики и пути их решения .....</b>	<b>10</b>
3.1. Методы расчета токсичных выбросов в атмосферу с уходящими газами ТЭС .....	19
<b>Глава 4. Экологические проблемы транспорта и пути их решения .....</b>	<b>24</b>
4.1. Оценка работы двигателей автотранспорта .....	30
<b>Глава 5. Экологические проблемы отдельных отраслей промышленности .....</b>	<b>34</b>
<b>Глава 6. Противодействие угрозам природного и техногенного характера .....</b>	<b>41</b>
6.1. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей .....	47
6.2. Экологическая безопасность .....	54
6.3. Методы оценки риска .....	56
6.3.1. Основные показатели риска, характеризующие опасности промышленных аварий .....	58
6.4. Оценка социального и индивидуального рисков.....	63
<b>Глава 7. Инженерная защита среды обитания .....</b>	<b>68</b>
7.1. Оценка загрязнения поверхностных водоемов .....	82
7.2. Методы расчета нормативов образования отходов .....	88
Тестовые задания для самоконтроля .....	93
Список литературы .....	107

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Стратегия устойчивого развития России предполагает планомерный, стабильный экономический рост страны с учетом рационального использования природных ресурсов и сохранения благоприятной окружающей среды для настоящего и будущих поколений людей.

Главной задачей дисциплины «Промышленная экология» является формирование экологического мировоззрения будущих специалистов, которое позволит им профессионально анализировать и оценивать собственную производственную деятельность в отношении к окружающей природной среде и принимать экологически обоснованные решения.

Изучение дисциплины должно способствовать овладению студентами комплексом знаний, связанных с биосферой, экосистемой, техносферой, экономикой природопользования, комплексным и рациональным использованием природных ресурсов. Предмет промышленная экология изучается на старших курсах и базируется на знаниях других экологических дисциплин.

Учебное пособие написано на основе курсов лекций по следующим дисциплинам: «Общая экология», «Прикладная экология», «Урбоэкология», «Техногенные системы», «Системная экология», «Экология России», «Экология Республики Марий Эл», «Экология человека», «Санитарно-гигиенический мониторинг», читаемых в ГОУВПО «Марийский государственный университет».

Учебное пособие разделено на предисловие, семь глав и комплект тестовых заданий, который можно использовать как для самоконтроля студентов, а также для организации промежуточных и итоговых аттестаций студентов.

В учебном пособии рассматриваются закономерности функционирования техногенных систем, экологические проблемы транспорта и отдельных отраслей промышленности, вопросы противодействия угрозам природного и техногенного характера, вопросы инженерной защиты среды обитания. Кроме этого подробно рассмотрены методы расчета токсичных выбросов в атмосферу с уходящими газами ТЭС и нормативов образования отходов, оценки загрязнения поверхностных водоемов, работы двигателей автотранспорта, последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей и социального и индивидуального рисков.

Материал учебного пособия изложен на основе действующих законодательных и нормативных документов по охране окружающей среды и рациональному природопользованию.

Учебное пособие для студентов вузов составлено в соответствии с государственным образовательным стандартом для высших учебных заведений.

## ГЛАВА 1

### ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ

Наиболее массированный вред окружающей природной среде наносят промышленные предприятия, энергетика и автомобильный транспорт, которые являются неотъемлемыми компонентами урбанизированных территорий (Денисов, 2007).

Интенсивное развитие хозяйственной деятельности людей, деградация естественных экосистем, аварии и катастрофы на промышленных объектах требует нового подхода к организации и функционированию предприятий и экономической системы в целом; надлежащий вклад в формировании и реализации такого подхода должна внести промышленная экология.

Понятие «*промышленная экология*» появилось в начале 80-х годов XX века и к настоящему времени существует несколько определений данного термина. Н.Ф. Реймерс (1990) дает следующее определение: «*Промышленная экология*» – дисциплина, рассматривающая воздействие промышленности – от отдельных предприятий до техносферы – на природу, и наоборот, – влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов. Это же определение использовано В.Г. Калыгиным (2000) и В.В. Денисовым (2007).

В работе Р.А. Степень и С.М. Репях (2000) под *промышленной экологией* понимается наука об эколого-экономических системах. А.А. Челноков и Л.Ф. Ющенко (2001) также считают, что современная *промышленная экология* – это самостоятельная наука, изучающая влияние промышленной деятельности на биосферу, а также определяющая пути достаточно безболезненного для человеческой цивилизации перехода техносферы в ноосферу.

В.В. Снакин (2000) считает, что *промышленная экология* – это научное направление, предметом изучения которого является непосредственное отрицательное антропогенное воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Большинство специалистов считают, что наиболее полно содержание дисциплины отражено В.А. Зайцевым (1999), который считал, что *промышленная экология* рассматривает (изучает) взаимосвязь (и взаимозависимость) материального, в первую очередь промышленного, производства, человека и других живых организмов

и среды их обитания, то есть предметом изучения промышленной экологии являются эколого-экономические системы.

На рисунке 1 показана взаимосвязь отдельных отраслей экологии и место промышленной экологии в ряду экологических наук.



Рис. 1. Место промышленной экологии в ряду экологических наук (по В.Т. Медведеву, 2002)

Одной из главных задач промышленной экологии является нахождение путей для рационального использования природных ресурсов, предотвращения их исчерпания, деградации и загрязнения окружающей среды, а в конечном итоге – совмещение техногенного и биогеохимического круговоротов веществ.

Промышленная экология – функциональная дисциплина, так как наряду с установлением структуры и законов развития эколого-экономических систем, предметом исследования промышленной

экологии является установление динамических связей внутри них, то есть функционирование подобной системы как единого целого.

Методологической основой промышленной экологии служит системный подход с учетом всего многообразия экономических, биологических, социальных, технологических и других связей, их разнообразия и соподчинения (Галактионова, 2002).

Технологий в человеческом обществе существует, по крайней мере, столько же, сколько и разных видов созданных человеком продуктов (а многие продукты имеют и по множеству разных технологий), все это многообразие технологий можно подразделить на три основных класса: физико-механические, химические и биотехнологические.

В *физико-механических технологиях* исходный материал (сырье) в процессе получения продукта меняет форму или агрегатное состояние, но не изменяет своего химического состава (например, технология переработки древесины для производства деревянной мебели). В процессе получения продукта в *химических технологиях* сырье претерпевает изменения химического состава (например, получение полиэтилена из природного газа). *Биотехнологические процессы* занимают особое место в природоохранных технологиях, поскольку в основе своей являются экологически чистыми производствами (например, микробиологическая очистка сточных вод предприятий и почв от нефти и нефтепродуктов) (Галактионова, 2002).

В основе промышленной экологии лежит концепция «*безотходной технологии*», предусматривающей цикличность материальных потоков. На Общевропейском совещании по сотрудничеству в области охраны окружающей среды (г. Женева, 1979 г.) было сформулировано понятие «*безотходная технология*» – «...практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и защитить окружающую среду».

В настоящее время, особенно за рубежом, часто применяется термин *чистое производство* как «...производство, которое характеризуется непрерывным и полным применением к процессам и продуктам природоохранной стратегии, предотвращающей загрязнение окружающей среды таким образом, чтобы понизить риск для человечества и окружающей среды».

## ГЛАВА 2

### ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Современная биосфера подвержена разносторонним антропогенным воздействиям, которые осуществлялись на протяжении почти всей человеческой истории, но в течение последних двух столетий они многократно усилились и привели к существенным количественным и качественным изменениям биосферы. Человеческая цивилизация обусловила появление на планете новой глобальной материальной системы в виде многослойной насыщенной сферы искусственно созданных объектов (Вронский, 1996).

Люди активно расширяют свою экологическую нишу, создавая техносферу. *Техносфера* представляет собой совокупность искусственных объектов, созданных целенаправленной деятельностью человека, и природных объектов, измененных этой деятельностью (Никаноров, Хоружая, 2001; Калыгин, 2006).

Совокупность инженерно-технических процессов в земной коре, гидросфере, атмосфере и ближнем Космосе, научных и технических достижений, позволяющих человеку использовать природные ресурсы, а также перестройка биосферы и создание техносферы, где господствует человечество как геологическая сила, т.е. все, что связано с производственной деятельностью человека, называют *техногенезом*. Созданные в процессе техногенеза или возникшие как его побочный результат искусственные вещества, включая вышедшую из строя технику, оказывающие определенные воздействия на среду обитания организмов, называют *техногенной продукцией*.

*Техногенная система* – это сложная, искусственно созданная человеком в результате производственной деятельности система, которая находится в контакте с окружающей природной средой (Степановских, 1998; 2003). В техногенных системах (в городах, на промышленных предприятиях) энергообмен резко отличается от процессов, происходящих в природе. Поток вещества и энергии через производственную систему практически не имеет обратной положительной связи. На входе – это все возрастающее потребление ресурсов и энергии, ведущее к деградации природных систем. На выходе – огромное количество отходов, поступающих в окружающую среду, что является главной причиной ее загрязнения. Энтропия техногенных систем имеет тенденцию к неумолимому росту:



возникают аварии, нарушаются связи управления, усиливается хаос. Для поддержания этих систем в рабочем состоянии требуются все увеличивающиеся энергетические затраты. Рост производства, увеличение населения больших городов ведут к обострению экологической обстановки (Маслов, 2002).

На территории России расположено более 24 тысячи предприятий, выбрасывающих вредные вещества в атмосферу и водоемы. Из них 33% выбросов дают предприятия металлургии, 29% – энергетические объекты, 7% – предприятия химической промышленности, 8% – объекты угольной промышленности. Более половины выбросов в атмосферу приходится на транспорт. Ежегодно в России улавливается и обезвреживается лишь 76% общего количества вредных веществ, 82% сбрасываемых вод не подвергается очистке, поэтому качество вод основных рек на территории России оценивается как неудовлетворительное.

Основными причинами возникновения техногенных опасностей являются:

- нерациональное размещение потенциально опасных объектов производственного назначения, хозяйственной и социальной инфраструктуры;
- технологическая отсталость производства, низкие темпы внедрения ресурсоэнергосберегающих и других технически совершенных и безопасных технологий;
- износ средств производства, достигающий в ряде случаев предаварийного уровня;
- увеличение объемов транспортировки, хранения, использования опасных или вредных веществ и материалов;
- снижение профессионального уровня работников, культуры труда, уход квалифицированных специалистов из производства, проектно-конструкторской службы, прикладной науки;
- низкая ответственность должностных лиц, снижение уровня производственной и технологической дисциплины;
- недостаточность контроля за состоянием потенциально опасных объектов; ненадежность системы контроля за опасными или вредными факторами;
- снижение уровня техники безопасности на производстве, транспорте, в энергетике, сельском хозяйстве;
- отсутствие нормативно-правовой базы страхования техногенных рисков (Петров, Макашев, 2008).

## ГЛАВА 3

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Объекты энергетики, как и многие предприятия других отраслей промышленности, представляют собой источники неизбежного, потенциального, до настоящего времени практически количественно не учитываемого риска для населения и окружающей среды (Иванов, Фадин, 2002; Медведев, 2002; Хван, 2003).

Энергетические объекты (топливно-энергетический комплекс вообще и объекты энергетики в частности) по степени влияния на окружающую среду принадлежат к числу наиболее интенсивно воздействующих на биосферу (рис. 2).



Рис. 2. Влияние энергоустановок на окружающую среду (по Т.А. Хвану, 2003)

Энергетика – основной движущий фактор развития всех отраслей промышленности, транспорта, коммунального и сельского хозяйства, база повышения производительности труда и благосостояния населения. У нее наиболее высокие темпы развития и масштабы производства. Доля участия энергетических предприятий в загрязнении окружающей среды продуктами сгорания органических видов топлива, содержащих вредные примеси, а также отходами низко потенциальной теплоты весьма значительна (рис. 3).

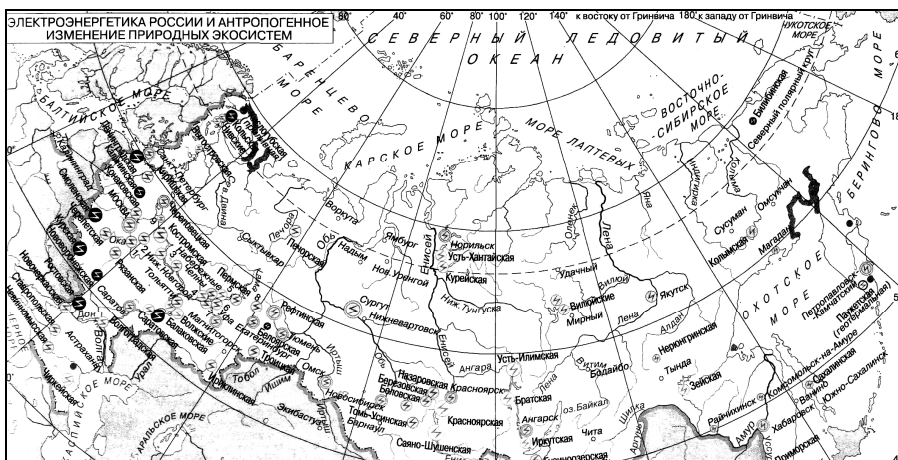


Рис. 3. Электроэнергетика России  
(по А.Г. Звереву, 2001)

Воздействие тепловых электростанций на окружающую среду во многом зависит от вида сжигаемого топлива. Топлива делятся:

- 1) по агрегатному состоянию – на твердое (применяется преимущественно для получения тепловой и электроэнергии), жидкое (в двигателях внутреннего сгорания, в корабельных (судовых) и стационарных котельных установках) и газообразное (главным образом в промышленности и коммунально-бытовом хозяйстве);
- 2) по происхождению – на природные и искусственные (Хван, 2003; Денисов, 2007, 2008).

К основным видам природного топлива относятся ископаемые: уголь, торф, нефть, дрова и природный газ.

Уголь – самое распространенное ископаемое топливо на нашей планете. Специалисты считают, что его запасов хватит на 500 лет. Кроме того, уголь распространен по всему миру более равномерно и он более экономичен, чем нефть. Различают три основных вида

ископаемых углей: антрацит, каменный и бурый угли. Из угля при высоком давлении можно получить экологически чистое синтетическое жидкое топливо.

*Торф* – продукт первой стадии образования ископаемых углей. При энергетическом использовании торфа имеет место ряд отрицательных последствий для окружающей среды: нарушение режима водных систем, изменение ландшафта и почвенного покрова в местах торфодобычи, ухудшение качества местных источников пресной воды и загрязнение воздушного бассейна, резкое ухудшение условий существования животных.

*Дрова* в настоящее время занимают второстепенное место в общем балансе топлива.

При сжигании твердого топлива в атмосферу поступают летучая зола с частицами недогоревшего топлива, сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, некоторое количество фтористых соединений, а также газообразные продукты неполного сгорания топлива. Летучая зола в некоторых случаях содержит помимо нетоксичных составляющих и более вредные примеси. Так, в золе донецких антрацитов в незначительных количествах содержится мышьяк, а в золе Экибастузского и некоторых других месторождений – свободный диоксид кремния, в золе сланцев и углей Канско-Ачинского бассейна – свободный оксид кальция.

В продуктах сгорания *жидких видов топлива* отсутствует летучая зола. При сжигании мазутов с дымовыми газами в атмосферный воздух поступают: сернистый и серный ангидриды, оксиды азота, соединения ванадия, соли натрия, а также вещества, удаляемые с поверхности котлов при чистке.

При сжигании *природного газа* существенным загрязнителем атмосферы являются оксиды азота. Однако выброс оксидов азота при сжигании на ТЭС природного газа в среднем на 20% ниже, чем при сжигании угля. Таким образом, природный газ является наиболее экологически чистым видом энергетического топлива и по выделению оксидов азота в процессе горения.

К искусственным топливам относятся: кокс доменных печей, искусственные горючие газы, моторное топливо и др. Каменноугольный кокс применяют для выплавки чугуна как высококачественное бездымное топливо и одновременно восстановитель железной руды. Искусственные горючие газы подразделяются на генераторные, коксовые и газы, образующиеся при газификации твердых топлив (воздушный и водяной газ). Моторное

топливо – это жидкое или газообразное горючее, используемое в двигателях внутреннего сгорания.

В теплоэнергетике источником массированных атмосферных выбросов и крупнотоннажных твердых отходов являются теплоэлектростанции, предприятия и установки паросилового хозяйства, т.е. любые предприятия, работа которых связана со сжиганием топлива.

Наряду с газообразными выбросами теплоэнергетика производит огромные массы твердых отходов, к ним относятся хвосты углеобогащения, зола и шлаки.

Загрязнение и отходы энергетических объектов в виде газовой, жидкой и твердой фазы распределяются на два потока: один вызывает глобальные изменения, а другой – региональные и локальные.

Так же обстоит дело и в других отраслях хозяйства, но все же энергетика и сжигание ископаемого топлива остаются источником основных глобальных загрязнителей. Они поступают в атмосферу, и за счет их накопления изменяется концентрация малых газовых составляющих атмосферы, в том числе парниковых газов. В атмосфере появились газы, которые ранее в ней практически отсутствовали – хлорфторуглероды. Это глобальные загрязнители, имеющие высокий парниковый эффект и в то же время участвующие в разрушении озонового экрана стратосферы. Таким образом, следует отметить, что на современном этапе тепловые электростанции выбрасывают в атмосферу около 20% от общего количества всех вредных отходов промышленности.

Сточные воды ТЭС и ливневые стоки с их территорий, загрязненные отходами технологических циклов энергоустановок и содержащие ванадий, никель, фтор, фенолы и нефтепродукты, при сбросе в водоемы могут оказать влияние на качество воды, водные организмы. Изменение химического состава тех или иных веществ приводит к нарушению установившихся в водоеме условий обитания и сказывается на видовом составе и численности водных организмов и бактерий и, в конечном счете, может привести к нарушениям процессов самоочищения водоемов от загрязнений и к ухудшению их санитарного состояния.

ТЭС производят энергию при помощи турбин, приводимых в движение нагретым паром. При работе турбин необходимо охлаждать водой отработанный пар, поэтому от энергетической станции непрерывно отходит поток воды, подогретой обычно на 8-12°C и сбрасываемой в водоем. Зоны подогрева крупных ТЭС занимают

площадь в несколько десятков квадратных километров. В результате повышения температуры в водоеме и нарушения их естественного гидротермического режима интенсифицируются процессы «цветения» воды, уменьшается способность газов растворяться в воде, меняются физические свойства воды, ускоряются все химические и биологические процессы, протекающие в ней и т.д. В зоне подогрева снижается прозрачность воды, увеличивается рН и скорость разложения легко окисляющихся веществ.

На территории г. Йошкар-Олы основными предприятиями электроэнергетики и теплоэнергетики являются ОАО «Йошкар-Олинская ТЭЦ-2» филиала ОАО «ТГК-5» «Марий Эл и Чувашии» и МУП «Йошкар-Олинская ТЭЦ-1» (Доклад..., 1998; Экология г. Йошкар-Олы, 2004; 2007; Ежегодный доклад..., 2010) (рис. 4).



Рис. 4. Предприятия электроэнергетики и теплоэнергетики г. Йошкар-Олы

*Экологические проблемы гидроэнергетики.* Важнейшая особенность гидроэнергетических ресурсов по сравнению с топливно-энергетическими ресурсами – их непрерывная возобновляемость. Отсутствие потребности в топливе для ГЭС определяет низкую себестоимость вырабатываемой на ГЭС электроэнергии. Поэтому сооружению ГЭС, несмотря на значительные удельные капиталовложения на 1 кВт установленной мощности и продолжительные сроки строительства, придавалось и придается большое значение, особенно когда это связано с размещением электроемких производств.

Гидроэлектростанция – это комплекс сооружений и оборудования, посредством которых энергия потока воды преобразуется в электрическую энергию. ГЭС состоит из последовательной цепи гидротехнических сооружений, обеспечивающих необходимую концентрацию потока воды и создание напора, и энергетического оборудования, преобразующего энергию движущейся под напором воды в механическую энергию вращения, которая, в свою очередь, преобразуется в электрическую энергию.

Несмотря на относительную дешевизну энергии, получаемой за счет гидроресурсов, доля их в энергетическом балансе постепенно

уменьшается. Одной из важнейших причин уменьшения доли энергии, получаемой на ГЭС, является мощное воздействие всех этапов строительства и эксплуатации гидросооружений на окружающую среду.

Одним из важнейших воздействий гидроэнергетики на окружающую среду является отчуждение значительных площадей пойменных земель под водохранилища. Земли вблизи водохранилищ испытывают подтопление в результате повышения уровня грунтовых вод. Эти земли, как правило, переходят в категорию заболоченных. Уничтожение земель и свойственных им экосистем происходит также в результате их разрушения водой (при формировании береговой линии).

Со строительством водохранилищ связано резкое нарушение гидрологического режима рек, свойственных им экосистем и видового состава гидробионтов. В перекрытых водохранилищами речных системах аккумулируются тяжелые металлы, радиоактивные элементы и многие ядохимикаты. В водохранилищах резко усиливается прогревание вод, что интенсифицирует потерю ими кислорода и другие процессы, обусловливаемые тепловым загрязнением. Последнее, совместно с накоплением биогенных веществ, создает условия для зарастания водоемов и интенсивного развития сине-зеленых водорослей. Ухудшение качества воды ведет к гибели многих ее обитателей, нарушаются пути миграции рыб, идет разрушение кормовых угодий, нерестилищ.

Водоохранилища оказывают заметное влияние на атмосферные процессы. С повышенным испарением связано понижение температуры воздуха, увеличение туманных явлений.

Чебоксарское водохранилище – одно из водохранилищ Волго-Камского каскада, расположенное на реке Волге, на территориях Чувашской Республики, Республики Марий Эл и Нижегородской области, было образовано плотиной Чебоксарской ГЭС, расположенной в г. Новочебоксарске (Чувашская Республика) (заполнено в 1980-1982 гг.). Площадь Чебоксарского водохранилища составляет 2190 км<sup>2</sup>, длина – 341 км, наибольшая ширина – 16 км, глубина – до 35 м. В зону затопления водохранилища попала часть территории Республики Марий Эл (Доклад..., 1998; Энциклопедия Марий Эл, 2009).

*Экологические проблемы ядерной энергетики.* Ядерная энергетика в настоящее время является наиболее перспективной, это связано с относительно большими запасами ядерного топлива и со щадящим

воздействием на среду. К преимуществам относится также возможность строительства АЭС, не привязываясь к месторождениям ресурсов, поскольку их транспортировка не требует существенных затрат в связи с малыми объемами (Никаноров, Хоружая, 2001) (табл. 1).

Таблица 1 – **Воздействие электростанций на окружающую среду в зависимости от используемого топлива**

<b>Топливо</b>	<b>Вредные выбросы</b>	<b>Воздействие на окружающую среду</b>	<b>Экономический ущерб (у.е.)</b>
Уголь Мазут	Двуокись серы Углекислый газ Бенз(а)пирен	Кислотные дожди. Парниковый эффект. Загрязнение, деградация экосистем от продуктов сгорания, производства и транспортировки топлива	5
Природный газ	Двуокись азота Углекислый газ		1,5
Ядерное топливо	Радиоактивность	Радиоактивность ниже установленных норм и естественного фона	1

Многолетний опыт эксплуатации АЭС во всех странах показывает, что они не оказывают заметного влияния на окружающую среду. Доля ядерной энергии в общем объеме вырабатываемой энергии многих развитых стран составляет весьма большую величину, особенно во Франции (79%), Швеции (43%), Южной Кореи (43%), Японии (32%). В России в настоящее время действует 31 реактор.

После 1986 г. (Чернобыльская катастрофа) главную экологическую опасность АЭС стали связывать с возможностью аварии, хотя вероятность их на современных АЭС и невелика, но она не исключается.

*Альтернативные источники энергии.* Помимо широкого использования невозобновляемых источников энергии (уголь, нефть, газ, ядерное топливо), активно изучается и реализуется возможность получения энергии за счет альтернативных (нетрадиционных) ресурсов, таких, как энергия ветра, солнца, геотермальная и энергия волн, а также других источников, которые относятся к неисчерпаемым, возобновляемым и экологически чистым (табл. 2), (рис. 5).

*Ветроэнергетика.* Является наиболее древним источником энергии. К настоящему времени испытаны ветродвигатели различной мощности. Сделаны выводы, что в районах с интенсивным движением



воздуха ветроустановки вполне могут обеспечивать энергией местные потребности, оправдано использование ветротурбин для обслуживания жилых домов и неэнергоемких производств.

Значительные успехи в создании ВЭС были достигнуты за рубежом (страны Западной Европы). Но самое широкое развитие ветроэнергетики получила в США.

При этом нет никаких расходов на утилизацию отработанного топлива и нет загрязнения окружающей среды. Однако ветровые источники энергии требуют огромных площадей. Ветроустановки являются дорогостоящими сооружениями, источниками сильных вибраций, шумов, они распугивают птиц и зверей, нарушая их естественный образ жизни, а при большом их скоплении на одной площадке могут существенно исказить естественное движение воздушных потоков с непредсказуемыми последствиями.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика различных способов получения энергии  
(по В.А Бейлину и др., 2001)

Тип электростанции	Удельный объем энергии с единицы площади занимаемой земли (Вт/м <sup>2</sup> )	Удельные капиталовложения (отн. ед.)
Ветровая	0,4	4,5
Солнечная	30	3
Геотермальная	4	3
Атомная	1300	1

*Использование энергии Солнца.* Солнечная энергия – практически неограниченный источник, мощность которого на поверхности Земли оценивается в 20 млрд. кВт. Это исключительно чистый вид энергии, который не загрязняет окружающую среду, а само ее использование не связано ни с какой биологической опасностью. Это практически неисчерпаемый источник энергии. Использование солнечного тепла – наиболее простой и дешевый путь решения отдельных энергетических проблем.

Наиболее распространено улавливание солнечной энергии посредством различного вида коллекторов. Они помещаются в прозрачную камеру, которая действует по принципу парника. Еще более просты нагревательные системы пассивного типа. Циркуляция теплоносителей здесь осуществляется за счет того, что нагретый воздух или вода поднимается вверх, а их место занимают более охлажденные теплоносители. Преобразование солнечной энергии в

электрическую возможно посредством использования фотоэлементов, в которых солнечная энергия индуцируется в электрический ток без всяких дополнительных устройств.

В тоже время крупномасштабное производство электроэнергии на солнечных электростанциях имеет определенные трудности, поскольку источник солнечной энергии отличается низкой плотностью. Поэтому площадь для сбора солнечной энергии и ее концентрации на оптических системах доходит до нескольких десятков квадратных километров.



Рис. 5. Классификация альтернативных источников энергии (по В.В. Денисову, 2007)

*Энергия воды, океанических и термальных вод.* Энергия, выделяемая при волновом движении масс воды в океане, действительно огромна. Средняя волна высотой 3 м несет примерно 90 кВт энергии на 1 м<sup>2</sup> побережья. Однако в настоящее время эта энергия используется в незначительном количестве из-за высокой себестоимости ее получения.

Недостаточно до настоящего времени используются энергетические ресурсы средних и малых рек. Небольшие плотины на реках оптимизируют гидрологический режим рек и прилежащих

территорий. Имеются расчеты, что на мелких и средних реках можно получать не меньше энергии, чем ее получают на современных крупных ГЭС.

Несравнимо более реальны возможности использования геотермальных ресурсов. В данном случае источником тепла являются разогретые воды, содержащиеся в недрах земли. Геотермальная энергия может использоваться как в виде тепловой энергии, так и для получения электричества. В настоящее время отдельные города или предприятия обеспечиваются энергией геотермальных вод (например, г. Рейкьявик). В России значительные ресурсы геотермальных вод имеются на Камчатке, но используются они пока в небольшом объеме.

ГеоТЭС может функционировать десятки лет, используя практически неугасаемые тепловые котлы. Себестоимость такой электроэнергии вполне сравнима с той, которую мы имеем на тепловых и атомных электростанциях. Кроме того, ГеоТЭС не наносит экологического урона, не загрязняет выбросами окружающую среду.

### **3.1. Методы расчета токсичных выбросов в атмосферу с уходящими газами ТЭС**

(по А.Я. Малкину, 1992, А.П. Хаустову, 2006)

Укрупненный расчет объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу основывается на учете следующих основных данных: количества сжигаемого в регионе топлива (в тоннах условного топлива разбивкой по видам (газ, мазут, различные виды твердого топлива, в том числе углей); характеристик сжигаемых на электростанциях данного региона видов топлива, включая их теплоту сгорания, сернистость, зольность и т.п.; показателей режимов сжигания топлива, влияющих на выход загрязняющих веществ; эффективности природоохранного оборудования (золоуловителей, устройств сероочистки дымовых газов и очистки дымовых газов от оксидов азота). Расчет в этом случае ведется по приведенным ниже зависимостям.

Количество золы, твердые частицы, тыс. т/год:

$$M_{омх}^3 = \sum_{i=1}^n M_{омxi}^3,$$

где  $i$  – вид топлива;  $n$  – количество видов топлива, сжигающихся на электростанциях региона в рассматриваемом году;  $M_{отх}^3$  – количество

отходящей золы, образующейся в котлах электростанций региона, сжигающих данный вид топлива в рассматриваемом году, тыс. т/год, рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{omxi}^3 = 0,01 \cdot B \left( \alpha_{yни} A_i^p + q_{4i} Q_{Hi}^p / 32680 \right),$$

где  $B$  – расход натурального топлива;  $q_{4i}$  – потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива, %;  $\alpha_{yни}$  – доля золы, уносимой из топки в газоходы котла при сжигании  $i$ -го вида топлива (может приниматься равным 0,9);  $A_i^p$  и  $Q_{Hi}^p$  – зольность (%) и теплота сгорания (кДж/кг)  $i$ -го вида топлива, соответственно, 32680 теплота сгорания углерода, кДж/кг.

Для разных видов топлива значения  $q_4$  равны: мазут – 0,02; уголь (пылевое сжигание) – 2,0; дизельное топливо – 0,01.

Выбросы золы в атмосферу:

$$M_{выбi}^3 = (1 - \eta_3) M_{omxi}^3,$$

где  $\eta_3$  – КПД золоулавливания по региону в среднем в расчетном году. Определяется с учетом ретроспективы, структуры ввода мощностей и достижений научно-технического прогресса (принимается нормативное минимальное значение 0,98). При расчете выбросов для отдаленной перспективы ориентируются на лучшие мировые образцы золоуловителей.

Количество отходящих оксидов серы, т/год, определяется по формуле:

$$M_{omx}^{SO_2} = \sum_{i=1}^n M_{omxi}^{SO_2},$$

где  $M_{отх.}^{SO_2}$  – количество отходящего диоксида серы, образующегося в котлах электростанций региона, сжигающих данный вид топлива в рассматриваемом году, тыс. т/год, рассчитывается по следующей формуле:

$$M_{omxi}^{SO_2} = 0,02 B S^p \left( 1 - \eta'_{SO_2} \right) \cdot \left( 1 - \eta''_{SO_2} \right),$$

где  $S^p$  – содержание серы в топливе на рабочую массу, %,  $\eta'_{SO_2}$  – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле;  $\eta''_{SO_2}$  – доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц; 0,02 – коэффициент перевода молекулярной массы серы в молекулярную массу диоксида серы.

Доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле, зависит от сети топлива и содержания свободной щелочи в летучей золе. Ориентировочные значения  $\eta'_{SO_2}$  при факельном сжигании различных

видов топлива следующие: мазут – 0,02; уголь – 0,1. Доля оксидов серы  $\eta''_{SO_2}$ , улавливаемых в сухих золоуловителях (электрофильтрах, батарейных циклонах), принимается равной нулю. В мокрых золоуловителях она зависит в основном от расхода и общей щелочности орошаемой воды и от приведенной сернистости топлива (в среднем она равна 0,1).

Выбросы:

$$M_{выб}^{SO_2} = \sum M_{omxi}^{SO_2} (1 - \eta'_{SO_2}),$$

где  $\eta'_{SO_2}$  – КПД сероулавливающей установки (0,8-0,9 при наличии такой установки или нулю при ее отсутствии).

Оксиды азота, отходящие, тыс. т/год (в пересчете на  $NO_2$ ):

$$M_{omxi}^{NO_2} = \sum_{i=1}^n M_{omxi}^{NO_2},$$

где  $M_{отх}^{NO_2}$  – количество отходящих оксидов азота, образующихся в котле электростанций региона, сжигающих данный вид топлива в рассматриваемом году, тыс. т/год:

$$M_{omxi}^{NO_2} = 0,034 \cdot 10^{-7} KBQ_H^p (1 - q_4 / 100) \beta_1 (1 - \varepsilon_1 r) \cdot \beta_2 \beta_3 \varepsilon_2,$$

где  $K$  – коэффициент, характеризующий выход оксидов азота, кг/г условного топлива;  $B$  – расход топлива данного вида, сжигаемого на электростанциях региона в рассматриваемом году, тыс. т/год;  $Q_H^p$  – теплота сгорания (кДж/кг  $i$ -го вида топлива;  $\beta_1$  – коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота качества сжигаемого топлива (содержание азота в топливе);  $\beta_2$  коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок  $\beta_2=1$ , для прямоточных  $\beta_2=0,85$ );  $\beta_3$  – коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления: при жидком шлакоудалении  $\beta_3 = 1,4$ , во всех остальных случаях  $\beta_3=1$ ;  $\varepsilon_1$  – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку;  $\varepsilon_2$  – коэффициент, характеризующий снижение выброса оксидов азота при подаче части воздуха помимо основных горелок (при двухступенчатом сжигании), определяется по рисунку 6;  $r$  – степень рециркуляции дымовых газов.

Данная формула эмпирическая и дает приближенное значение выбросов оксидов азота и рекомендуется для расчета выбросов энергетических котлов паропроизводительностью более 30 т/ч.

Коэффициент  $K$  для котлов паропроизводительностью более 70 т/ч при сжигании газа и мазута во всем диапазоне нагрузок, а также при

высокотемпературном сжигании твердого топлива с нагрузками выше 75% номинальной определяется по формуле:

$$K = 12D_{\phi} / 200 + D,$$

где  $D$  и  $D_{\phi}$  – номинальная и фактическая паропроизводительность значения  $\beta_1$  для энергетических котлов, в которых сжигается твердое топливо, определяется по формуле:

$$\beta_1 = 0,178 + 0,47N^{\Gamma},$$

где  $N^{\Gamma}$  – содержание азота на горючую массу в топливе, %.

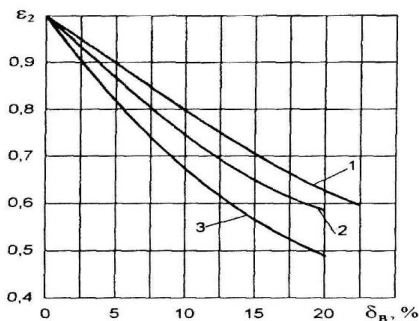


Рис. 6. График определения значений коэффициента  $\epsilon_2$ :  
1 – газ, 2 – мазут, 3 – газ,  $\sigma_B$  – доля воздуха, подаваемого помимо основных горелок

Значения коэффициента  $\epsilon_1$  при номинальной нагрузке и  $r \leq 30\%$  принимаются в соответствии с нижеприведенными данными. Значения коэффициента  $\epsilon_1$ : при сжигании газа и мазута и вводе газа рециркуляции: в подтопки (при расположении горелок на вертикальных экранах) – 0,002; через шлицы под горелками – 0,015; по наружному каналу горелок – 0,020; в воздушное дутье – 0,025; в рассечку двух воздушных потоков – 0,030; при высокотемпературном сжигании твердого топлива и вводе газа рециркуляции: в первичную аэрозоль – 0,010; во вторичный воздух – 0,005.

Выбросы:

$$M_{\text{выб}}^{\text{NOx}} = M_{\text{отх}}^{\text{NOx}} - \sum_{j=1}^m M_{\text{отх}j}^{\text{NOx}} \eta^{\text{NOx}},$$

где  $m$  – количество электростанций данного региона, оснащенных установками по разложению оксидов азота в дымовых газах;  $j$  – электростанция данного региона, оснащенная установками по разложению оксидов азота в дымовых газах;  $M_{\text{отх}}^{\text{NOx}}$  – количество отходящих оксидов азота, подвергшихся разложению на азот и кислород в дымовых газах на данной электростанции в четном году, тыс. т/год;  $\eta^{\text{NOx}}$  – эффективность мероприятия по разложению оксидов азота в дымовых газах (до 80%).

## РЕШИТЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** В котельной установлено два котла, работающих на подмосковном угле марки Б2Р. Определите объем дымовых газов, а также максимально разовые выбросы золы и оксидов серы, углерода, азота при показателях, приведенных ниже: технические характеристики котла – расчетный расход топлива на один котел – 500 г/с; температура отходящих газов в устье трубы – 150 °С; коэффициент избытка воздуха перед дымовой трубой – 1,75; потери теплоты с уносом от механической неполноты сгорания топлива – 1,00%; потеря тепла от неполноты сгорания топлива - механической – 4,00%, химической – 1,00%; доля твердых частиц, задерживаемых золоуловителем – 0,85; доля оксидов серы, связанных летучей золой в котле – 0,10; доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе котла попутно с улавливанием твердых частиц – 0; низшая теплота сгорания топлива – 11,48 МДж/кг; коэффициенты, характеризующие: долю потерь теплоты, обусловленную содержанием СО в продуктах сгорания –  $R=1,0$ ; влияние тепла на выход  $\text{NO}_2$  –  $\beta_1=0,9$ ; конструкцию горелок –  $\beta_2=1,0$ ; вид шлакоудаления –  $\beta_3=1$ ; эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий их подачи в топку –  $\varepsilon_1=1$ ; снижение выбросов  $\text{NO}_x$  при двухступенчатом дожигании –  $\varepsilon_2=1$ ; степень рециркуляции дымовых газов –  $r=0$ ; выход оксидов азота, кг/т условного топлива –  $\psi=5,9$ .

Таблица 3 – Характеристика топлива (состав угля, %)

A	S	W	C	H	N	O
28,8	4,1	32,8	24,7	3,6	1,0	5,0

**Задача 2.** В котельной установлено два котла, работающих на угле. Определить объем дымовых газов, а также максимально разовые выбросы золы и оксидов серы, углерода, азота при следующих показателях: расчетный расход топлива на один котел – 900 г/с, температура отходящих газов в устье трубы – 155 °С, остальные показатели см. в предыдущей задаче.

**Задача 3.** В котельной установлен один котел, работающий на угле. Определите объем дымовых газов, а также максимально разовые выбросы оксидов серы, углерода, азота при следующих показателях: расход топлива на один котел – 1000 г/с, температура отходящих газов в устье трубы – 145 °С, остальные показатели см. в предыдущей задаче.

Таблица 4 – Характеристика топлива (состав угля, %)

A	S	W	C	H	N	O
29,8	3,1	32,8	24,7	3,6	1,0	5,0

## ГЛАВА 4

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Транспорт – один из важнейших элементов материально-технической базы общественного производства и необходимое условие функционирования современного индустриального общества, так как с его помощью осуществляется перемещение грузов и пассажиров. Различают гужевой, автомобильный, сельскохозяйственный, железнодорожный, водный, воздушный и трубопроводный транспорт (Владимиров, 1999; Черных, 2003).

В настоящее время земной шар покрыт густой сетью путей сообщения, однако развитие различных видов транспорта, широкое развитие автотрасс привели к многократному увеличению прямого и косвенного воздействия транспорта на окружающую среду. При всем многообразии форм воздействия транспорта на окружающую природную среду их источники можно объединить в две основные группы:

1) *транспортные коммуникации* (автодороги, железные дороги, аэродромы, трубопроводы), они воздействуют на природную среду прямо, постоянно и длительно;

2) *транспортные средства* (автомобили, самолеты, суда), которые оказывают кратковременное влияние на природную среду (Малкин, 1992; Корчагин, 1997).

Для размещения транспортных коммуникаций нужны огромные площади земли и объемы воды и воздуха. В России протяженность автодорог превышает 0,5 млн. км. Под железные дороги страны отведено около 1 млн. га земли (10 тыс. км<sup>2</sup>).

На сегодняшний день автомобильный транспорт – главный загрязнитель атмосферы наших городов. Россия, как и большинство развитых стран мира, словно паутиной окутана сетями оживленных автомобильных трасс (Луканин, Буслаев, Трофименко, 1998; Экологическое состояние..., 2001).

По литературным данным, в США на 1000 жителей приходится 590 автомобилей, Швеции – 420, Японии – 285, Израиле – 145, Южной Кореи – 27, в Китае – 2, в России – 80 автомобилей.

Интенсивность транспортного потока на улицах г. Йошкар-Олы составляет в среднем 840 авт./ч (рис. 7). Наибольшей интенсивностью автопотока характеризуется ул. Машиностроителей (1518,0±49,9



авт./ч), минимальной – бульвар Чавайна (160,0±14,4 авт./ч) (Соколов, Алябышева, 2007; Мичеева, Алябышева, 2008) (рис. 8).



Рис. 7. Автотранспорт на улицах г. Йошкар-Олы

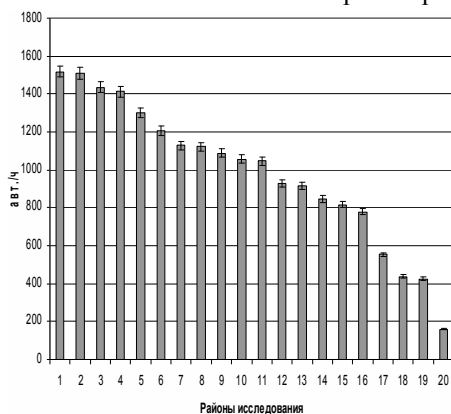


Рис. 8. Изменение интенсивности транспортного потока:

1 – Машиностроителей, 20; 2 – Эшкинина, 22; 3 – Первомайская, 114; 4 – Красноармейская, 99; 5 – Анциферова, 19; 6 – Строителей, 36; 7 – Комсомольская, 121; 8 – Кирова, 9; 9 – Красноармейская, 50; 10 – Первомайская, 101; 11 – Кирова, 13; 12 – Комсомольская, 155; 13 – К. Либкнехта, 71; 14 – Эшкинина, 22; 15 – Первомайская, 164; 16 – К. Либкнехта, 63; 17 – Анциферова, 19; 18 – Мира, 15; 19 – Мира, 41; 20 – Чавайна, 45.

В автомобильных двигателях внутреннего сгорания в мире ежегодно сжигается более 2 млрд. т нефтяного топлива. При этом коэффициент полезного действия в среднем составляет 23%, остальные 77% уходят на обогрев окружающей среды (Новиков, 1998).

Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (особенно карбюраторных) содержат около 200 химических соединений (рис. 9):

✓ оксид углерода и углеводороды (бензол, формальдегид, бенз(а)пирен) образуются при неполном сгорании топлива в условиях нехватки кислорода или слишком низких температурах горения, а также при испарении топлива;

✓ оксиды азота образуются при горении топлива; их количество сильно возрастает при повышении температуры сгорания;

- ✓ сажа выбрасывается преимущественно дизельными, а также газотурбинными двигателями; выброс зависит от типа двигателя, срока эксплуатации и от регулировки системы впрыскивания топлива;
- ✓ диоксид серы образуется при работе дизельных двигателей, поскольку дизельное топливо содержит серу;
- ✓ свинец добавляется в бензин в качестве антидетонатора, в год один автомобиль выбрасывает около 1 кг свинца;
- ✓ при работе автомобиля в атмосферу поступает также резиновая пыль, образующаяся при истирании покрышек.

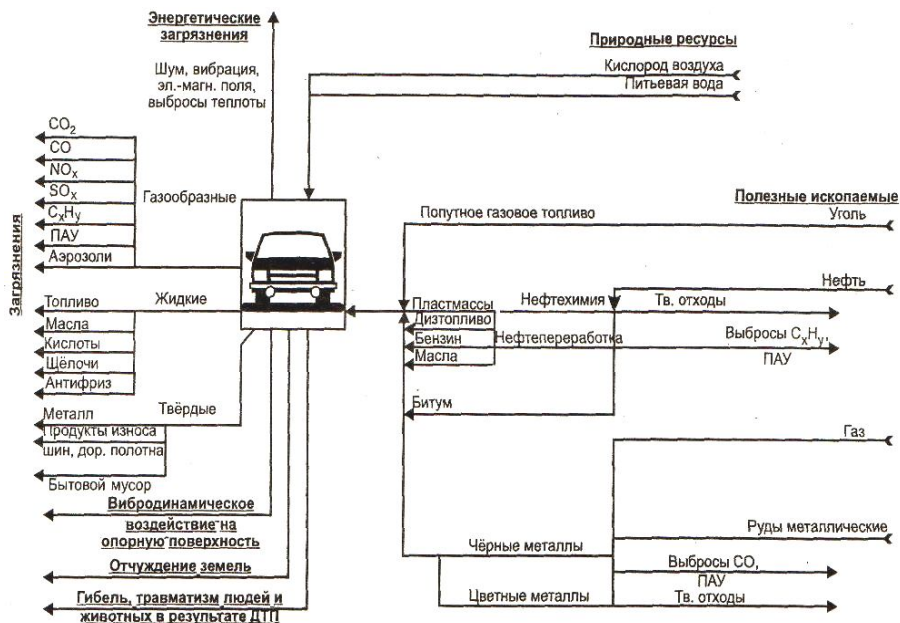


Рис. 9. Виды воздействия транспортных объектов на окружающую природную среду (по В.Н. Луканину, А.П. Буслаеву, Ю.В. Трофименко, 1998)

По данным Управления Роспотребнадзора по Республике Марий Эл (2009) на территории г. Йошкар-Олы объем выбросов от автотранспорта продолжал расти (78% от общего объема выбросов в атмосферу). При этом удельный вес проб с превышением ПДК составил в 2009 г. 3,1% (в 2008 г. – 8,0 %, в 2007 г. – 21,0 %). В жилых зонах, прилегающих к автомагистралям, наблюдалось превышение предельно допустимых концентраций таких загрязняющих веществ, как пыль, оксид углерода, двуокись азота (Государственный доклад..., 2010).

При строительстве и эксплуатации дорог, трубопроводов, аэродромов происходят почвозагрязняющие процессы: оползни, просадки и особенно дорожная эрозия. Природные комплексы, расположенные вблизи насыпей железных и шоссейных дорог, постепенно трансформируются и деградируют.

Известно, что вдоль автотрасс, железных дорог и выходящих на поверхность нефтегазотрубопроводов почвенный покров загрязняется соединениями свинца, серы, нефтепродуктами и другими веществами. Приземный слой воздуха вблизи автодорог загрязнен пылью, состоящие из частиц асфальта, резины, металла, свинца и другими веществами, часть которых обладает канцерогенным и мутагенным действием.

Фактором ухудшения качества среды обитания стало шумовое воздействие железнодорожных и шоссейных магистралей. Неблагоприятное воздействие на людей и других живых организмов оказывают электромагнитные поля, возникающие вдоль магистральных линий электропередач, особенно высоковольтных (Куклев, 2001).

На территории г. Йошкар-Олы уровень шума вблизи автомагистралей составляет 56-71 дБ и превышает ПДУ в 1,1-1,3 раза. В жилой зоне г. Йошкар-Олы (внутридворовая территория) уровень шума составлял 45,1-52,3 дБ и не превышал ПДУ. Тип конструкции зданий не оказывал существенного влияния на снижение уровня шума (Мичева, Алябышева, 2008) (рис. 10).

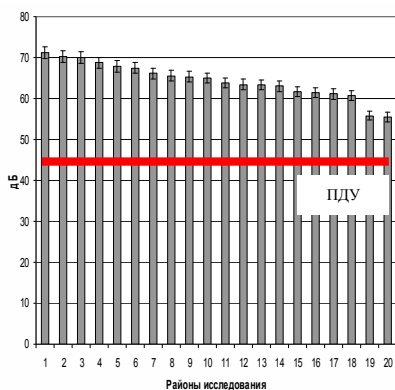


Рис. 10. Уровень шума на территории г. Йошкар-Олы:

1 – Машиностроителей, 20; 2 – Эшкинина, 22; 3 – Первомайская, 114; 4 – Красноармейская, 99; 5 – Анциферова, 19; 6 – Строителей, 36; 7 – Комсомольская, 121; 8 – Кирова, 9; 9 – Красноармейская, 50; 10 – Первомайская, 101; 11 – Кирова, 13; 12 – Комсомольская, 155; 13 – К. Либкнехта, 71; 14 – Эшкинина, 22; 15 – Первомайская, 164; 16 – К. Либкнехта, 63; 17 – Анциферова, 19; 18 – Мира, 15; 19 – Мира, 41, 20 – Чавайна, 45.

Приоритетными направлениями снижения загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом являются:

- ✓ применение новых видов автотранспорта, минимально загрязняющих окружающую среду (например, электромобиль);
- ✓ рациональная организация и управление транспортными потоками;
- ✓ использование более качественных или экологически чистых видов топлива (например, газ);
- ✓ применение совершенных систем – катализаторов топлива и систем шумоглушения – глушителей шума.

К технологическим мероприятиям по снижению выбросов автотранспорта относятся замена топлива и двигателя; совершенствование рабочего процесса двигателя; техническое обслуживание.

В условиях города двигатель автомобиля работает 30% времени на холостом ходу, 30-40% – с постоянной нагрузкой, 20-25% – в режиме разгона и 10-15% – в режиме торможения. При этом на холостом ходу автомобиль выбрасывает 5-7% оксида углерода к объему всего выхлопа, а в процессе движения с постоянной нагрузкой – только 1,0-2,5%. Условия, приближенные к работе под высокой нагрузкой, могут быть созданы путем увеличения числа передач или более частого переключения передач на оптимальный режим с помощью компьютера. Другим вариантом решения является использование вариаторов. Для каждого вида ДВС при прочих равных условиях объем загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферу, пропорционален расходу топлива. Поэтому экономия топлива означает сокращение выброса токсичных примесей в атмосферу.

В качестве комбинированного топлива наиболее употребительны смеси на основе бензина и спиртов. В Бразилии широко эксплуатируются автомобили, использующие в качестве топлива чистые спирты, их эксплуатация показала, что в отработавших газах резко снижено содержание оксидов азота и углеводородов. Введение спирта способствует повышению октанового числа при одновременном снижении содержания в отработавших газах оксидов азота и углеводородов.

При использовании пропан-бутановой смеси в отработавших газах в 4-10 раз снижается концентрация оксида углерода. В Канаде, Италии и США автомобили активно переводятся на использование природного газа. В отработавших газах резко снижается содержание сажи, оксида углерода и ряда органических соединений.

В качестве перспективных топлив могут быть использованы также аммиак и водород, причем водород особенно перспективен с

экологической точки зрения, так как при его сгорании образуются преимущественно пары воды.

Для очистки отработавших газов от бензиновых двигателей чаще всего применяют платинопалладиевые и платинородиевые катализаторы. В последнее время внедряются и более сложные составы, содержащие платину, родий, палладий и цирконий на гранулированном оксиде алюминия.

К планировочным мероприятиям относятся организация пересечения улиц на разных уровнях, подземных (надземных) пешеходных переходов и озеленение магистралей и улиц. Другим направлением является вынесение источника загрязнения за пределы селитебной территории, что достигается рациональным трассированием городских магистралей. Важное значение имеют сооружение магистралей-дублеров, а также организация функционирования системы хранения, паркования и технического обслуживания автомобилей.

К санитарно-техническим мероприятиям относится рециркуляция и нейтрализация отработавших газов.

К административным – установление нормативов качества топлива и допускаемых региональных выбросов; вывод из города транзитного транспорта, складских баз и терминалов; выделение полос движения общественного транспорта и скоростных дорог безостановочного движения.

*Разработка альтернативных видов автотранспорта.* Идеальный автомобиль для города – электромобиль. Он приводится в движение электродвигателем, который, в свою очередь, получает энергию от аккумуляторных батарей. Электромобиль почти не дает выбросов вредных веществ, у него большой крутящий момент на малых скоростях вращения, кроме того, он предпочтительнее с точки зрения удельной мощности и более компактен, он требует меньше регулировок, не потребляет много масла, проще система охлаждения, а топливная – вообще отсутствует, кроме того, он излучает значительно меньше шума, чем автомобили с дизельным или бензиновым приводом.

Шведские автостроители разработали гибридную модель автомобиля, у него два двигателя – электрический, питаемый от аккумулятора, и газотурбинный, потребляющий дизельное топливо.

В городских условиях весьма перспективным считается использование полуавтономных троллейбусов. Такой троллейбус

оснащен аккумуляторами, позволяющими преодолевать до 10 км автономно.

Солнечный электромобиль представляет собой комплекс, включающий электрический автомобиль и солнечный коллектор, который обеспечивает перезарядку аккумуляторной батареи во время его движения или стоянки.

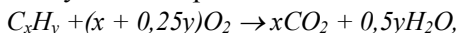
В автомобиле с инерционным двигателем в качестве накопителя энергии используется маховик. Такое нововведение позволяет обойтись без двигателя, коробки скоростей, радиатора, стартера и выхлопной трубы. Электроток от стационарного источника используется для раскрутки супермаховика из легких, но прочных на разрыв углеродных волокон. Когда он наберет обороты, напряжение отключается. Однако вращение продолжается несколько часов, поскольку супермаховик заключен в герметичную капсулу, из которой выкачан воздух, а магнитный подвес устраняет трение в подшипниках.

#### **4.1. Оценка работы двигателей автотранспорта** (по А.Я. Малкину, 1992, А.П. Хаустову, 2006)

Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий разработана Научно-исследовательским институтом автомобильного транспорта (НИИАТ) и предназначена для определения валовых и максимальных разовых выбросов автотранспорта.

Причина загрязнения воздуха разнообразными двигателями внутреннего сгорания, использующими в качестве топлива продукты нефтепереработки, заключается в неполном и неравномерном сгорании топлива.

Основная химическая реакция, протекающая при сгорании топлива, выглядит следующим образом:



где  $C_xH_y$  – условное обозначение гаммы углеводородов, входящих в состав топлива.

Основными загрязняющими веществами, входящими в состав выхлопных газов практически всех двигателей, являются  $CO$ ,  $C_xH_y$ ,  $NO_x$  (в пересчете на  $NO_2$ ). При определенных условиях в выхлопных газах содержатся также  $SO_2$ , сажа, бенз(а)пирен, соединения свинца и другие вещества.

Выбросы загрязняющих веществ автотранспортом осуществляются на следующих основных этапах его работы: прогрев двигателя,

холостой ход, пробег по территории предприятия и движение по трассе.

Удельные выбросы загрязняющих веществ двигателями автотранспорта зависят от категории автомобилей, от их грузоподъемности, типа двигателя, используемого топлива, организации контроля содержания загрязняющих веществ в отработанных газах, периода года. Периоды года (холодный, теплый или переходный) условно принимаются по величине среднемесячной температуры. Месяцы, в которых среднемесячная температура ниже минус  $5^{\circ}\text{C}$ , относятся к холодному периоду; месяцы со среднемесячной температурой выше плюс  $5^{\circ}\text{C}$  – к теплому периоду, а с температурой от минус  $5^{\circ}\text{C}$  до плюс  $5^{\circ}\text{C}$  – к переходному. Для разных климатических зон продолжительность условных периодов разная и определяется согласно СНиП 2.01.01.82. Влияние периода года учитывается только для автомобилей, выезжающих с открытых стоянок. На закрытых стоянках расчет годовых выбросов выполняется как для постоянного теплого периода года.

Пробег автомобиля по территории предприятия в день равен пути от центра площадки-стоянки до ворот при въезде и выезде в сумме, при этом принимается, что скорость движения составляет 10-20 км/ч, нагрузка практически отсутствует и основную часть выбросов составляют продукты неполного сгорания при прогреве двигателя – величина непостоянная, по мере прогрева выбросы  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_x\text{H}_y$  и сажи (С) уменьшаются, а выбросы  $\text{NO}_x$  незначительны. Удельные нормативные выбросы отражают интегральную оценку выбросов за это время.

Валовое выделение (в г/день) ЗВ одним автомобилем  $k$ -ой группы в день при выезде с территории предприятия ( $M'_k$ ) и возврате ( $M''_k$ ) определяется по формуле:

$$M'_k = g_{np} \cdot t_{np} + g_L \cdot L' + g_{xx} \cdot t_{xx}$$
$$M''_k = g_L \cdot L'' + g_{xx} \cdot t_{xx}$$

где  $g_{np}$  – удельное выделение загрязняющих веществ (ЗВ) при прогреве двигателя автомобиля, г/мин;  $g_L$  – удельное выделение ЗВ при движении по территории, г/км;  $g_{xx}$  – удельное выделение ЗВ двигателем на холостом ходу, г/мин;  $L$  ( $L'$ ) – пробег по территории предприятия в день при выезде (возврате), км;  $t_{np}$  – время прогрева двигателя, мин;  $t_{xx}$  – время работы двигателя на холостом ходу, мин.

Величина  $t_{np}$  принимается одинаковой для различных типов автомобилей, но существенно зависит от температуры воздуха (табл. 5).

В случае стоянки в помещении  $t_{пр}$  равно 0,5 мин. При наличии устройств прогрева при температуре ниже минус  $5^{\circ}\text{C}$   $t_{пр}$  равно 6 мин. Продолжительность работы двигателя на холостом ходу при выезде на линию (возврате) в среднем составляет 1 мин.

Таблица 5 – Зависимость времени прогрева от температуры воздуха

Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Время прогрева, мин
выше+5	4
+5...-5	6
-5...-10	12
-10...-15	20
-15...-20	28
-20...-25	36
ниже -25	45

Валовое выделение (Вт/год) загрязняющих веществ от группы из N штук автомобилей рассчитывается отдельно для теплого (Т), переходного (П) и холодного (Х) периодов года по следующей формуле:

$$M^{T(P,X)} = \alpha \cdot (M'_k + M''_k) \cdot N \cdot D^{T(P,X)} \cdot 10^{-6},$$

где  $\alpha$  – коэффициент выпуска – отношение количества выезжающих с территории предприятия к количеству имеющихся автомобилей данной группы;  $D^{T(P,X)}$  – количество рабочих дней в рассчитываемом периоде года (холодном, теплом, переходном).

Общее (годовое) валовое выделение ЗВ определяется суммированием по формуле:

$$M = M^T + M^P + M^X.$$

Максимально разовое выделение (в г/с) ЗВ автомобилями k-ой группы рассчитывается для месяца с наиболее низкой среднемесячной температурой по формуле:

$$G = \alpha \cdot M'_k \cdot N / (60 \cdot t_{пр}),$$

где  $t_{пр}$  – время разъезда автомобилей, мин.

## РЕШИТЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Комбинат имеет один грузовой автомобиль ГАЗ-51, место стоянки которого находится в 30 м от въездных ворот и 200 м от выездных ворот. Автомобиль выезжает с территории и въезжает один раз в день. Определите валовый выброс ЗВ на территории предприятия за 20 отработанных дней в июле.

**Задача 2.** Определите годовой валовый выброс оксида углерода от 20 автобусов Икарус-250 подмосковного автомобильного парка при



ежедневной работе с коэффициентом выпуска на линию, равным 0,7. Расстояние от центра открытой стоянки до ворот 250 м. Удельные выбросы CO автобусами большого класса с дизельными двигателями приведены в таблице 6.

**Задача.** Таксопарк выпускает на линию ежедневно 70 легковых автомобилей из 958 имеющихся. Расстояние от ворот до центра крытой стоянки 25 м, время разезда 45 мин. Определите валовый и максимально разовый выбросы в атмосферу оксидов азота общей вытяжной вентиляционной системой крытой стоянки. Удельные выделения NO<sub>x</sub> легковых автомобилей, использующих в качестве топлива бензин, при хранении в помещении принимаются как для теплого периода и составляют: при прогреве двигателя – 0,05 г/мин, при пробеге по территории – 0,4 г/км, на холостом ходу – 0,05 г/мин.

Таблица 6 – Удельные выбросы CO автобусами большого класса с дизельными двигателями

Период года	Теплый	Переходный	Холодный
при прогреве двигателя, г/мин	4,6	8,01	8,9
при пробеге по территории, г/км	5,1	5,58	6,2
на холостом ходу, г/мин		4,6	

## ГЛАВА 5

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТДЕЛЬНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Промышленность России состоит из двух больших групп отраслей – добывающей и обрабатывающей. *Добывающая промышленность* является важнейшей составной частью природопользования, обеспечивающей потребности общества минеральным сырьем.

Минеральные ресурсы относятся к числу невозобновляемых ресурсов, а месторождения полезных ископаемых являются исчерпаемыми. Разведанные месторождения полезных ископаемых служат минерально-сырьевой базой добывающей промышленности; ее развитие определяется уровнем производительных сил, потребностью в минеральном сырье и размерами инвестиций на освоение новых месторождений. Ежегодно в мире из горных пород извлекаются десятки млрд. т различного минерального сырья и топлива (Денисов, 2007).

На территории Республики Марий Эл расположены более 900 месторождений полезных ископаемых по 16 видам минерального сырья: гипса, ангидрита, карбонатных пород для производства строительного камня, извести, цемента и известкования почв; песка строительного, стекольного и формовочного, глин керамзитовых и кирпично-черепичных; торфа и сапропеля; лечебных грязей; пресных и минеральных вод (Энциклопедия..., 2009; Ежегодный доклад..., 2010).

На территории г. Йошкар-Олы осуществляется добыча подземных вод для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд и намывка песков под застройку (Доклад..., 1998).

К добывающей промышленности России относятся предприятия по добыче горнохимического сырья, руд черных и цветных металлов и нерудного сырья для металлургии, неметаллических руд, нефти, газа, угля, сланцев, солей, нерудных строительных материалов, легких природных заполнителей и известняка, а также ГЭС, предприятия лесозаготовки, по лову рыбы и добыче морепродуктов, водопроводы.

Особенностями природопользования в области добывающей промышленности являются то, что соответствующие предприятия создаются непосредственно на самом месторождении, их производственная мощность и срок службы зависят от размеров (объема) запасов полезного ископаемого. Добывающей отрасли

присущи масштабность и высокая специализация производства, в силу чего всегда присутствует тенденция укрупнения добывающих компаний. Добывающее производство является крупным потребителем материальных ресурсов, прежде всего природных, и сопровождается масштабным воздействием на природную среду (Денисов, 2007).

В зоне действия добывающих предприятий изымаются из сельскохозяйственного оборота земли, нарушаются целостность земных недр и водный режим, загрязняются земная поверхность, водные источники и воздушный бассейн; в конце концов, формируются новые ландшафты, во многом не отвечающие условиям нормальной жизнедеятельности человека (рис. 11).



Рис. 11. Экологические последствия разработки недр (по В.И. Коробкину, Л.В. Передельскому, 2000)

*Обрабатывающая промышленность* насчитывает десятки отраслей, каждая из которых имеет свои технологические особенности, специфические характерные только для нее выбросы (сбросы). К обрабатывающей промышленности относятся предприятия по производству черных и цветных металлов, проката, химических и нефтехимических продуктов, машин и оборудования, продуктов деревообработки и целлюлозно-бумажной промышленности, цемента и других строительных материалов, продуктов легкой и пищевой промышленности, а также предприятия по ремонту промышленных изделий.

*Химическая и нефтехимическая промышленность.* Химическая промышленность – это отрасль народного хозяйства, производящая различные виды химической продукции для всех отраслей промышленности, сельского хозяйства, сферы потребления.

Она производит продукты основной химии – аммиак, неорганические кислоты, щелочи, минеральные удобрения, соду, хлор и хлоропродукты, сжиженные газы, продукты органического синтеза – кислоты, спирты, эфиры, элементоорганические соединения, углеводороды, органические полупродукты, красители; синтетические материалы – смолы, пластмассы, химические и синтетические волокна, химические реактивы, товары бытовой химии и др. (Хван, 2003, Меньшиков, Швыряев, 2003; Денисов, 2007).

Влияние химических предприятий на окружающую среду зависит от применяемого сырья, технологии, используемой аппаратуры и оборудования, планировочных решений внутри предприятий, устройства территории. Химическая промышленность по количеству и токсичности выбрасываемых соединений занимает ведущее место. Основными выбросами химических предприятий являются газы, пары и пыль химических соединений.

Нефтеперерабатывающие заводы, относящиеся к крупнотоннажным производствам, выпускают горючие и смазочные материалы, битумы, электродный кокс, ароматические углеводороды. При переработке нефти в атмосферу поступают оксиды серы, углерода и азота, аммиак, сероводород, углеводороды, альдегиды, меркаптаны, фенолы. Со сточными водами в поверхностные воды поступает значительное количество нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, соединений азота, фенолов, солей тяжелых металлов. Большой проблемой являются токсичные отходы, стоящие из химически активных газов, образующихся при эксплуатации очистных сооружений.

На территории г. Йошкар-Олы расположены следующие предприятия данной отрасли промышленности – ОАО «Марбиофарм» (производство лекарственных средств, витаминных препаратов, аскорбиновой и липоевой кислот, масла шиповникового) (рис. 12), ООО НПФ «Геникс» (производство синтетических моющих и дезинфицирующих средств «Ника»), ООО «Завод порошковых изделий «Купол» (производство порошков).



Рис. 12. ОАО «Марбиофарм»

*Машиностроительная промышленность* – отрасль тяжелой промышленности, производящая всевозможные машины, орудия, приборы, а также предметы потребления и продукцию оборонного назначения.

Традиционно машиностроение делят на следующие группы отраслей: тяжелое машиностроение, общее машиностроение, среднее машиностроение, точное машиностроение, производство металлических изделий и заготовок, ремонт машин и оборудования.

Общее машиностроение представлено такими отраслями, как транспортное машиностроение (железнодорожное, судостроение, авиационное, ракетно-космическая промышленность), сельскохозяйственное, производство технологического оборудования для различных отраслей промышленности.

В состав среднего машиностроения входят автомобилестроение, тракторостроение, станкостроение, инструментальная промышленность, производство технологического оборудования для легкой и пищевой промышленности.

Ведущие отрасли точного машиностроения – приборостроение, радиотехническое и электронное машиностроение, электротехническая промышленность. Продукция отраслей этой группы исключительно разнообразна – это оптические приборы, персональные компьютеры, радиоэлектронная аппаратура, авиационные

приборы, волоконная оптика, радиоэлектронная аппаратура, лазеры и комплектующие элементы, часы.

В выбросах предприятий данной отрасли содержится пыль различного гранулометрического состава, диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, сероводород. Кроме того, выбрасываются масляные и сварочные аэрозоли, растворители ароматического ряда (бензол, толуол, ксилол, ацетон) и углеводороды эфирного ряда (бензин, уайт-спирит).

Машиностроительные предприятия являются источником существенного загрязнения сточными водами. Особой токсичностью выделяются сточные воды травильных отделений и гальванических цехов, в них содержатся соляная и серная кислоты, катионы металлов (около 40% стоков составляют хромсодержащие сточные воды).

Твердые отходы машиностроительных предприятий различной специализации отличаются относительно однородным составом – черные и цветные металлы, окалина, горелая формовочная смесь, древесина, пластмассы, бумага, картон.

На территории г. Йошкар-Олы расположены следующие предприятия машиностроения: ОАО «Марийский машиностроительный завод» (производство металлорежущих и деревообрабатывающих станков, деревообрабатывающего оборудования, чугунное литье и др.), ОАО «Контакт» (производство резисторов, деталей машин и изделий с упрочняющими покрытиями, ОАО «Биомашприбор» (производство медицинской техники и запчастей к ней), ФГУП «Завод полупроводниковых приборов» (производство полупроводниковых приборов – к предприятиям приборостроения (Государственный доклад..., 2008, 2009) (рис. 13).



ОАО «Контакт»

ФГУП «Марийский машиностроительный завод»

Рис. 13. Предприятия машиностроения г. Йошкар-Олы

*Промышленность строительных материалов.* Крупным источником твердых частиц, загрязняющих природную среду, являются цементные заводы, известковые печи, установки по производству магнезита, асфальта, печи обжига кирпича.

На территории г. Йошкар-Олы расположены ОАО «Стройкерамика» (производство силикатных кирпичей и других строительных материалов), ОАО «Маригражданстрой» (ведущая строительная компания Республики Марий Эл), ОАО Компания «Гардиан» (производство металлических дверей), ООО «Йошкар-олинское УППП ВОС» – производство металлических колпачков и крышек и др.

Согласно оценкам специалистов производство цемента и других вяжущих, стеновых материалов, асбестоцементных изделий, строительной керамики, тепло- и звукоизоляционных материалов, строительного и технического стекла сопровождается выбросами в атмосферу пыли и взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида серы и оксидов азота, сероводорода, формальдегида, толуола, бензола, оксида ванадия, ксилола.

*Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность.* Наиболее крупные предприятия отрасли сосредоточены в Восточносибирском, Северном, Северо-западном и Уральском регионах. Существуют два способа получения целлюлозы (основы для производства бумаги) – сульфитный и сульфатный. При сульфитном загрязняются преимущественно водные источники, при сульфатном – воздушный бассейн.

Характерными загрязняющими веществами, производимыми этими предприятиями, являются: твердые вещества, оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, толуол, сероводород, ацетон, ксилол, бутилацетат, этилацетат, метилмеркаптан, формальдегид.

Сточные воды при сульфитной технологии различаются по типу основных загрязняющих веществ, образуя коросодержащие, волокно-, каолино-, щелоко- и хлорсодержащие стоки. Эти сточные воды, попадая в водоемы, приводят к накоплению токсичных илов, к повышению биологической потребности кислорода, резкому ухудшению качества воды, гибели ценных пород рыб.

Города, вблизи которых расположены предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, являются наиболее неблагоприятными с экологической точки зрения, независимо от того, какая технология применяется (Денисов, 2007).

На территории г. Йошкар-Олы расположено более 100 деревообрабатывающих предприятий.

*Пищевая промышленность* – совокупность производств пищевых продуктов в готовом виде или в виде полуфабрикатов, а также табачных изделий, мыла и моющих средств, парфюмерно-косметической продукции. Часть отраслей пищевой промышленности тяготеет к сырьевым районам, другая часть – к районам потребления.

В системе агропромышленного комплекса пищевая промышленность тесно связана с сельским хозяйством как поставщиком сырья и с торговлей.

На территории г. Йошкар-Олы расположены ОАО «Йошкар-Олинская кондитерская фабрика» – предприятие кондитерской промышленности, ЗАО «Йошкар-Олинский мясокомбинат» (рис. 14) – предприятие мясной промышленности, ОАО «Йошкар-Олинский молочный комбинат» – предприятия масломолочной промышленности.



Рис. 14. ЗАО «Йошкар-Олинский мясокомбинат»

*Легкая промышленность* подразделяется на подотрасли: текстильную, швейную, кожевенную, меховую и обувную промышленность. Это отрасль не оказывает какого-либо значительного воздействия на окружающую среду. Доля отрасли в выбросах вредных веществ в атмосферу, сбросах сточных вод в поверхностные водоемы, в объемах образования токсичных отходов в промышленности не превышает 1%.

На территории г. Йошкар-Олы располагаются следующие предприятия данной отрасли промышленности: ЗАО, НП «Завод искусственных кож» (производство полимерной пленки, линолеума, мягкой искусственной кожи, клеенки на тканевой основе), ОАО «Йошкар-Олинская обувная фабрика» (производство обуви).



## ГЛАВА 6

### ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ УГРОЗАМ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

В условиях техносферы, когда величина любого потока меняется от минимально значимой до максимально возможной, можно выделить ряд характерных состояний системы «человек – среда обитания»:

- *комфортное* (оптимальное) – потоки вещества и энергии соответствуют оптимальным условиям взаимодействия, обеспечивают благоприятные условия деятельности и отдыха, создают предпосылки для проявления наивысшей работоспособности и, как следствие, продуктивной деятельности, гарантируют сохранение здоровья человека и целостности компонента «среда обитания»;

- *допустимое* – потоки веществ и энергии, воздействуя на человека и среду обитания, не оказывают негативного влияния на здоровье, но приводят к дискомфорту, снижая эффективность деятельности человека; соблюдение условий данного состояния не приводит к необратимым негативным процессам у человека и в среде обитания;

- *опасное* – потоки вещества и энергии превышают допустимые уровни и оказывают негативное воздействие на здоровье человека, при длительном воздействии вызывают заболевания и приводят к деградации природной среды;

- *чрезвычайно опасное* – потоки высоких уровней за короткий период времени могут нанести травму, привести к летальному исходу, вызвать разрушения в природной среде (Петров, Макашев, 2008).

Неблагоприятная обстановка техногенного происхождения, приведшая к выходу из строя, повреждению или разрушению технических устройств, транспортных средств, зданий, сооружений называется *техногенной опасной ситуацией*.

*Авария* – происшествие в технической сфере (системе), не сопровождающееся гибелью людей и непоправимым разрушением технических средств; не всякая авария является источником чрезвычайной ситуации.

*Катастрофа* – происшествие в технической системе, сопровождающееся гибелью людей, необратимым разрушением технических средств; соответствует признакам чрезвычайной ситуации.

*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 или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Чрезвычайные ситуации возникают намного реже, чем порождающие их опасные ситуации. Поэтому от ЧС страдает намного меньше людей, чем от повседневных опасностей. Например, в России от опасностей на дорогах ежегодно погибает 35 тыс. человек; но из этих 35 тыс. опасных ситуаций к ЧС относится не более 10%. Таким образом, ЧС – это более тяжкая разновидность опасной ситуации (Арустамов, 2006).

*Основными факторами возникновения опасностей и ЧС техногенного характера* являются:

- неустойчивое (напряженное) состояние объекта (личности, общества, государства, системы), при котором воздействие на него всех потоков вещества, энергии и/или информации превышают максимально допустимые значения (это снижает способности предупреждения, ослабления, устранения и отражения опасностей);
- увеличение энергоемкости, внедрение новых технологий и материалов, опасных для природы и человека;
- несовершенство и устарелость оборудования, снижение технологической и трудовой дисциплины;
- накопление отходов производства и энергетики, в т.ч. химических и радиоактивных;
- недостатки контроля надзорных органов и государственных инспекций;
- нехватка квалифицированных кадров, обладающих культурой безопасности на производстве и в быту;
- недостаточный уровень предупредительных мероприятий по уменьшению масштабов и последствий чрезвычайных ситуаций, снижению риска их возникновения.

Перечисленные факторы повышают риск возникновения опасных ситуаций, аварий и катастроф техногенного характера во всех сферах хозяйственной деятельности.

Классификация ЧС по масштабу распространения

Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» определяет шесть типов ЧС в зависимости

от территории распространения, количества людей, погибших или получивших ущерб здоровью, либо размера ущерба:

- *ЧС локального характера* – не выходит за пределы территории объекта, при этом количество пострадавших не более 10 человек или размер ущерба не более 100 тыс. руб.;

- *ЧС муниципального характера* – не выходит за пределы территории одного поселения или внутри городской территории города федерального значения, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер ущерба составляет не более 5 млн. руб.;

- *ЧС межмуниципального характера* – затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию, при этом количество пострадавших либо ущерба аналогично критериям ЧС муниципального характера;

- *ЧС регионального характера* – не выходит за пределы территории одного субъекта РФ, количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек, либо размер ущерба составляет свыше 5 млн. руб., но не более 500 млн. руб.;

- *ЧС межрегионального характера* – затрагивает территорию двух и более субъектов РФ, количество пострадавших либо размер ущерба аналогичен критериям ЧС регионального характера;

- *ЧС федерального характера* – количество пострадавших свыше 500 человек либо размер ущерба свыше 500 млн. руб.

#### Классификация ЧС по темпу развития

Каждому виду чрезвычайных ситуаций свойственна своя скорость распространения опасности, которая служит важной составляющей интенсивности протекания чрезвычайного события и характеризует степень внезапности воздействия поражающих факторов. С этой точки зрения ЧС можно подразделить на: *внезапные* (взрывы, транспортные аварии, землетрясения и т.д.); *стремительные* (пожары, выброс газообразных сильнодействующих ядовитых веществ, гидродинамические аварии и т.д.); *умеренные* (выброс радиоактивных веществ, аварии на коммунальных системах и т.д.); *плавные* (аварии на очистных сооружениях, эпидемии и т.д.). Плавные чрезвычайные ситуации могут длиться многие месяцы и годы, например, последствия антропогенной деятельности в зоне Аральского моря.

#### Классификация ЧС по видам чрезвычайных событий

Для практических нужд общую классификацию ЧС осуществляют по типам и видам лежащих в их основе чрезвычайных событий. По

такому комплексу признаков все ЧС техногенного характера разбивают на шесть групп: аварии на химически опасных объектах, аварии на радиационно-опасных объектах, аварии на пожаро-и взрывоопасных объектах, аварии на транспорте, аварии на гидродинамических объектах (табл. 7).

### Классификация ЧС по природе источника возникновения

По природе источников возникновения все ЧС подразделяются на пять групп.

#### 1. ЧС, связанные с возникновением аварий на опасных объектах:

- аварии на атомных электростанциях (АЭС);
- утечки радиоактивных газов на предприятиях ядерно-топливного цикла за пределы санитарно-защитной зоны (СЗЗ);
- аварии на атомных судах с радиоактивными загрязнениями акватории порта и прибрежной территории;
- аварии на ядерных установках инженерно-исследовательских центров с радиоактивным загрязнением территории;
- аварийные ситуации во время промышленных и испытательных ядерных взрывов, связанные со сверхнормативным выбросом радиоактивных веществ в окружающую среду;
- падение летательных аппаратов с ядерными энергетическими устройствами на борту с последующим радиоактивным загрязнением местности;
- незначительные загрязнения местности радиоактивными веществами при утере источников ионизирующих излучений, аварий на транспорте, перевозящем радиоактивные препараты, и в некоторых других случаях;
- аварии на химически опасных объектах с выбросом (утечкой) в окружающую среду аварийно химически опасных веществ (АХОВ);
- аварии с выбросом (утечкой) в окружающую среду бактериологических веществ или биологических веществ в концентрациях, превышающих допустимые значения.

#### 2. ЧС, обусловленные пожарами и взрывами и их последствиями:

- пожары в населенных пунктах, на объектах народного хозяйства и транспортных коммуникациях;
- взрывы на объектах и транспортных коммуникациях (в т.ч. при падении летательных аппаратов);
- взрывы в жилых зданиях.

**Таблица 7 – Перечень чрезвычайных ситуаций техногенного характера по группам (по Петрову, Макашеву, 2008)**

<b>Вид ЧС</b>	<b>Перечень ЧС</b>
Аварии на химически опасных объектах	Аварии с выбросом (угрозой выброса) химически опасных веществ при их производстве, переработке или хранении; аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) химически опасных веществ; образование и распространение химически опасных веществ в процессе протекания химических реакций, начавшихся в результате аварии; аварии с химическими боеприпасами
Аварии на радиационно опасных объектах	Аварии на атомных электростанциях, атомных энергетических установках; аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ на предприятиях ядерно-топливного цикла; радиоактивные отходы энергоустановок атомных кораблей и подводного флота; аварии при промышленных и испытательных ядерных взрывах с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ; аварии с ядерными боеприпасами или в местах их хранения (нахождения, установки)
Аварии на пожаро- и взрывоопасных объектах	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 на транспорте; пожары, взрывы в шахтах, подземных и горных выработках, метрополитенах; пожары, взрывы в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового и культурного назначения; неразорвавшиеся боеприпасы; утрата взрывчатых веществ
Аварии на транспорте	Крушения, аварии пассажирских и товарных поездов; аварии, катастрофы автомобильного транспорта; авиационные катастрофы; аварии и катастрофы на водном транспорте; аварии и катастрофы в метрополитене
Аварии на гидродинамических объектах	Прорыв плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др.) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений, прорывного паводка, повлекших смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях
Аварии на коммунально-энергетических объектах	Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения: аварии в канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ; аварии на тепловых сетях в холодное время года; аварии в системах снабжения населения питьевой водой; аварии на коммунальных газопроводах; аварии на очистных сооружениях (ОС): на ОС сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ; на ОС промышленных газов с массовым выбросом загрязняющих веществ; аварии на электроэнергетических системах: аварии на автономных электростанциях с долговременным перерывом электроснабжения всех потребителей; выход из строя транспортных электроконтактных сетей и др.

### 3. ЧС на транспортных коммуникациях:

- авиационные катастрофы;
- аварии на трубопроводах, вызвавшие выброс большой массы транспортируемых веществ и загрязнение ими окружающей среды;
- аварии на энерго- и других инженерных сетях, повлекшие нарушение нормальной жизнедеятельности населения в результате возникновения вторичных факторов.

### 4. ЧС, вызванные стихийными бедствиями:

- землетрясения силой 5 и более баллов по 12-балльной шкале;
- ураганы, смерчи, бури силой 10 и более баллов по 17-балльной шкале;
- катастрофические затопления и наводнения, образовавшиеся в результате разрушения гидротехнических сооружений, землетрясений, горных обвалов и оползней, паводков, половодья или нагонных явлений и цунами;
- сели, оползни, обвалы, лавины, снежные заносы и карстовые явления, вызвавшие разрушения в городах, на транспортных, энергетических и других инженерных сетях, образование завалов и т.п.;
- массовые, лесные и торфяные пожары, принявшие неуправляемый характер и повлекшие нарушение нормальной жизнедеятельности населения региона;
- факторы риска биолого-социального характера: эпидемии, эпизоотии и эпифитотии.
- столкновения и сход с рельсов железнодорожных составов;
- аварии на водных коммуникациях.

*Эпидемия* – массовое распространение инфекционного заболевания людей в какой-либо местности, стране, значительно превышающее обычный уровень заболеваемости этой болезнью.

*Эпизоотия* – массовое распространение инфекционного заболевания животных в какой-либо местности, значительно превышающее обычный уровень заболеваемости.

*Эпифитотия* – поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями.

### 5. ЧС военно-политического характера в мирное время:

- одиночный (случайный) ракетно-ядерный удар, нанесенный с акватории нейтральных вод кораблем неустановленной принадлежности или падение носителя ядерного оружия со взрывом боевой части;
- падение носителя ядерного оружия с разрушением или без разрушения боевой части;

- вооруженное нападение на штабы, пункты управления, узлы связи, склады войсковых соединений и частей (в т.ч. и ГО) (Петров, Макашев, 2008).

### **6.1. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей** (по РД 03-409-01)

Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных позволяет провести приближенную оценку различных параметров воздушных ударных волн и определить вероятные степени поражения людей и повреждений зданий при авариях с взрывами топливно-воздушных смесей. Рекомендуется для использования при определении масштабов последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей; при разработке и экспертизе деклараций безопасности опасных производственных объектов. При рассмотрении предполагается частичная разгерметизация или полное разрушение оборудования, содержащего горючее вещество в газообразной или жидкой фазе, выброс этого вещества в окружающую среду, образование облака ТВС, инициирование ТВС, взрывное превращение (горение или детонация) в облаке ТВС.

Исходными данными для расчета параметров ударных волн при взрыве облака ТВС являются:

- ✓ характеристики горючего вещества, содержащегося в облаке ТВС;
- ✓ агрегатное состояние ТВС (газовая или гетерогенная);
- ✓ средняя концентрация горючего вещества в смеси  $C_r$ ;
- ✓ стехиометрическая концентрация горючего газа с воздухом  $C_{ст}$ ;
- ✓ масса горючего вещества, содержащегося в облаке,  $M_r$ ;
- ✓ удельная теплота сгорания горючего вещества  $q_f$ ;
- ✓ информация об окружающем пространстве.

Основными элементами алгоритма расчетов являются:

- ✓ определение массы горючего вещества, содержащегося в облаке;
- ✓ определение эффективного энергозапаса ТВС;
- ✓ определение ожидаемого режима взрывного превращения ТВС;
- ✓ расчет максимального избыточного давления и импульса фазы сжатия воздушных ударных волн для различных режимов;
- ✓ определение дополнительных характеристик взрывной нагрузки;
- ✓ оценка поражающего воздействия взрыва ТВС.

## ПРИМЕР РАСЧЕТОВ

В результате аварии на автодороге, проходящей по открытой местности, в безветренную погоду произошел разрыв автоцистерны, содержащей 8 т сжиженного пропана. Для оценки максимально возможных последствий принято, что в результате выброса газа в пределах воспламенения оказалось практически все топливо, перевозившееся в цистерне. Средняя концентрация пропана в образовавшемся облаке составила около  $140 \text{ г/м}^3$ . Расчетный объем облака составил 57 тыс.  $\text{м}^3$ . Воспламенение облака привело к возникновению взрывного режима его превращения. Требуется определить параметры воздушной ударной волны (избыточное давление и импульс фазы сжатия) на расстоянии 100 м от места аварии.

### Решение

Сформируем исходные данные для дальнейших расчетов: тип топлива – пропан; агрегатное состояние смеси – газовая; концентрация горючего в смеси  $C_r=0,14 \text{ кг/м}^3$ ; масса топлива, содержащегося в облаке,  $M_r=8000 \text{ кг}$ ; удельная теплота сгорания топлива  $q_r=4,64 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ ; окружающее пространство – открытое (вид 4).

Определяем эффективный энергозапас ТВС E. Так как  $C_r > C_{ст}$ , следовательно,

$$E = 2M_r C_{ст} / C_r = 2 \cdot 8000 \cdot 4,64 \cdot 10^7 \cdot 0,077 / 0,14 = 4,1 \cdot 10^{11} \text{ Дж.}$$

Исходя из классификации веществ, определяем, что пропан относится к классу 2 опасности (чувствительные вещества). Геометрические характеристики окружающего пространства относятся к виду 4 (открытое пространство). По таблице 8 определяем ожидаемый режим взрывного превращения облака ТВС – дефлаграция с диапазоном видимой скорости фронта пламени от 150 до 200 м/с.

Для проверки рассчитываем скорость фронта пламени по соотношению:

$$V_r = k_1 M_r^{1/6} = 43 \cdot 8000^{1/6} = 192 \text{ м/с.}$$

Полученная величина меньше максимальной скорости диапазона данного взрывного превращения.

Для заданного расстояния  $R=100 \text{ м}$  рассчитываем безразмерное расстояние  $R_x$ :

$$R_x = R / (E/P_0)^{1/3} = 100 / (4,1 \cdot 10^{11} / 101\,324)^{1/3} = 0,63.$$

Рассчитываем параметры взрыва при скорости горения 200 м/с.



Для вычисленного безразмерного расстояния определяем величины  $P_{x1}$  и  $I_{x1}$ :

$$P_{x1} = (V_T^2/C_0^2)((\delta - 1)/\delta)(0,83/R_x - 0,14/R_x^2) = 200^2/340^2 \cdot 6/7(0,83/0,63 - 0,14/0,63^2) = 0,29;$$

$$I_{x1} = (V_T/C_0)((\delta-1)/\delta)(1-0,4(V_T/C_0)((\delta-1)/\delta))x(0,06/R_x+0,01/R_x^2-0,0025/R_x^3) = (200/340)((7-1)/7)x(1-0,4(200/340)((7-1)/7))(0,06/0,63+0,01/0,63^2-0,0025/0,63^3) = 0,0427.$$

Так как ТВС – газовая, величины  $P_{x2}$  и  $I_{x2}$ , рассчитываем следующим образом:

$$P_{x2} = \exp(-1,124 - 1,66 \ln(R_x) + 0,26 (\ln(R_x))^2) = 0,74 \pm 10\%;$$

$$I_{x2} = \exp(-3,4217 - 0,898 \ln(R_x) - 0,0096(\ln(R_x))^2) = 0,049 \pm 15\%.$$

Затем, определяем окончательные значения  $P_x$  и  $I_x$ :

$$P_x = \min(P_{x1}, P_{x2}) = \min(0,29, 0,74) = 0,29;$$

$$I_x = \min(I_{x1}, I_{x2}) = \min(0,0427, 0,049) = 0,0427.$$

Из найденных безразмерных величин  $P_x$  и  $I_x$  вычисляем искомые величины избыточного давления и импульса фазы сжатия в воздушной ударной волне (рис. 15) на расстоянии 100 м от места аварии при скорости горения 200 м/с:

$$\Delta P = 2,8 \cdot 10^4 \text{ Па};$$

$$I = I_x (P_0)^{2/3} E^{1/3} / C_0 = 2,04 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Используя полученные значения  $\Delta P$  и  $I$ , находим:

$$Pr1 = 6,06, Pr2 = 4,47, Pr3 = -1,93, Pr4 = 3,06, Pr5 = 2,78,$$

(при расчете  $Pr3$  предполагается, что масса человека 80 кг).

Это означает, что 86% вероятность повреждений и 30% вероятность разрушений промышленных зданий, а также 2,5% вероятность разрыва барабанных перепонок у людей и 1% вероятность отброса людей волной давления. Вероятности остальных критериев поражения близки к нулю.



Рис. 15. Характерный профиль ударной волны

## РЕШИТЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** На промышленном предприятии произошла авария с взрывом топливно-воздушной смеси. Определите тротильный эквивалент взрыва на промышленном предприятии, если известно, что масса горючего вещества, содержащегося в облаке ТВС, составляет

11 т, а удельная теплота сгорания газа, вызвавшего взрыв, составила  $6,25 \cdot 10^7$  Дж/кг. Тротильный эквивалент взрыва  $W$  – определяется из соотношения:

$$W = \frac{0,4 \cdot Mr \cdot qr}{0,9 \cdot 4,5 \cdot 10}$$

Определите радиусы зон поражения по формуле:

$$R = KW^{1/3} / (1 + (3180/W)^2)^{1/6},$$

где коэффициент  $K$  определяется согласно таблицы 10, а  $W$  – тротильный эквивалент взрыва.

Определите из таблицы 8 ожидаемый диапазон скорости взрывного превращения и скорость фронта пламени, если известно, что пространство, на котором произошла авария средне загроможденное, а горючее вещество относится к 4 классу.

**Задача 2.** Рассчитайте декремент затухания в падающей волне, который определяется по соотношению:

$$Ki = 0,889 - 0,356 \ln \lambda + 0,105 (\ln \lambda)^2,$$

если известно, что расстояние от центра облака составило 220 м, а масса топлива, содержащегося в облаке – 80 кг.

**Задача 3.** В результате аварии на железной дороге, проходящей лесной местности, произошел взрыв 60 т бензина. Средняя концентрация бензина в образовавшемся облаке составила около  $190 \text{ г/м}^3$ .

Определите режим взрывного превращения (табл. 8) и оцените объем газового облака, если известно соотношение  $V = Mr/C_{см}$ .

**Задача 4.** Определите вероятность повреждений стен промышленных зданий, при которых возможно восстановление зданий без их сноса, по соотношению:

$$PrI = 5 - 0,26 \ln VI.$$

При этом фактор  $VI$  рассчитывается с учетом перепада давления в волне и импульса статического давления по соотношению:

$$VI = (17\ 500 \Delta P) 8,4 + (290/I)^{9,3}.$$

Известно, что избыточное давление составляет около 100 кПа; а импульс волны давления – 0,4 кПа. Оцените по P-I диаграмме (рис. 16) уровень поражения промышленных зданий.

**Задача 5.** По P-I диаграмме для экспресс-оценки поражения людей от взрыва ТВС (рис. 17) определите область, при которой безразмерный импульс составляет 10, а безразмерное давление – 100.

Оцените вероятность отброса людей волной давления по величине пробит-функции, которая равна 5,99. Чему равна вероятность разрыва

барабанных перепонок у людей от уровня перепада давления в воздушной волне, если величина пробит-функции составила 7,37.

Будут ли наблюдаться повреждения зданий и в какой мере, если избыточное давление при аварии составит 40 кПа, а импульс волны давления – 0,2 кПа.

**Задача 6.** Рассчитайте, какое из веществ в ТВС (табл. 11) будет иметь максимальную теплоту сгорания: водород, нитрометан, сероуглерод, сероводород, гексан, бензол, аммиак, фенол, хлорбензол или трихлорэтан ( $q_f=44\beta$  МДж/кг).

Таблица 8– Экспертная таблица для определения режима взрывного превращения

Класс горючего вещества	Вид окружающего пространства			
	1	2	3	4
	ожидаемый диапазон скорости взрывного превращения			
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

*Примечание.* В связи с тем, что характер окружающего пространства в значительной степени определяет скорость взрывного превращения облака ТВС и, следовательно, параметры ударной волны, геометрические характеристики окружающего пространства разделены на виды в соответствии со степенью его загроможденности (т.н. классификация окружающей территории):

**Вид 1.** Наличие длинных труб, полостей, каверн, заполненных горючей смесью, при сгорании которой возможно ожидать формирование турбулентных струй продуктов сгорания с размером не менее трех размеров детонационной ячейки данной смеси.

**Вид 2.** Сильно загроможденное пространство: наличие полузамкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий.

**Вид 3.** Средне загроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк.

**Вид 4.** Слабо загроможденное и свободное пространство.

Ниже приводится разбиение режимов взрывного превращения ТВС по диапазонам скоростей.

**Диапазон 1.** Детонация или горение со скоростью фронта пламени 500 м/с и больше.

**Диапазон 2.** Дефлаграция, скорость фронта пламени 300-500 м/с.

**Диапазон 3.** Дефлаграция, скорость фронта пламени 200-300 м/с.

**Диапазон 4.** Дефлаграция, скорость фронта пламени 150-200 м/с.

**Диапазон 5.** Дефлаграция, скорость фронта пламени определяется соотношением:  $Vr = k1 Mr^{1/6}$ , где  $k1$  – константа, равная 43.

**Диапазон 6.** Дефлаграция, скорость фронта пламени определяется соотношением:  $Vr = k2 Mr^{1/6}$ , где  $k2$  – константа, равная 26.

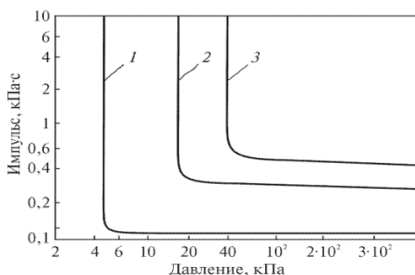


Рис. 16. P-I диаграмма для оценки уровня поражения промышленных зданий: 1 – граница минимальных разрушений; 2 – граница значительных повреждений; 3 – разрушение зданий (50-75% стен разрушено)

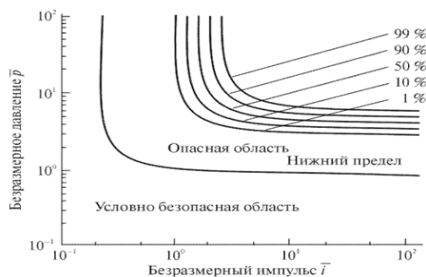


Рис. 17. P-I диаграмма для экспресс-оценки поражения людей от взрыва ТВС

Таблица 9 – Связь вероятности поражения с пробит-функцией

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,86	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	3,09

Таблица 10 – Уровни разрушения зданий

Категория повреждения	Характеристика повреждения здания	Избыточное давление ΔP, кПа	Коэффициент К
A	Полное разрушение здания	≥100	3,8
B	Тяжелые повреждения, здание подлежит сносу	70	5,6
C	Средние повреждения, возможно восстановление здания	2В	9,6
D	Разрушение оконных проемов, легкосбрасываемых конструкций	14	28,0
E	Частичное разрушение остекления	≤2,0	56

**Таблица 11 – Классификация горючих веществ по степени чувствительности**

Класс 1		Класс 2		Класс 3		Класс 4		
<i>Особо чувствительные вещества</i>		<i>Чувствительные вещества</i>		<i>Средне чувствительные вещества</i>		<i>Слабо чувствительные вещества</i>		
размер детонационной ячейки менее 2 см		размер детонационной ячейки от 2 до 10 см		размер детонационной ячейки от 10 до 40 см		размер детонационной ячейки больше 40 см		
	$\beta$		$\beta$		$\beta$		$\beta$	
Ацетилен	1,1	Акрилонитрил	0,67	Ацетальдегид	0,56	Аммиак	0,42	
Винилацетилен	1,03	Акролеин	0,62	Ацетон	0,65	Бензол	0,33	
Водород	2,73	Бутан	1,04	Бензин	1	Декан	1	
Гидразин	0,44	Бутилен	1	Винилацетат	0,51	Дизтопливо	1	
Изопропилнитрат	0,41	Бутадиен	1	Винилхлорид	0,42	о-дихлорбензол	0,42	
Метилацетилен	1,05	1,3-пентадиен	1	Гексан	1	Додекан	1	
Нитрометан	0,25	Пропан	1,05	Генераторный газ	0,33	Керосин	1	
Окись пропилена	0,7	Пропилен	1,04	Изооктан	1	Метан	1,14	
Окись этилена	0,62	Сероуглерод	0,32	Метиламин	0,7	Метилбензол	1	
Этилнитрат	0,3	Этан	1,08	Метилацетат	0,53	Метилмеркаптан	0,53	
		Этилен	1,07	Метилбутилкетон	0,79	Метилхлорид	0,12	
		ШФЛУ	1	Метилпропилкетон	0,76	Нафталин	0,91	
		Диметилловый эфир	0,66	Метилэтилкетон	0,71	Окись углерода	0,23	
		Дивиниловый эфир	0,77	Октан	1	Фенол	0,92	
		Метилбутиловый эфир	-	Пиридин	0,77	Хлорбензол	0,52	
		Диэтиловый эфир	0,77	Сероводород	0,34	Этилбензол	0,90	
		Диизопропиловый эфир	0,82	Метиловый спирт		0,52	Дихлорэтан	0,25
				Этиловый спирт		0,62	Трихлорэтан	0,14

## 6.2. Экологическая безопасность

Под *экологической безопасностью* понимают предотвращение существующей угрозы значительного ухудшения экологических параметров среды обитания людей и биосферы в целом, состоянию атмосферы, гидросферы, литосферы и ближней космосферы, видовому составу животного и растительного мира, а также опасности истощения невозобновляемых природных ресурсов в результате различных видов деятельности человека. Согласно Конституции РФ каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением. Иными словами экологическая безопасность - это защита от экологической опасности. Эти два понятия всегда рассматривают вместе.

*Экологическая опасность* – возможность разрушения (полного или частичного) среды обитания человека, растений и животных в результате неконтролируемого развития экономики, отставания технологий, естественных катастроф и антропогенных аварий, вследствие чего нарушается приспособление живых систем к условиям существования. Экологическая опасность возрастает с развитием современного технологического кризиса. Техногенные загрязнения губительно действуют на организм человека, на окружающую природную среду.

Механизм обеспечения экологической безопасности территории (ЭБТ) представляет собой упорядоченную последовательность этапов научно-практических исследований, направленных на определение достоверных и обоснованных критериев ЭБТ, а также выявление эффективных мер улучшения экологической обстановки подконтрольного района.

Этапы обеспечения ЭБТ (рис. 18) можно представить в виде двух блоков: оценки (1-5) и управления (6-8).

Первый блок состоит из определения количественных показателей и критериев экологической безопасности, оценки неблагоприятных событий, определения структуры, системы и количественной оценки ЭБТ. Второй блок предназначен для оценки методов и механизмов обеспечения ЭБТ, внедрения данной системы в практику управления экологической обстановкой заданного района и контролем за результатом внедрения всей системы.

1. *Идентификация неблагоприятных воздействий на окружающую среду.* Основной целью данного этапа является определение состава

(перечня) негативных и неблагоприятных событий, вызывающих ухудшение качества окружающей среды, и прямо или косвенно наносящих экономический ущерб рассматриваемому объекту.

2. *Оценка неблагоприятных воздействий и событий.* На это этапе должны быть даны различные оценки неблагоприятных воздействий, которые могут быть отнесены к разряду рисковых или кризисных в течение определенного периода времени на данной территории. Различают следующие методы оценки неблагоприятных событий: статистический, аналитический, экспертный.

3-4. *Определение структуры и концепции ЭБТ. Построение системы ЭБТ.* Концепция экологической безопасности должна быть достаточно краткой и четкой. Она должна обеспечивать организацию природопользования в объеме, не наносящем окружающей среде невосполнимого ущерба и не причиняющем вреда здоровью населения. Необходимо сформулировать цели, задачи и принципы концепции ЭБТ. Оценка экологического состояния необходимо осуществлять путем сравнения нормативного и фактического уровней воздействия на окружающую среду.

5. *Количественная оценка ЭБТ.* Группу этапов оценки ЭБТ завершают исследования, целью которых является формирование количественных показателей критериев ЭБ (интегральные оценки), которые затем будут использоваться при выработке управленческих решений.

6. *Оценка методов и механизмов обеспечения ЭБТ.* На данном этапе устанавливается перечень возможных методов и механизмов обеспечения ЭБТ. Это могут быть методы, позволяющие избежать неблагоприятного антропогенного воздействия на территории региона, методы, снижающие вероятность появления неблагоприятного события, методы и ущерб от неблагоприятного события, а также механизмы недопущения распространения неблагоприятных воздействий на другие территориальные объекты.

7-8. *Принятие решения о внедрении в практику управления ЭБТ. Контроль результатов внедрения мер по обеспечению ЭБТ.* Контроль за результатами отдельных этапов оценки ЭБТ осуществляется в ходе проведения работ, связанных с мониторингом состояния окружающей среды, экспертизой действующих объектов, лицензированием, инспекторскими проверками и др. (Тихомиров и др., 2003).

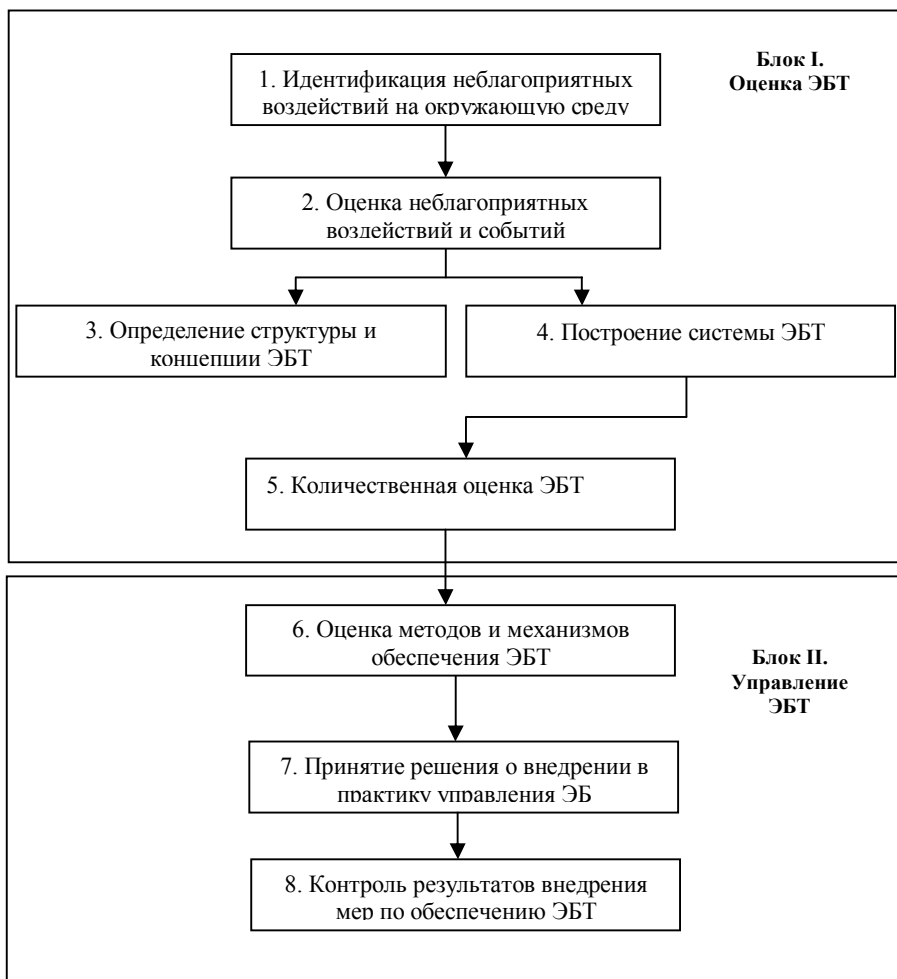


Рис. 18. Этапы обеспечения экологической безопасности территории

### 6.3. Методы оценки риска

Риск представляет собой вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

Оценка риска - это использование доступной информации и научно-обоснованных прогнозов для оценки опасности воздействия вредных факторов окружающей среды и условий на здоровье человека. Она



включает в себя анализ частоты, анализ последствий и их сочетание. Оценка риска для здоровья населения проводится при оценке ущерба (вреда) здоровью человека от воздействия факторов среды обитания, в том числе при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера; проведении санитарно-эпидемиологической экспертизы, социально-гигиенического мониторинга; установлении причин возникновения и распространения массовых неинфекционных заболеваний, обусловленных воздействием факторов среды обитания человека; обосновании приоритетных мероприятий в планах действий по охране среды обитания человека и оценки их эффективности, а также при обосновании различных управленческих решений, направленных на устранение или снижение до допустимого уровня риска здоровью человека.

Оценка риска для здоровья осуществляется в соответствии со следующими этапами:

✓ *идентификация опасности*: выявление потенциально вредных факторов, оценка связи между изучаемым фактором и нарушениями состояния здоровья человека, составление перечня приоритетных химических веществ, подлежащих последующей характеристике;

✓ *оценка зависимости “доза-ответ”*: выявление количественных связей между уровнями экспозиции и показателями состояния здоровья;

✓ *оценка воздействия (экспозиции) химических веществ на человека*: характеристика источников загрязнения, маршрутов движения загрязняющих веществ от источника к человеку, пути и точки воздействия, определение доз и концентраций, установление уровней экспозиции;

✓ *характеристика риска*: анализ всех полученных данных, расчет рисков, их сравнение с допустимыми (приемлемыми) уровнями, сравнительная оценка и ранжирование различных рисков по степени их статистической, медико-биологической и социальной значимости, установление медицинских приоритетов и тех рисков, которые должны быть предотвращены или снижены до приемлемого уровня.

При оценке уровней риска необходимо руководствоваться следующими критериями:

Первый диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни равный или меньший  $1 \times 10^{-6}$ , что соответствует 1 дополнительному случаю серьезного заболевания или смерти на 1 млн. экспонированных лиц) характеризует такие уровни риска, которые воспринимаются всеми людьми как пренебрежимо малые, не

отличающиеся от обычных, повседневных. Подобные риски не требуют никаких дополнительных мероприятий по их снижению и их уровни подлежат только периодическому контролю.

Второй диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1 \cdot 10^{-6}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-4}$ ) соответствует зоне условно приемлемого (допустимого) риска. Именно на этом уровне установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом. Уровни допустимого риска подлежат постоянному контролю. В некоторых случаях при таких уровнях риска могут проводиться дополнительные мероприятия по их снижению.

Третий диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни  $1 \cdot 10^{-4}$ – $1 \cdot 10^{-3}$ ) приемлем для профессионалов и неприемлем для населения в целом. Появление такого риска требует разработки и проведения плановых оздоровительных мероприятий в условиях населенных мест.

Четвертый диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни равный или больший  $1 \cdot 10^{-3}$ ) неприемлем ни для населения, ни для профессионалов. При его достижении необходимо проведение экстренных оздоровительных и других мероприятий по снижению риска (табл. 12).

Таблица 12 – Классификация уровней риска

Уровень риска	Индивидуальный пожизненный канцерогенный риск	Коэффициент опасности развития неканцерогенных эффектов (HQ)
Чрезвычайно высокий	$10^{-1}$	$>10$
Высокий	$10^{-1} - 10^{-3}$	5-10
Средний	$10^{-3} - 10^{-4}$	1-5
Низкий	$10^{-4} - 10^{-6}$	0,1-1,0
Минимальный	менее $10^{-6}$	менее 0,1

### 6.3.1. Основные показатели риска, характеризующие опасности промышленных аварий

Понятие риска используется для измерения опасности и обычно относится к индивидууму или группе людей, имуществу или окружающей среде. Чтобы подчеркнуть, что речь идет об измеряемой величине, используют понятие «степень риска» или «уровень риска». Степень риска аварии сложной технической системы, для которой, как правило, присуще наличие множества опасностей, определяется на основе анализа совокупности показателей рисков, выявленных при анализе нежелательных событий (например, событий, связанных с разгерметизацией оборудования, отказом средств предупреждения,

ошибками человека, с проявлением неблагоприятных метеоусловий, воздействиями на различные субъекты и т.п.) (табл. 13).

Таблица 13 – **Классификация и характеристика видов риска**  
(по В.В. Меньшикову, А.А. Швыряеву, 2003)

<b>Вид риска</b>	<b>Объект риска</b>	<b>Источник риска</b>	<b>Нежелательное событие</b>
Индивидуальный	Человек	Условия жизнедеятельности человека	Заболевание, травма, инвалидность, смерть
Технический	Технические системы и объекты	Техническое несовершенство, нарушение правил эксплуатации технических систем и объектов	Авария, взрыв, катастрофа, пожар, разрушение
Экологический	Экологические системы	Антропогенное вмешательство в природную среду, техногенные чрезвычайные ситуации	Антропогенные экологические катастрофы, стихийные бедствия
Социальный	Социальные группы	Чрезвычайная ситуация, снижение качества жизни	Групповые травмы, заболевания, гибель людей, рост смертности
Экономический	Материальные ресурсы	Повышенная опасность производства или природной среды	Увеличение затрат на безопасность, ущерб от недостаточной защищенности

Одна из наиболее часто употребляющихся характеристик опасности – *индивидуальный риск* (*individual risk*) – частота поражения отдельного индивидуума в результате воздействия исследуемых факторов опасности (табл. 14). Индивидуальный риск определяется потенциальным риском и вероятностью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов. При этом индивидуальный риск во многом определяется квалификацией и обученностью индивидуума действиям в опасной ситуации, его защищенностью. Индивидуальный риск зависит от распределения потенциального риска. При риск-анализе обычно не рассчитывается индивидуальный риск для каждого человека, а оценивается этот показатель для групп людей, характеризующихся более-менее одинаковым время пребыванием в различных опасных зонах и использующих одинаковые средства защиты. Обычно речь идет об индивидуальном риске для работающих и для населения окружающих

районов или для более узких групп, например для рабочих различных специальностей.

Таблица 14 – **Источники и факторы индивидуального риска**  
(по В.В. Меньшикову, А.А. Швыряеву, 2003)

<b>Источник индивидуального риска</b>	<b>Наиболее распространенный фактор риска смерти</b>
Внутренняя среда организма человека	Наследственно-генетические, психосоматические заболевания, старение
Виктимность	Совокупность личностных качеств человека как жертвы потенциальных опасностей
Привычки	Курение, употребление алкоголя, наркотикой, иррациональное питание
Социальная экология	Некачественные воздух, вода, продукты питания; вирусные инфекции, бытовые травмы, пожары
Профессиональная деятельность	Опасные и вредные производственные факторы
Транспортные сообщения	Аварии и катастрофы транспортных средств, их столкновения с человеком
Непрофессиональная деятельность	Опасности, обусловленные любительским спортом, туризмом, другими увлечениями
Социальная среда	Вооруженный конфликт, преступление, суицид, убийство
Окружающая природная среда	Землетрясение, извержение вулкана, наводнение, оползни, ураган и другие стихийные бедствия

Другой комплексной мерой риска, характеризующей опасный объект (и территорию), будет *потенциальный территориальный риск* – пространственное распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня. Данная мера риска не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства. Предполагается, что вероятность нахождения объекта воздействия равна 1 (например, человек находится в данной точке пространства в течение всего рассматриваемого промежутка времени). Потенциальный риск не зависит от того, находится ли опасный объект в многолюдном или пустынном месте и может меняться в широком интервале. Потенциальный риск, в соответствии с названием, выражает собой потенциал максимально возможного риска для конкретных объектов воздействия, находящихся в данной точке пространства.

На практике важно знать распределение потенциального риска для отдельных источников опасности и для отдельных сценариев аварий. Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального

риска. Распределение потенциального риска и плотности населения в исследуемом районе позволяет получить количественную оценку социального риска для населения. Для этого нужно определить число пораженных при каждом сценарии от каждого источника опасности и затем определить зависимость частоты событий  $F$ , в которых пострадало на том или ином уровне число людей, больше определенного  $N$ , от этого определенного числа людей (социальный риск).

*Социальный риск* (табл. 15) характеризует масштаб возможных аварий и определяется функцией, у которой есть установившееся название  $F/N$ -кривая. В зависимости от задач анализа под  $N$  можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий. Соответственно, критерий приемлемой степени риска будет определяться уже не числом для отдельного события, а кривой, построенной для различных сценариев аварии.

В настоящее время общераспространенным подходом для определения приемлемости риска является использование двух кривых, когда в логарифмических координатах определены  $F/N$ -кривые приемлемого и неприемлемого социального риска смертельного травмирования, а область между этими кривыми определяет промежуточную степень риска, вопрос о снижении которой следует решать с учетом специфики производства и местных условий путем согласования с органами надзора и местного самоуправления.

Другой количественной интегральной мерой опасности является *коллективный риск* (*Potential Loss of Life - PLL*), определяющий масштаб ожидаемых последствий для людей от потенциальных аварий. Фактически коллективный риск определяет ожидаемое количество смертельно травмированных в результате аварий на рассматриваемой территории за определенный период времени.

Для анализа экологической безопасности зависимость площади зараженной поверхности от частоты аварии может служить мерой экологического риска. Для целей страхования важен такой показатель риска, как статистически ожидаемая величина ущерба в стоимостном выражении (величина, определяемая произведением частоты аварии на ущерб). В технических системах в настоящее время наиболее распространены отдельные факторы технического риска (табл. 16).

**Таблица 15 – Источники и факторы социального риска**  
(по В.В. Меньшикову, А.А. Швыряеву, 2003)

<b>Источник социального риска</b>	<b>Наиболее распространенные факторы социального риска</b>
Урбанизация экологически неустойчивых территорий	Поселение людей в зонах возможного затопления, образования оползней, селей, ландшафтных пожаров, извержения вулканов, повышенной сейсмичности региона
Промышленные технологии и объекты повышенной опасности	Аварии на АЭС. ТЭС, химических комбинатах, продуктопроводах и т.п. Транспортные катастрофы. Техногенное загрязнение окружающей среды
Социальные и военные конфликты	Боевые действия. Применение оружия массового поражения
Эпидемии	Распространение вирусных инфекций
Снижение качества жизни	Безработица, голод, нищета. Ухудшение медицинского обслуживания. Низкое качество продуктов питания. Неудовлетворительные жилищно-бытовые условия

**Таблица 16 – Источники и факторы технического риска**  
(по В.В. Меньшикову, А.А. Швыряеву, 2003)

<b>Источник технического риска</b>	<b>Наиболее распространенные факторы технического риска</b>
Низкий уровень научно-исследовательских работ	Ошибочный выбор направлений развития техники и технологии по критериям безопасности
Низкий уровень опытно-конструкторских работ	Выбор потенциально опасных конструктивных схем и принципов действия технических систем. Ошибки в определении эксплуатационных нагрузок. Неправильный выбор конструкционных материалов. Недостаточный запас прочности. Отсутствие в проектах средств безопасности
Опытное производство новой техники	Некачественная доводка конструкций, технологии, документации по критериям безопасности
Серийный выпуск небезопасной техники	Отклонение от заданного химического состава конструкционных материалов. Недостаточная точность конструктивных размеров. Нарушение режимов термической и химико-термической обработки деталей. Нарушение регламентов сборки и монтажа конструкций и машин
Нарушение правил безопасной эксплуатации технических систем	Использование техники не по назначению. Нарушение паспортных (проектных) режимов эксплуатации. Несвоевременные профилактические осмотры и ремонты. Нарушение требований транспортирования и хранения
Ошибки персонала	Слабые навыки действия в сложной ситуации. Неумение оценивать информацию о состоянии процесса. Слабое знание сущности происходящего процесса. Отсутствие дисциплины, самообладания в условиях стресса.

#### 6.4. Оценка социального и индивидуального рисков

(по С.В.Петрову, В.А. Макашеву, 2008, Р 2.1.10.1920-04)

При оценивании риска различают две его разновидности – социальный и индивидуальный риски.

*Социальный риск*  $R_s$  характеризует возможные аварии на промышленных, энергетических, военных и иных объектах, которые вызывают тяжелые последствия и, прежде всего, гибель людей. Этот риск принято выражать следующим образом:

$$R_s = \sum_i^l w_i N_i,$$

где  $w_i$  – частота  $i$ -й аварии;  $N_i$  – количество смертельных случаев, обусловленных ею;  $l$  – возможное число всех аварий на данном объекте. Законодательство ряда стран использует определенные значения частоты аварии и количество вызванных ею смертельных случаев для оценки допустимого социального риска эксплуатации того или иного объекта.

Для оценки влияния токсиканта, присутствующего в окружающей среде, вводится понятие «риска от дозы  $i$  токсиканта  $j$ », обозначаемого через  $[P_e(D)]_{ij}$ . Фактически величина  $[P_e(D)]_{ij}$  является вероятностью, она зависит от так называемого фактора риска данного токсиканта  $F_r$  и его дозы  $D$ . Доза измеряется в мг, а фактор риска имеет размерность ( $\text{мг}^{-1}$ ) и представляет собой риск, приходящийся на единицу дозы. Величина фактора риска должна быть установлена в результате специальных исследований. Если связь между дозой и риском линейна, а воздействие токсиканта не имеет порога, то величина  $[P_e(D)]_{ij}$  определяется простой формулой:

$$[P_e(D)]_{ij} = (F_r \cdot D)_{ij} = (F_r \cdot c \cdot v \cdot t)_{ij},$$

где  $c$  – концентрация токсиканта;  $v$  – его ежедневное поступление в организм,  $t$  – время воздействия токсиканта.

Число тяжелых последствий (например, раковых заболеваний) действия токсикантов на людей определяется выражением:

$$q_e = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k [P_e(D)]_{ij} \cdot N_{ij},$$

где  $N_{ij}$  – количество людей, подвергающихся действию токсикантов;  $k$  – количество токсикантов;  $n$  – количество уровней доз каждого токсиканта. Символ « $e$ » показывает, что речь идет о дополнительных (*excess*) случаях заболевания, вызванных рассматриваемыми токсикантами (при малых дозах величина  $q_e$  может

быть столь незначительна, что ее трудно выявить на фоне «обычных» случаев данного вида рака).

*Индивидуальный риск*, как показывает сам термин, определяется вероятностью экстремального вреда – смерти индивидуума от некоторой причины, рассчитываемой для всей его жизни или для одного года. Часто в литературе термины «индивидуальный риск» и «вероятность» употребляются как синонимы, однако помимо вероятности события здесь присутствует его последствие – гибель человека. Федеральные ведомства США, разрабатывающие нормативные акты, в которых устанавливаются стандарты экологических рисков, ориентируются на такой нижний теоретический предел допустимого индивидуального риска, который можно считать пренебрежимо малым. Этот предел соответствует увеличению вероятности смерти на один шанс на миллион ( $10^{-6}$ ) за всю жизнь человека, продолжительность которой принимается равной 70 годам. В расчете на один год идеальный, пренебрежимо малый индивидуальный риск составляет, следовательно,  $10^{-6} : 70 = 1,43 \cdot 10^{-8}$  год<sup>-1</sup>.

Для оценки допустимых индивидуальных рисков, связанных с опасными видами деятельности, в Великобритании используются так называемые критерии Эшби. Они представляют собой вероятности одного фатального случая (одной смерти) в год. Характеристики этих критериев даны в таблице 17.

Эти вероятности подсчитаны путем деления количества наблюдавшихся ежегодно смертей на число жителей страны. Видно, что «внутренними» причинами объясняется подавляющее большинство всех смертей, «внешние» причины меньше их на два порядка величины. В то же время среди внешних причин резко доминируют аварии на транспорте. Аварии на воздушном транспорте характеризуются тем же риском, что и природные катастрофы.

Таблица 17 – Критерии приемлемости риска (по Эшби)

Ранг риска	Вероятность одной смерти в год	Степень приемлемости
1	не менее $1 \cdot 10^{-3}$	риск неприемлем
2	$10^{-4}$	риск приемлем лишь в особых обстоятельствах
3	$10^{-5}$	требуется детальное обоснование приемлемости
4	$10^{-6}$	риск приемлем без ограничений

Таким образом, индивидуальный риск характеризует опасность определенного вида, в определенной точке пространства где находится индивидуум и характеризует распределение риска во времени и пространстве.



## ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

**Пример 1.** Индивидуальный риск для жителя города А. Пусть житель города А 40 часов в неделю работает в городе, на 4 недели в году выезжает на отдых, 3 недели каждый год проводит в командировках, 56 дней в году работает за городом на даче, а остальное время находится дома в городе.

Индивидуальный риск погибнуть ( $R_n$ ) для жителя можно определить следующим образом:

$$R_n = (N_n D \cdot t) / (T \cdot N_0 \cdot d \cdot td),$$

где  $N_n$  – число погибших жителей города, чел.;  $D$  – количество недель, проводимых жителем в городе ( $52-4-3-8=37$ );  $t$  – число часов в неделю, когда житель подвержен опасности, ч.;  $T$  – отрезок времени учета статистических данных;  $N_0$  – количество жителей города, чел.;  $d$  – число недель в году (52);  $td$  – число часов в неделю, ч. ( $24 \cdot 7=168$ ).

В городе А проживает 1,5 млн. человек. Статистические данные за 10 лет говорят о том, что за это время из числа жителей города погибло 60 тыс. человек, получило травму 120 тысяч человек. Подставим и подсчитаем:

$$R_n = 6,73 \cdot 10^{-4}.$$

Индивидуальный риск стать жертвой несчастного случая любой степени тяжести можно определить по выражению

$$R_{н.с.} = [(N_n + N_{mp}) \cdot D \cdot t] / (T_0 \cdot d \cdot td),$$

где  $N_{mp}$  – число жителей, получивших травмы, чел. Сравнивая  $R_n$  и  $R_{н.с.}$ , можно сделать вывод о том, что у жителей города А вероятность стать жертвой несчастного случая в 3 раза выше, чем погибнуть.

Однако индивидуальный риск не позволяет судить о масштабе катастроф. Поэтому вводится понятие "социальный риск".

**Пример 2.** Социальный риск – зависимость между частотой возникновения событий в поражении определенного числа людей и числом пораженных при этом людей. На основе статистических данных собирается информация: число погибших, число событий, частота событий и т.д. (табл. 18). По этим данным можно построить диаграмму зависимости с горизонтальной осью – число несчастных случаев ( $N$ ) и вертикальной осью – частота событий ( $F$ ). Такие диаграммы используются для представления зависимости частоты реализации опасности от ее масштаба (рис. 19).

Социальный риск, в отличие от индивидуального, в меньшей степени зависит от географического расположения.

Таблица 18 – Данные для расчета F-N диаграммы

Число погибших N	Число событий, в которых погибло N человек	Частота событий (число случаев в год), в которых погибло N человек	Число событий, в которых погибло не менее N человек	Частота событий (число случаев в год), в которых погибло не менее N человек
1	2	50 = 0,04	5	5 / 50 = 0,1
2	2	2 / 50 = 0,04	3	3 / 50 = 0,06
3	0	0 / 50 = 0	1	1 / 50 = 0,02
4	1	1 / 50 = 0,02	1	1 / 50 = 0,02
5	0	0 / 50 = 0	0	0 / 50 = 0

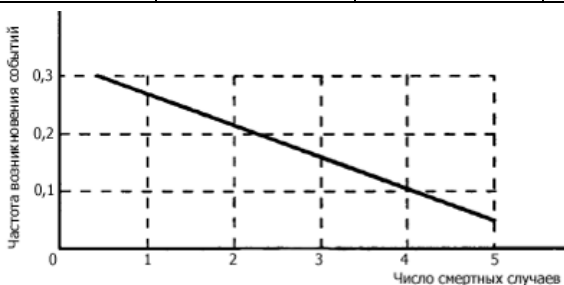


Рис. 19. F-N диаграмма

Для сравнения риска и выгод многие специалисты предлагают ввести экономический эквивалент человеческой жизни.

После ввода в строй некоторого промышленного объекта проживающее поблизости население в количестве 10 тыс. чел. в течение 3 лет постоянно (24 часа в сутки) подвергается действию находящегося в воздухе токсиканта-канцерогена, концентрация которого равна  $0,01 \text{ мг/м}^3$ . Сколько дополнительных случаев рака можно ожидать от этого токсиканта за время эксплуатации объекта, если фактор риска токсиканта составляет  $10^{-6} \text{ мг}^{-1}$ .

В данном примере двойное суммирование не требуется, так как  $i=1$  и  $j=1$ . Если считать, что средний объем воздуха, вдыхаемый ежеминутно, равен  $7,5 \text{ л/мин}$ , то объем загрязненного воздуха, проходящий через легкие каждого человека ежесуточно, составит:  $v = 7,5 \text{ л/мин} \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{л} \cdot 60 \text{ мин/ч} \cdot 24 \text{ ч/день} = 10,8 \text{ м}^3/\text{день}$ .

Получаем:  $q_e = F_r \cdot v \cdot c \cdot t \cdot N = 10^{-6} \text{ мг}^{-1} \cdot 10,8 \text{ м}^3/\text{день} \cdot 0,01 \text{ мг/м}^3 \cdot 365 \text{ дней/год} \cdot (3 \text{ г}) \cdot (10^4 \text{ чел.}) = 1,3$ .

Таким образом, для приведенных условий рассматриваемый объект может вызвать приблизительно лишь один случай заболевания раком (Меньшиков, Швыряев, 2003).

### РЕШИТЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Рассчитайте индивидуальный риск стать жертвой несчастного случая, если известно, что общее число жителей города X составляло 750 тысяч человек, за 10 лет погибло 56 тысяч человек, а 90 тыс. получили травмы разной степени тяжести. При этом известно, что в среднем каждый житель работает на предприятии 40 часов в неделю, а на 4 недели ежегодно выезжает в отпуск за город.

**Задача 2.** В эксплуатацию было введено промышленное предприятие, при этом проживающее в этом населенном пункте население (18 тыс. чел.) в течение 2 лет постоянно подвергается действию находящегося в воздухе канцерогена, концентрация которого равна  $0,03 \text{ мг/м}^3$ . Рассчитайте, сколько дополнительных случаев рака можно ожидать от этого токсиканта за время эксплуатации объекта, если фактор риска токсиканта составляет  $10^{-5} \text{ мг}^{-1}$ .

**Задача 3.** Используя F-N диаграмму, демонстрирующую возникновение пожароопасных ситуаций (рис. 19) установите частоту смертных случаев при частоте их возникновения 0,26.

**Задача 4.** По формуле  $c_k = q_e / (250 \cdot Frk \cdot v_k \cdot N_k)$ ,

где  $q_e$  – допустимое дополнительное число тяжелых последствий действия загрязнителя, которые могут возникать ежегодно; 250 – число рабочих дней) рассчитайте допустимую усредненную по времени рабочего дня концентрацию канцерогена в воздухе рабочего помещения при следующих условиях: фактор риска  $Frk$  канцерогена составляет  $1 \cdot 10^{-5} \text{ мг}^{-1}$ ; количество людей подвергающихся воздействию канцерогена  $N_k=400$ ; допустимое количество дополнительных случаев онкологических заболеваний  $q_e = 0,1$  в год; скорость поступления воздуха в организм работающих составляет  $10 \text{ м}^3/\text{день}$ .

**Задача 5.** Используя соотношение  $R = P \cdot Q$ , установите, чему будет равна величина риска, если известно, что вероятность наступления опасного события составляет  $10^{-1}$ , а ожидаемый ущерб составляет 200 млн. рублей.

## ГЛАВА 7

### ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

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

#### 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 работа 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 термокatalитической очистки газов от газообразных примесей.

К сухим пылеуловителям относятся осадительные камеры, инерционные пылеуловители, циклоны. 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 температуростойких и устойчивых воздействию агрессивных газов тканей (например, стекловолокно).

В электрофильтрах очистка газов от пыли происходит под действием электрических сил. 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 которых: 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 недостатка 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 скрубберы 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 скруббер Вентури. В насадочном скруббере используется система поперечного орошения с наклонно установленной насадкой. Среди систем мокрой пылеочистки высокая эффективность отмечена в скрубберах ударно-инерционного действия. 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 мокрой 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 вредными 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 (адсорбционный 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 газозвдушенная 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  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCl}$  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 разлагается 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 и насадочные абсорберы. 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.

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 различают 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 к обезвреживанию 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 аппаратного 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  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , выделяющаяся при этом энергия обеспечивает жизнедеятельность микроорганизмов. Биологический метод очистки - универсален. Он предназначен для обезвреживания выбросов от широкого спектра органическими единений (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.

### 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 питьевых 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, ледников и снежного покрова.

В черте г. Йошкар-Олы протекает р. Малая Кокшага. Общая протяженность р. Малая Кокшага с притоками составляет 1080,5 км. Качество вод р. Малая Кокшага изменяется от «умеренно-загрязненных» (3 класс, в верхнем течении) до «очень грязных» (6 класс, ниже сброса очистных сооружений г. Йошкар-Олы), «загрязненных» (4 класс), и «грязных» (5 класс) в устьевом участке. Основными загрязняющими веществами р. Малая Кокшага являются: азот аммонийный, нитриты, фосфаты, нефтепродукты, фенолы, железо, медь, марганец, никель, поступающие из ливневой канализации.

По происхождению сточные воды подразделяются на: 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 наибольшее вредное воздействие вызывают промышленные сточные воды. Промышленные 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.

*Методы очистки сточных вод.* 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, биохимические и термические (рис. 20).

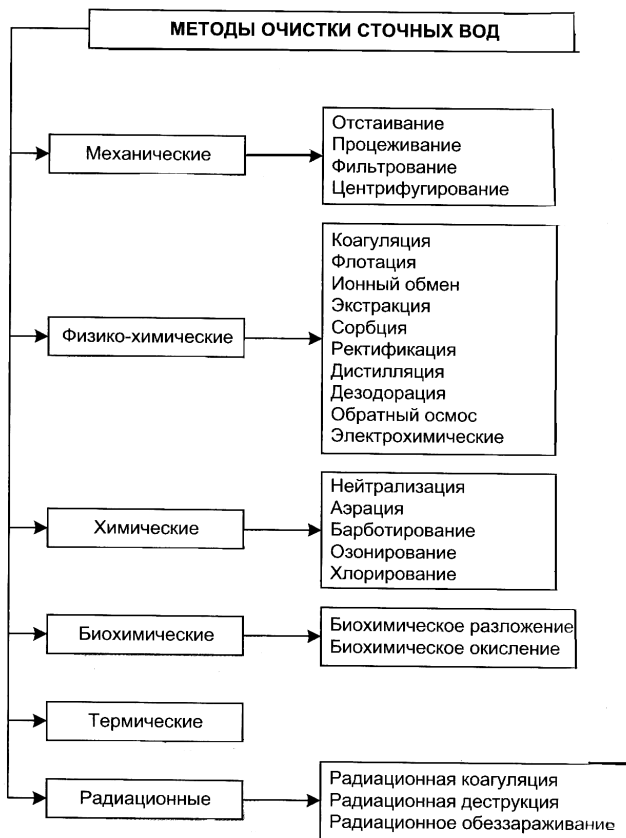


Рис. 20. Методы очистки сточных вод от загрязнений (по Н.И. Иванову, И.М. Фадину, 2002)

*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.

Механическая очистка применяется для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей, для чего используют гидромеханические процессы (периодические и непрерывные) процеживания и отстаивания (гравитационное 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 под влиянием сил тяжести частицы, удельный вес которых больше, чем удельный вес воды, 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 удаляют 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 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), 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 сильно токсичными 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 могут 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. 21).

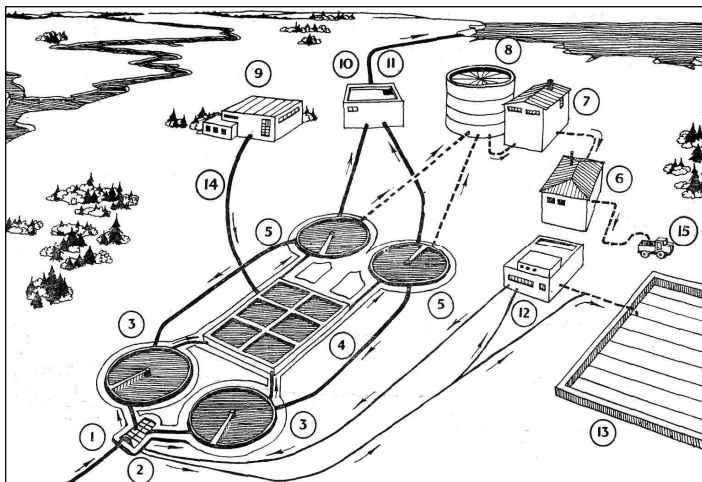


Рис. 21. Схема станции с биологической очисткой сточных вод:

Обозначения: 1 – решетка, 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 ( $2 \text{ мг O}_2/\text{л}$ ), температура  $20\text{-}30^\circ\text{C}$ , pH среды  $6,5\text{-}7,5$ , 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<sup>3</sup> 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 метан и СО<sub>2</sub>.

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.

#### 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 которых не является целью рассматриваемого производственного процесса и, которые 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.

*Классификация отходов.* Отходы делятся на бытовые (коммунальные) и промышленные (отходы производства). В свою очередь 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 подразделяются на чрезвычайно опасные (1 класс), высоко опасные (2 класс), умеренно опасные (3 класс), мало опасные (4 класс) и практически неопасные (5 класс).

По данным В. Хогланда (1997), в Швеции каждый год образуется 52,4 млн. тонн отходов, из них на долю бытовых приходится 13%. 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%. Аналогичная тенденция прослеживается на территории Республики Марий Эл. По данным Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды по Республике Марий Эл, на территории республики ежегодно образуется 489,9 тыс. тонн отходов, из них 168,5 тыс. тонн бытовых (34,3%).

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. 22).

На территории городского округа «Город Йошкар-Ола» размещено два полигона захоронения отходов: один для захоронения твердых бытовых отходов, а второй – для промышленных отходов.

Площадь земельного участка городского полигона в районе д. Кучки составляет 34 га. Проектная мощность полигона – 1200-1500 м<sup>3</sup>/сут., проектная высота – 24 м. Полигон состоит из двух зон: хозяйственной и зоны захоронения отходов. Зона захоронения отходов разбита на 24 рабочие карты, каждая площадью 2500 м<sup>2</sup>. Полигон твердых бытовых отходов г. Йошкар-Олы представляет собой «слоеный пирог» высотой 15 м из чередующихся пластов мусора, разделенных тонкими прослойками земли. Ежегодно высота полигона увеличивается примерно на один метр.



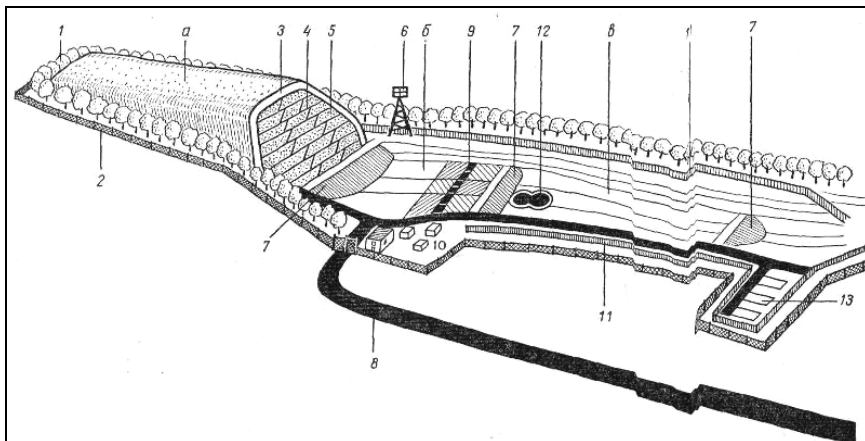


Рис. 22. Полигон твердых бытовых отходов

Обозначения: а, б, в – первая, вторая и третья очереди складирования; 1 – зеленая 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  $1000^{\circ}\text{C}$ , 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 производственных 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; захоронения особо вредных отходов; огневого уничтожения горючих отходов.

На полигон промышленных отходов г. Йошкар-Олы принимаются промышленные отходы 3-4 класса опасности (шламы, содержащие соли тяжелых металлов, кислоты, щелочи и т.д.), образующиеся в ходе производства на промышленных предприятиях города.

### **7.1. Оценка загрязнения поверхностных водоемов**

Для очистки сточных вод, которая наиболее успешно проходит в аэробных условиях необходимо наличие кислорода для окисления органического вещества, входящего в состав загрязнений сточных вод. Израсходованный на это кислород пополняется главным образом за счет растворения его из атмосферного воздуха.

Таким образом, в канализационных очистных сооружениях, которые служат для минерализации органических загрязнений, входящих в состав сточных вод, одновременно протекают два процесса: потребление кислорода и его растворение. Установлено, что

минерализация органического вещества, происходящая в результате его окисления при содействии микроорганизмов-минерализаторов или так называемого биохимического окисления, совершается в две фазы: в первой фазе окисляются углеродсодержащие вещества, дающие в результате углекислоту и воду, во второй – азотсодержащие вещества сначала до нитритов, а затем до нитратов.

При достаточном содержании кислорода скорость окисления в первой (углеродистой) фазе подчиняется, как это установлено, определенному закону скорость окисления, или скорость потребления, кислорода при неизменной температуре в каждый данный момент пропорциональна массе органического вещества, находящегося в воде. Следовательно, по мере окисления органического вещества, если нет поступления новых загрязнений, скорость окисления все время уменьшается.

Этот закон дает возможность вывести уравнения потребления кислорода. Если обозначить через  $L_\alpha$  содержание кислорода, необходимого для окисления всего органического вещества, имеющегося в начале процесса, и через  $X_t$  содержание кислорода, потребленного за время  $t$ , то содержание кислорода  $L_t$ , требуемого для окисления оставшихся по истечении времени  $t$  органических загрязнений, будет:

$$L_t = L_\alpha - X_t$$

Указанный закон может быть выражен равенством

$$\frac{dx_t}{dt} = -k'_1(L_\alpha - x_t),$$

где  $k'_1$  – коэффициент пропорциональности, или константа скорости потребления кислорода.

Интегрируя это равенство, получим:

$$-\ln(L_\alpha - x_t) = k'_1 t + C$$

Так как при  $t=0$  значение  $X_t$  также равно 0, получаем:

$$C = -\ln L_\alpha.$$

Поэтому  $\ln(L_\alpha - x_t) = \ln L_\alpha - k'_1 t$ .

Для перехода к десятичным логарифмам вводим новый коэффициент пропорциональности:

$$k_1 = k'_1 \lg e = 0,43k'_1$$

Освобождаемся от логарифмов и в результате получаем уравнения процесса потребления кислорода при биохимическом окислении органического вещества:

$$L_t = L_\alpha - x_t = L_\alpha \cdot 10^{-k_1 t};$$

$$x_t = L_\alpha - L_t = L_\alpha (1 - 10^{-k_1 t}).$$

Окисление органических загрязнений, содержащихся в смеси бытовых и производственных сточных вод, происходит по более сложной зависимости. Во многих случаях ход биохимического потребления кислорода описывается бимолекулярным уравнением:

$$\frac{dx_t}{dt} = k(L_\alpha - x_t)^2.$$

Константа скорости окисления в этом случае равна 0,0006. Значение  $k_1$  – константы скорости биохимического потребления кислорода – зависит от температуры  $T$ , увеличиваясь с ее повышением.

Эмпирическим путем найдено, что изменение константы в зависимости от изменения температуры может быть выражено формулой:

$$k_{1(T_2)} = k_{1(T_1)} \cdot 1,047^{T_2 - T_1},$$

где  $k_1(T_2)$  и  $k_1(T_1)$  – значения константы  $k$  при температурах  $T_1$  и  $T_2$ . Это соотношение справедливо для температур от 10 до 30 °С.

Определение потребления кислорода в лабораторных условиях обычно производят при температуре 20 °С, поэтому формула для практических целей приобретает вид:

$$k_{1(T)} = k_{1(20^\circ\text{C})} \cdot 1,047^{T - 20^\circ\text{C}}.$$

Для смеси сточных и речных вод константа  $k_1(20^\circ\text{C})$  равна 0,1; для сточной жидкости в процессе очистки ее значение бывает различным в зависимости от свойств жидкости. Так, например, для сточных вод московской канализации величина  $k_1(T_1)$  колеблется в разные периоды года в пределах 0,08-0,25, что указывает на разнообразие и непостоянство органических веществ, содержащихся в стоках.

Начальная потребность в кислороде  $L_\alpha$  увеличивается с повышением температуры и уменьшается с ее понижением.

По эмпирическим данным соотношение это может быть выражено формулой:

$$L_{\alpha(T)} = L_{\alpha(20^\circ\text{C})}(0,02T + 0,6),$$

где  $L_{\alpha(T)}$  и  $L_{\alpha(20^\circ\text{C})}$  – потребность в кислороде при  $T$  и 20 °С.

Вычисленная по формуле остающаяся потребность в кислороде через каждые сутки, выраженная в процентах от начальной

потребности в кислороде при температуре 20 °С и при  $k_1=0,1$ , представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Потребность органического вещества в кислороде  $L_t$ , % через  $t$  суток после начала процесса биохимического окисления

t	$L_t$	t	$L_t$	t	$L_t$	t	$L_t$	t	$L_t$	t	$L_t$
1	79,4	6	25,1	11	7,94	16	2,51	21	0,79	26	0,25
2	63,1	7	19,9	12	6,31	17	1,99	22	0,63	27	0,2
3	50,1	8	15,8	13	5,01	18	1,58	23	0,5	28	0,16
4	39,8	9	12,6	14	3,98	19	1,26	24	0,4	29	0,13
5	31,6	10	10	15	3,16	20	1	25	0,32	30	0,1

Время, требуемое для снижения потребления кислорода от  $L_a$  до  $L_t$  согласно формуле:

$$t = \frac{1}{k_1'} \lg \frac{L_a}{L_t}$$

Из этой формулы видно, что достигнуть полного окисления всего органического вещества, при котором  $L_t$  было бы равным нулю, теоретически невозможно, так как требуемое для этого время должно быть равно бесконечности.

Этому же закону подчиняется процесс растворения кислорода в воде. Кислород, как и всякий другой газ, может растворяться в воде лишь до определенного, насыщающего воду объема. Этот объем зависит от температуры и давления: чем температура выше, тем растворимость кислорода меньше. В таблице 20 приведена растворимость кислорода воздуха в чистой и загрязненной воде при летней и зимней температуре и давлении воздуха 0,1 МПа.

Таблица 20 – Основные химические показатели воды водоема

Степень загрязнения	Растворенный кислород, мг/л		БПК <sub>5</sub> , мг/л	Окисляемость, мг/л	Взвешенные вещества, мг/л
	летом	зимой			
Очень чистая	9	13-14	0,5-1	1	1-3
Чистая	8	11-12	1,1-1,9	2	4-10
Умеренно загрязненная	6-7	9-10	2-2,9	3	11-19
Загрязненная	4-5	4-5	3-3,9	4	20-50
Грязная	2-3	0,5	4-10	5-15	51-100
Очень грязная	0	0	>10	>15	> 100

Указанная зависимость существует при растворении кислорода, находящегося в воздухе под парциальным давлением, соответствующим его содержанию. Растворимость чистого кислорода, находящегося под более высоким давлением, будет выше. Такое явление наблюдается, как известно, при фотосинтезе, когда зеленое вещество растений, разлагая на свету  $\text{CO}_2$ , поглощает углерод и выделяет чистый кислород.

Скорость растворения кислорода, согласно указанному выше закону, в каждый данный момент обратно пропорциональна степени насыщенности воды кислородом или прямо пропорциональна его недонасыщенности (дефициту). Это относится, конечно, лишь к поверхности соприкосновения воды с кислородом (диффузионному слою). Для того чтобы эта скорость растворения относилась ко всей массе воды, необходимо интенсивное ее перемешивание. Дефицит кислорода может быть выражен в абсолютных значениях (в мг/л), а также в относительных величинах (в процентах или в долях от полного дефицита).

Если обозначить через  $D_\alpha$  начальный дефицит кислорода, выраженный в долях от полного дефицита, а через  $D_t$  – дефицит кислорода в воде по прошествии времени  $t$ , то процесс растворения может быть выражен уравнением:

$$D_t = D_\alpha \cdot 10^{-k_2 t},$$

где  $k_2$  – константа скорости растворения кислорода, зависящая от природы газа, температуры среды, состояния поверхности и условий перемешивания воздуха с водой. Значение константы  $k_2$ , как и значение  $k_1$  сильно колеблется: в среднем оно может быть принято равным 0,2 при температуре воды  $20^\circ\text{C}$ .

С повышением температуры константа скорости растворения кислорода повышается. Однако, ввиду незначительного изменения этой скорости, практически при расчетах растворения кислорода поправку на температуру можно не учитывать.

## РЕШИТЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** В реку А у поселка В сбрасываются сточные воды с расходом реки  $34,6 \text{ м}^3/\text{с}$ , расход сточной воды –  $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , ширина реки 58 м, средняя глубина 1,5 м, скорость потока реки –  $0,4 \text{ м/с}$  уклон русла 0,0013, коэффициент извилистости 1,3. Найти расстояние, на котором максимальная концентрация загрязняющих веществ составила 10% от начальной концентрации стоков. Вода реки до этого

загрязняющие вещества не содержала. Найти максимальную концентрацию на расстоянии 100 м от места сброса сточных вод.

**Задача 2.** В равнинную реку А  $60 \text{ м}^3/\text{с}$ , сбрасывается сточную воду с предприятия содержащую кадмий., концентрация кадмия  $0,18 \text{ мг/л}$ , расход воды с  $0,7 \text{ м}^3/\text{с}$ , глубина  $1,7 \text{ м}$ , скорость течения реки  $0,4 \text{ м/с}$ , коэффициент извилистости  $1,3$ , выпуск береговой, вода до сброса сточной воды кадмия не содержала. Найти расстояние на котором С достигнет ПДК в максимально загрязненной струе потока.

**Задача 3.** В реку А у поселка В сбрасываются сточные воды с расходом реки  $34,6 \text{ м}^3/\text{с}$ , расход сточной воды –  $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ , ширина реки  $58 \text{ м}$ , средняя глубина  $1,5 \text{ м}$ , скорость потока реки –  $0,4 \text{ м/с}$  уклон русла  $0,0013$ , коэффициент извилистости  $1,3$ . Известно, что выпуск – береговой, скорость выхода сточных вод равна скорости течения реки. Определить концентрацию в максимальной струе потока и расстояние до створа до  $80\%$  перемешивания.

**Задача 4.** Докажите, что для бытовых сточных вод,  $\text{БПК}_5=70\%$  от  $\text{БПК}_{\text{полн.}}$ , при константе скорости биохимического окисления  $=0,1 \text{ сут}^{-1}$ .

**Задача 5.** Рассчитайте константу скорости окисления, если экспериментально доказано, что  $\text{БПК}_{\text{полн.}}$  с точностью  $1\%$  наблюдается на  $13 \text{ сут}$  инкубации. Какую долю от  $\text{БПК}_{\text{полн.}}$  составляет  $\text{БПК}_5$ . Пусть  $\text{БПК}_{\text{полн.}}$  считается полным, если окисление произошло на  $99\%$  от теоретического.

**Задача 6.** В пункте А расположенном вверх по течению реки в реку произведен сброс сточных вод, содержащих органические вещества, в результате чего БПК в речной воде составило  $5 \text{ мгO}_2/\text{л}$ . Можно ли использовать речную воду как источник питьевого водоснабжения. В пункте В ниже по течению реки на расстоянии  $244 \text{ км}$ , если скорость течения реки  $0,2 \text{ м/сек}$ , значение  $\text{БПК}_5=3,0 \text{ мгO}_2/\text{л}$ ,  $k'=0,04 \text{ сут}^{-1}$ .

**Задача 7.** В пробе природной воды были определены следующие показатели:  $\text{ХПК}=33 \text{ мгO}_2/\text{л}$ ,  $S_{\text{орг}}=9,8 \text{ мг/л}$ , В загрязнении комбината по обогащению руд цветных металлов сбрасывает сточные воды с анионами СПАВ, в результате в воде были обнаружено вещество –  $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_3\text{Na}$  в концентрации  $10 \text{ мг/л}$ . Есть ли смысл искать еще виновников загрязнения окружающей среды?

**Задача 8.** Найти среднюю стандартную форму беззольного вещества и удельное ХПК ила, если анализом по методу сжигания

пробы ила было найдено, что вещество состоит на 49% из С, на 8% из Н, на 10% из N и на 33% из О.

**Задача 9.** Анализом найдено, что сточная вода различных коллекторов имеет следующие показатели (табл. 21). Определите, для каких видов сточных вод характерны приведенные показатели.

Таблица 21 – Результаты анализа сточных вод

Номер коллектора	Количество взвешенных веществ	БПК <sub>5</sub>	ХПК
1	180	165	1350
2	200	250	200
3	50	0	550

## 7.2. Методы расчета нормативов образования отходов

(по А.П. Хаустову, 2006)

Для расчета нормативов образования отходов используются различные методы и, соответственно, разные единицы их измерения. В соответствии с технологическими особенностями производства нормативы образования отходов определяются в единицах массы (объема) либо в процентах от количества используемого сырья, материалов, или от количества производимой продукции.

Нормативы образования отходов, оцениваемые в процентах, определяются по тем видам отходов, которые имеют те же физико-химические свойства, что и первичное сырье. Нормативы образования отходов с измененными по сравнению с первичным сырьем характеристиками предпочтительно представлять в следующих единицах измерения: кг/т, кг/м<sup>3</sup>, м<sup>3</sup>/тыс. м<sup>3</sup> и т.д.

При определении нормативов образования отходов применяются метод расчета по материально-сырьевому балансу и метод расчета по удельным отраслевым нормативам образования отходов.

Отраслевые нормативы образования отходов разрабатываются путем усреднения индивидуальных значений нормативов образования отходов для организаций отрасли и посредством расчета средних удельных показателей на основе анализа отчетной информации за определенный период; выделения важнейших, нормообразующих факторов и определения их влияния на значение нормативов на планируемый период.

*Расчетно-аналитический метод* применяется при наличии конструкторско-технологической документации (технологических карт, рецептур, регламентов, рабочих чертежей) на производство



продукции, при котором образуются отходы. На основе такой документации в соответствии с установленными нормами расхода сырья (материалов) рассчитывается норматив образования отходов ( $H_0$ ) как разность между нормой расхода сырья (материалов) на единицу продукции и чистым (полезным) их расходом с учетом неизбежных безвозвратных потерь сырья.

Расчет осуществляется по формуле:

$$H_0 = N - P - H_n,$$

где  $N$  – норма расхода сырья (материалов) на единицу продукции, т;  $P$  – расход сырья (материалов), необходимого для осуществления производственного процесса (работы), т;  $H_n$  – неизбежные безвозвратные потери сырья (материалов) в процессе производства, т.

Норматив образования отходов определяется по формуле:

$$H_0 = N(1 - K_n) - P,$$

где  $K_n = H_n/N$  – коэффициент неизбежных потерь сырья (материалов).

Норматив образования отходов в процентах или как коэффициент выхода вторичного сырья ( $H'_0$ ) определяется по формуле:

$$H'_0 = (1 - K_{исп} - K_n) - 100\%,$$

где  $K_{исп}$  – коэффициент использования сырья (материалов) при производстве продукции ( $K_{исп} = P/N$ ).

По формулам определяются нормативы образования каждого вида отходов.

Средневзвешенные (групповые) нормативы образования отходов на единицу валовой производимой продукции определяются по формуле:

$$H'_0 = \left( \sum_{i=1}^m N_i q_i - \sum_{i=1}^m P_i + H_{ni} \right) \cdot q_i / \sum_{i=1}^m q_i,$$

где  $q_i$  – объем производимой продукции данного вида;  $i$  – индекс производимой продукции ( $i=1, 2, \dots, n$ ).

*Экспериментальный метод* применяется для технологических процессов, допускающих определенный диапазон изменений составных элементов сырья (в литейном производстве, химической, пищевой, микробиологической и других отраслях промышленности), а также при большой трудоемкости аналитических расчетов. Метод заключается в определении нормативов образования отходов на основе проведения опытных измерений в производственных условиях. Первоначально на основе статистической обработки измерений массы

полезного продукта, получаемого из единицы массы сырья (материалов), определяется показатель, характеризующий долю полезного продукта в единице сырья (в %) ( $C_{н.н.}$ ). Исходя из значения этого показателя и данных о массе извлеченного из сырья полезного продукта ( $M_{н.н.}$ ) определяется масса образования отходов ( $V_0$ ) по формуле:

$$V_0 = M_{н.н.} (100 - C) / C.$$

Норматив образования отхода на единицу произведенной продукции ( $H''_0$ ) рассчитывается по формуле:

$$H''_0 = V_0 / Q_{пр.},$$

где  $Q_{пр.}$  – количество продукции, при производстве которой образуется отход.

Для изделий, находящихся в стадии освоения, нормативы образования отходов определяются экспериментальным путем на основе измерения массы отходов при производстве наиболее типичных видов продукции и определения средних по данному виду продукции показателей.

Расчет по фактическим объемам образования отходов для вспомогательных и ремонтных работ получил название статистический метод. Метод применяется для определения нормативов образования отходов на основе статистической обработки информации за базовый (трехлетний) период с последующей корректировкой данных в соответствии с планируемыми организационно-техническими мероприятиями, предусматривающими снижение материалоемкости производимой продукции.

Нормативы образования отходов ( $H''$ ) статистическим методом определяются по формуле:

$$H'' = V_{о.н.} / N_n K_m.$$

где  $H''$  – масса отходов, т;  $N_n$  – количество изделий (материалов), при эксплуатации которых образуются отходы;  $K_m$  – коэффициент перевода единицы измерения количества изделий (материалов) в единицу массы.

Коэффициент  $K_m$  применяется, если амортизированная продукция (изделие) исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема и т.д.

На производствах с неустойчивыми регламентами технологических процессов, где нормативы образования отходов непосредственно не связаны с единицей производимой продукции, они определяются статистическим методом по формуле:

$$H_0''' = V_0 / Q_c,$$

где  $H_0'''$  – норматив образования отходов на единицу перерабатываемого сырья и материалов;  $V_0$  – масса образования отходов за рассматриваемый период (в массу образования отходов включается только текущий выход отходов);  $Q_c$  – масса перерабатываемого сырья и материалов при производстве продукции.

Статистические данные обрабатываются за последние три года с последующей корректировкой удельных показателей на планируемый период в соответствии с тенденциями развития технологии и организации производственного процесса.

## РЕШИТЕ ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Пользуясь данными таблицы 22, рассчитайте с помощью расчетно-аналитического метода нормативы образования отходов производства относительно единицы производимой продукции при различных ее количествах.

Таблица 22 – Сведения об образовании отходов производства

Наименование отхода	Древесные отходы		Отходы пластмасс
	Ящичные комплекты	Ящичные комплекты	Ящичные комплекты
Наименование сырья, материалов, ед. измер.	Пиломатериалы хвойных пород, м <sup>3</sup>	Пиломатериалы мягколиственных пород, м <sup>3</sup>	Пластические массы, м <sup>3</sup>
Всего, N	1,67	1,63	1,54
Чистый расход материалов, р	1,0	1,0	1,45
Безвозвратные потери (коэффициент потерь), N <sub>п</sub>	0,01	0,01	0,01
Нормативы образования отходов производства, H <sub>0</sub>	0,66	0,62	0,08
Планируемое количество выпускаемой продукции, q <sub>i</sub>	26,0 тыс. м <sup>3</sup>	21,0 тыс. м <sup>3</sup>	30 тыс. м <sup>3</sup>

**Задача 2.** Пользуясь данными таблицы 23, рассчитайте с помощью расчетно-аналитического метода нормативы образования отходов доменного производства относительно единицы используемого сырья при различных его массах.

Таблица 23 – Сведения об образовании отходов доменного производства

Наименование первичного сырья	Наименование отходов	Объем первичного сырья, при переработке которого используются отходы, Q <sub>с</sub>	Коэффициент использования первичного сырья, K <sub>исп.</sub>	Коэффициент безвозврат- ных потерь
Шихта сталеплавильная	Шлак сталеплавильный	2,54 тыс. т	0,94	0,01
Огнеупорная масса для производства огнеупоров	Отходы огнеупоров	296,1 т	0,78	0,02
Полипропилен	Отходы полипропилена	34,0 т	0,97	0,01
<i>использование сырья при производстве чугуна</i>				
Агломерат	Шлак доменного производства	1,72 т	0,39	0,03
Железная руда		0,074 т	0,38	0,04
Марганцевая руда		0,04 т	0,33	0,09
Известняк		0,037 т	0,41	0,01
Металлические добавки		0,028 т	0,42	
Скрап оборотный		0,015 т	0,42	
Кокс		0,496 т	0,41	0,01
<i>использование сырья при производстве 1 т агломерата с содержанием железа 61-64% (по максимальному, минимальному и среднему объемам образования отходов)</i>				
Аглоруда	Шлак мартеновского производства	503-256 т	0,82	0,05
Концентрация железной руды		630-354 т	0,82	0,05
Марганцевая руда		18-15 т	0,82	0,05
Известняк		242-204 т	0,85	0,02
Колошниковая пыль		60 т	0,86	0,01
Окалина		18 т	0,87	-

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

### *Предмет и задачи промышленной экологии*

1. В процессе развития промышленных предприятий формируются...
  1. технобиогеннозы
  2. урбабиогеннозы
  3. агрогеннозы
  4. ноогеннозы
2. Раздел, научное направление в экологии, охватывающие взаимодействие промышленности с окружающей средой называется \_\_\_\_\_ экологией.
  1. инженерной
  2. глобальной
  3. социальной
  4. политической
3. Подход к окружающей среде, который основное внимание уделяет рациональному использованию природы, называется...
  1. техноцентризмом
  2. антропоцентризмом
  3. биоцентризмом
  4. экологизмом
4. Часть биосферы, в существенной степени преобразованная человеком посредством и эксплуатации различных технических объектов называется...
  1. техносферой
  2. ноосферой
  3. литосферой
  4. гидросферой
5. В производственную сферу техносферы входит...
  1. электроэнергетика
  2. жилые дома
  3. образование
  4. вооружение
6. В непроизводственную сферу техносферы входит...
  1. личный автотранспорт
  2. легкая промышленность
  3. связь
  4. электроэнергетика
7. Главным компонентом техногенной системы является \_\_\_\_\_ звено.
  1. промышленное
  2. вспомогательное
  3. коммунальное
  4. бытовое

### *Особенности технологических процессов различных отраслей промышленности*

1. К стационарным источникам, нарушающим естественное состояние атмосферного воздуха, относятся...
  1. промышленные предприятия и ТЭС
  2. автомобили и самолеты
  3. пожары и вулканизм
  4. корабли и локомотивы
2. К передвижным источникам, нарушающим естественное состояние атмосферного воздуха, относятся...
  1. автомобили и самолеты
  2. промышленные предприятия и ТЭС
  3. пожары и вулканизм
  4. пыльные бури и эрозия почв
3. В сточных водах целлюлозно-бумажного комплекса содержатся...
  1. лигнины и смолистые вещества
  2. нефтепродукты и сульфиды

3. тяжелые металлы и цианиды
4. органические красители и СПАВ
4. Синтетические поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, органические красители и органические вещества содержатся в сточных водах предприятий \_\_\_\_\_ отрасли.
1. текстильной
  2. горнодобывающей
  3. нефтехимической
  4. целлюлозно-бумажной
5. По происхождению отходы бывают...
1. промышленными и биологическими
  2. твердыми и жидкими
  3. горючими и не горючими
  4. высокоопасными и нетоксичными
6. По степени токсичности отходы бывают...
1. высокоопасными и малоопасными
  2. промышленными и биологическими
  3. твердыми и жидкими
  4. горючими и не горючими
7. Системы водоочистки для гальванических производств необходимо внедрять на(в)...
1. машиностроении
  2. транспорте
  3. цветной металлургии
  4. энергетике
8. Экологически чистые виды топлива и устройства каталитического дожигания и улавливания вредных веществ необходимо внедрять на(в)...
1. транспорте
  2. машиностроении
  3. цветной металлургии
  4. энергетике
9. К природным топливам относятся...
1. торф и антрацит
  2. эфир и бензин
  3. керосин и мазут
  4. масло и спирт
10. К искусственным топливам относятся...
1. коксовый и водяной газ
  2. древесина и природный газ
  3. каменный и бурый угли
  4. торф и древесина
11. К альтернативным топливам относятся...
1. спирт и топливные масла
  2. перолейный эфир и автомобильный бензин
  3. торф и древесина
  4. соляровые масла и мазут
12. К экологическим нарушениям природной среды при горных работах относ(е)тся...
1. горение породных отвалов
  2. провалы от подземных работ
  3. котлованы карьеров
  4. нагорные канавы
13. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха химической промышленности являются...
1. растворители и органические вещества
  2. углеводороды и меркаптаны
  3. фтористые и цианистые соединения
  4. альдегиды и бенз(а)пирен
14. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха металлургии и коксохимии являются...

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| 1. фтористые и цианистые соединения     | 3. углеводороды и меркаптаны |
| 2. растворители и органические вещества | 4. альдегиды и бенз(а)пирен  |

15. Основными видами загрязнений промышленных сточных вод цветной и черной металлургии являются...

- |                       |            |
|-----------------------|------------|
| 1. минеральные взвеси | 3. цианиды |
| 2. хлориды            | 4. фенолы  |

16. Основными видами загрязнений промышленных сточных вод синтетической химии являются...

- |                       |            |
|-----------------------|------------|
| 1. хлориды            | 3. цианиды |
| 2. минеральные взвеси | 4. фенолы  |

17. Сточные воды, содержание большое количество сульфатов, характерны для \_\_\_\_\_ предприятий.

- |                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. кожевенных            | 3. машиностроительных |
| 2. нефтеперерабатывающих | 4. коксохимических    |

### ***Виды загрязнений. Классификация загрязнителей***

1. Совокупность веществ, количественно и качественно чуждых естественным биогеоценозам называется \_\_\_\_\_ загрязнением.

- |                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| 1. ингредиентным   | 3. стационально-деструкционным |
| 2. параметрическим | 4. биоценоотическим            |

2. Изменение качественных параметров окружающей природной среды называется \_\_\_\_\_ загрязнением.

- |                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| 1. параметрическим | 3. стационально-деструкционным |
| 2. ингредиентным   | 4. биоценоотическим            |

3. Воздействия, вызывающие нарушения в составе и структуре популяций живых организмов, называются \_\_\_\_\_ загрязнением.

- |                     |                                |
|---------------------|--------------------------------|
| 1. биоценоотическим | 3. ингредиентным               |
| 2. параметрическим  | 4. стационально-деструкционным |

4. Воздействие, приводящее к нарушению и преобразованию ландшафтов и экосистем в процессе природопользования, называется \_\_\_\_\_ загрязнением.

- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| 1. стационально-деструкционным | 3. ингредиентным    |
| 2. параметрическим             | 4. биоценоотическим |

5. Примерами ингредиентного загрязнения являются...

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. бытовые стоки и ядохимикаты        | 3. вырубка лесов и эрозия почв                 |
| 2. интродукция и акклиматизация видов | 4. электромагнитное и радиационное воздействие |

6. Примерами параметрического загрязнения являются...

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. электромагнитное и радиационное воздействие | 3. интродукция и акклиматизация видов |
| 2. бытовые стоки и ядохимикаты                 | 4. вырубка лесов и эрозия почв        |

7. Примерами стационально-деструкционного загрязнения являются...

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| 1. вырубка лесов и эрозия почв                 | 3. бытовые стоки и ядохимикаты        |
| 2. электромагнитное и радиационное воздействие | 4. интродукция и акклиматизация видов |
8. К естественным источникам загрязнения атмосферы относится...
- |                                |                       |
|--------------------------------|-----------------------|
| 1. разложение живых организмов | 3. сельское хозяйство |
| 2. отопление жилищ             | 4. транспорт          |
9. К искусственным источникам загрязнения атмосферы относится...
- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| 1. отопление жилищ             | 3. пыльные бури |
| 2. разложение живых организмов | 4. выветривание |
10. К точечным источникам загрязнения относятся...
- |                         |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 1. вентиляционные трубы | 3. открытые склады                |
| 2. фонари цехов         | 4. ряды близко расположенных труб |
11. К рассредоточенным источникам загрязнения относятся...
- |                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| 1. фонари цехов         | 3. дымовые трубы |
| 2. вентиляционные трубы | 4. шахты         |

### ***Методы очистки промышленных выбросов, сточных вод и утилизации промышленных отходов***

1. К сухим пылеулавителям относятся...
- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| 1. пылеосадительные камеры | 3. рукавичные фильтры |
| 2. циклоны                 | 4. электрофильтры     |
2. В результате объемной конденсации паров веществ при охлаждении газа, пропускаемого через технологический аппарат образую(е)тся...
- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| 1. возгоны           | 3. летучая зола      |
| 2. механическая пыль | 4. промышленная сажа |
3. Более эффективными мокрыми пылеулавителями являются скрубберы...
- |                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| 1. вентури            | 3. центробежные |
| 2. ударно-инерционные | 4. насадочные   |
4. Общая эффективность улавливания твердых частиц и аэрозолей электрофильтрами составляет \_\_\_\_\_ процентов.
- |       |       |
|-------|-------|
| 1. 97 | 3. 65 |
| 2. 84 | 4. 58 |
5. Общая эффективность улавливания твердых частиц и аэрозолей циклонами составляет \_\_\_\_\_ процентов.
- |       |       |
|-------|-------|
| 1. 84 | 3. 65 |
| 2. 97 | 4. 58 |
6. В качестве абсорбентов используе(ю)тся...
- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| 1. вязкие масла | 3. силикагель |
| 2. глинозем     | 4. цеолиты    |
7. В качестве адсорбентов использует(-ют)ся...
- |                 |                            |
|-----------------|----------------------------|
| 1. цеолиты      | 3. поглотительная жидкость |
| 2. вязкие масла | 4. песок                   |



8. Механическим методом очистки сточных вод является...

- |                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| 1. центрифугирование | 3. нейтрализация           |
| 2. коагуляция        | 4. биохимическое окисление |

9. Барботирование, озонирование и хлорирование являются \_\_\_\_\_ методами очистки сточных вод.

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 1. химическими   | 3. биохимическими |
| 2. механическими | 4. термическими   |

10. Экстракция, сорбция и дезодорация являются \_\_\_\_\_ методами очистки сточных вод.

- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| 1. физико-химическими | 3. биохимическими |
| 2. механическими      | 4. термическими   |

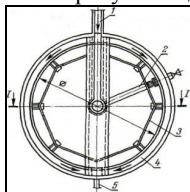
11. В аэротенках и окситенках происходит \_\_\_\_\_ очистка сточных вод.

- |                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| 1. биохимическая     | 3. механическая |
| 2. физико-химическая | 4. термическая  |

12. К акустическим методам защиты от шума относится...

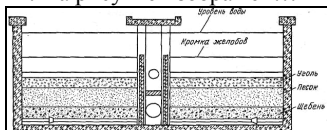
- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. звукоизоляция конструкций    | 3. вынесение шумных предприятий |
| 2. районирование жилых массивов | 4. запрещение звуковых сигналов |

13. На рисунке под цифрой 4 изображен(а)...



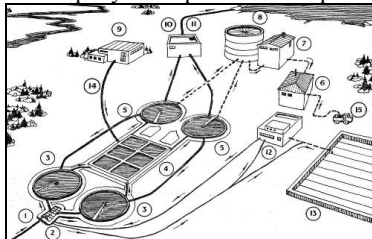
1. сборный лоток
2. отводной трубопровод
3. иловая труба
4. полупогруженная доска

14. На рисунке изображен...



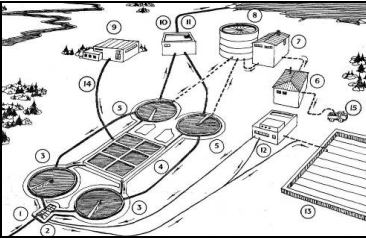
1. скорый фильтр
2. горизонтальный отстойник
3. смолоотстойник
4. нефтеуловитель

15. На рисунке аэротенки изображены под цифрой...



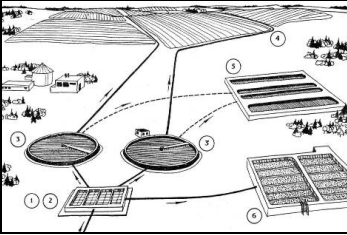
1. 4
2. 1
3. 2
4. 3

16. На рисунке под цифрой 8 изображена(ы)...



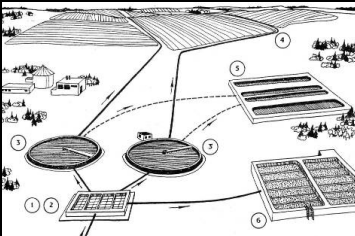
1. метантенка
2. аэротенки
3. песколовка
4. отстойники

17. На рисунке под цифрой 4 изображены...



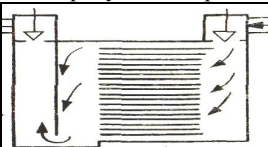
1. песколовочные площадки
2. иловые площадки
3. сельскохозяйственные поля
4. поля орошения

18. На рисунке под цифрой 3 изображены...



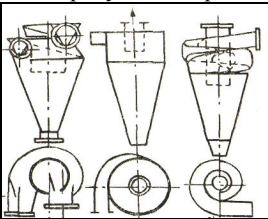
1. поля орошения
2. песколовки
3. иловые площадки
4. отстойники

19. На рисунке изображен аппарат...



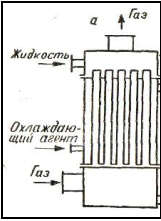
1. мокрой очистки газов
2. для очистки газов методом фильтрации
3. электрической очистки газов
4. сухой очистки газов

20. На рисунке изображены...



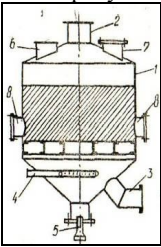
1. скрубберы
2. электрофильтры
3. рукавные фильтры
4. циклоны

21. На рисунке изображен аппарат, применяемый для \_\_\_\_\_ очистки газов.



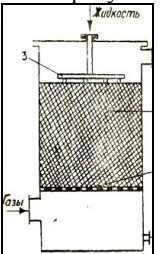
1. химической
2. термической
3. электрической
4. механической

22. На рисунке изображен...



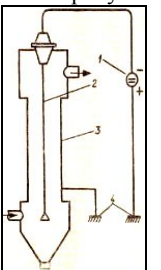
1. адсорбер
2. абсорбер
3. скруббер
4. циклон

23. На рисунке изображен скруббер...



1. противоточный насадочный
2. повышенного давления
3. с шаровой насадкой
4. центробежный

24. На рисунке под цифрой 2 показан(о)...



1. коронирующий электрод
2. источник постоянного тока
3. осадительный электрод
4. заземление

### *Оценка состояния окружающей среды*

1. Задачей мониторинга состояния окружающей среды является...

1. выявление причин
2. оценка
3. прогноз
4. принятие решений

2. Целью мониторинга состояния окружающей среды является...

1. прогноз
  2. выявление причин
  3. наблюдение
  4. анализ
3. Процесс технологии мониторинга можно представить в виде такого алгоритма, как...
1. измерение
  2. анализ
  3. описание
  4. моделирование
4. На первом этапе ОВОС готовится...
1. уведомление о намерениях
  2. заявление о воздействии на окружающую среду
  3. протокол обсуждения воздействия на окружающую среду
  4. заявление об экономических последствиях
5. Разработка концепции намечаемой деятельности проводится на \_\_\_\_\_ этапе ОВОС.
1. первом
  2. втором
  3. третьем
  4. четвертом
6. Общественные (публичные) слушания и обсуждения проводятся на \_\_\_\_\_ этапе ОВОС.
1. третьем
  2. первом
  3. втором
  4. четвертом
7. Под экологическим мониторингом понимается система, позволяющая выявить изменение окружающей среды при помощи...
1. наблюдения
  2. оценки качества
  3. прогнозирования
  4. стандартизации
  5. нормирования
  6. сертификации
8. По степени охвата биосферы выделяют такие виды мониторинга, как...
1. локальный
  2. глобальный
  3. региональный
  4. абiotический
  5. фоновый
  6. биологический
9. Региональный мониторинг охватывает...
1. определенную географическую зону
  2. крупный район
  3. территориально-производственный комплекс
  4. определенный населенный пункт
  5. отдельное предприятие
  6. промышленный центр
10. Локальный мониторинг охватывает...
1. промышленный центр
  2. отдельное предприятие
  3. определенный населенный пункт
  4. территориально-производственный комплекс
  5. крупный район
  6. определенную географическую зону
11. При мониторинге окружающей среды используются...
1. химические параметры
  2. биологические показатели
  3. физические параметры
  4. эстетические качества
  5. экономические показатели
  6. технические показатели

12. Объектами глобального мониторинга являются...
1. озоновый экран
  2. атмосфера
  3. растительный покров
  4. промышленные стоки
  5. поверхностные воды
  6. радиоактивные излучения
13. Объектами санитарно-гигиенического мониторинга являются...
1. радиоактивные излучения
  2. поверхностные воды
  3. промышленные стоки
  4. растительный покров
  5. атмосфера
  6. озоновый экран
14. Для мониторинга состояния приземного слоя воздуха используют такие показатели, как...
1. двуокись серы
  2. пыль
  3. бенз(а)пирен
  4. нефтепродукты
  5. пестициды
  6. шум
15. При выборе приоритетных направлений мониторинга для загрязняющих веществ учитываются...
1. возможность измерений
  2. размер воздействия на человека и экосистемы
  3. возможность концентрации и трансформации
  4. возможность вторичного использования
  5. влияние на редкие и исчезающие виды
  6. необходимость изучения свойств вещества
16. При мониторинге снежного покрова учитываются такие загрязняющие вещества, как...
1. свинец
  2. ртуть
  3. бенз(а)пирен
  4. оксид углерода
  5. озон
  6. азот
17. При мониторинге почв учитываются такие загрязняющие вещества, как...
1. свинец
  2. ртуть
  3. кадмий
  4. пыль
  5. озон
  6. фреон
18. Глобальная система мониторинга окружающей среды проводит наблюдения за состоянием...
1. подземных вод
  2. лесов
  3. диких животных
  4. транспортных сетей
  5. агроэкосистем
  6. ноосферы

### ***Мониторинг атмосферы, водных объектов и почвы***

1. Для охраны атмосферы от загрязнения применяют такие мероприятия, как...
1. экологизация технических процессов
  2. устройство санитарно-защитных зон
  3. очистка выбросов от вредных примесей
  4. интродукция новых видов
  5. оборонное водоснабжение
  6. биологическая рекультивация земель

2. К мерам по охране водных ресурсов относят...
1. создание водоохранных зон
  2. применение оборотной системы водоснабжения
  3. агролесомелиоративные мероприятия
  4. использование пестицидов и удобрений
  5. создание условий для смыва почв в воду
  6. распашку земель на прибрежной полосе
3. Охране атмосферного воздуха от загрязняющих веществ способствуют...
1. пыле- и газоулавливающие средства
  2. альтернативные источники энергии
  3. зеленые насаждения и лесопарковые массивы
  4. очистные сооружения канализации
  5. процессы эвтрофикации
  6. системы оборотного водоснабжения
4. Система мероприятий по охране почв заключается в...
1. защите от эрозии и засоления
  2. снижении применения пестицидов
  3. ограничении захоронения токсичных отходов
  4. использовании альтернативных источников энергии
  5. снижении выбросов фреонов и диоксинов
  6. установке газоулавливающих средств
5. Роль зеленых насаждений в городах заключается в их...
1. способности выделять кислород
  2. шумозащитных свойствах
  3. пылеосаждающей способности
  4. лесохозяйственной ценности
  5. топливном использовании
  6. способности поглощать фреоны
6. Охрана земель заключается в проведении таких почвозащитных мероприятий, как...
1. фитомелиорация
  2. почвозащитная обработка почв
  3. снегозадержание
  4. оборотное водоснабжение
  5. захоронение бытовых отходов
  6. биоиндикация
7. Противозерозионная роль лесных насаждений в охране земель заключается в...
1. задержке осадков
  2. укреплении почв
  3. снижении скорости ветра
  4. выделении кислорода
  5. поглощению углекислого газа
  6. усилении поверхностного стока
8. Гидротехнические мероприятия по защите почв сводятся к...
1. засыпке промоин
  2. террасированию склонов
  3. выравниванию оврагов
  4. орошению земель
  5. захоронению бытовых отходов
  6. снижению выбросов углекислого газа
9. Использование альтернативного земледелия в целях охраны почв сводится к...

1. отказу от пестицидов
  2. соблюдению севооборотов
  3. применению навоза и компоста
  4. использованию минеральных удобрений
  5. вывозу растительных остатков
  6. отказу от бобовых культур
10. Рекультивация нарушенных земель проводится с целью их использования для...
1. земледелия
  2. создания лесных массивов
  3. строительства жилья
  4. добычи полезных ископаемых
  5. захоронения отходов
  6. орошения
11. Охрана земельных ресурсов заключается защите почв от...
1. эрозии
  2. заболачивания
  3. засоления
  4. рекультивации
  5. мульчирования
  6. сукцессии
12. Основные способы защиты почвы от деградации при добыче полезных ископаемых сводятся к...
1. снятию почвы с нарушаемых земель
  2. предохранению от попадания фитотоксичных пород
  3. охране от попадания неочищенных вод
  4. засыпке провалов и проседаний
  5. комплексному использованию добываемого сырья
  6. сохранению почвенного слоя при создании рудников
13. К альтернативным источникам энергии, оказывающим минимальное воздействие на окружающую среду, относят...
1. солнечную радиацию
  2. энергию приливов и отливов
  3. энергию ветра
  4. каменный уголь
  5. природный газ
  6. гравитационную энергию
14. Глобальная система мониторинга окружающей среды проводит наблюдения за состоянием...
1. подземных вод
  2. лесов
  3. диких животных
  4. транспортных сетей
  5. агроэкосистем
  6. ноосферы
15. Состояние природных ресурсов оценивает мониторинг...
1. атмосферного воздуха
  2. лесных ресурсов
  3. диких растений
  4. агроэкосистем
  5. урбанизированных территорий
  6. промышленных предприятий

### ***Экологическое нормирование***

1. У чрезвычайно опасных веществ величина ПДК составляет \_\_\_\_\_ мг/м<sup>3</sup>.
  1. ≤0,1
  2. 0,1-1
  3. 1-10
  4. >10
2. Малоопасные вещества относятся к (ко) \_\_\_\_\_ классу опасности.
  1. четвертому
  2. первому
  3. второму
  4. третьему
3. Класс опасности у бенз(а)пирена -...

1. первый
  2. второй
  3. третий
  4. четвертый
4. Ко второму классу опасности относятся, такие содержащиеся в воздухе, вещества как...
1. бензол и сероводород
  2. сажа и толуол
  3. винилацетат и капролактамы
  4. ацетон и аммиак
5. Согласно санитарно-гигиенической классификации к первому классу относятся производства...
1. аммиака
  2. мочевины
  3. битума
  4. полистирола
6. Производство искусственной кожи относится к (ко) \_\_\_\_\_ классу предприятий.
1. второму
  2. первому
  3. третьему
  4. четвертому
7. Отходы, содержащие соединения сурьмы, являются...
1. чрезвычайно опасными
  2. высокоопасными
  3. умеренно-опасными
  4. малоопасными
8. Отходы, содержащие оксиды свинца, являются...
1. умеренно-опасными
  2. чрезвычайно опасными
  3. высокоопасными
  4. малоопасными
9. ПДК по органолептическому ЛПВ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения установлена для...
1. железа
  2. никеля
  3. метанола
  4. хрома
10. ПДК по рыбохозяйственному ЛПВ в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей установлена для...
1. нефтепродуктов
  2. формальдегида
  3. цинка
  4. нитритов
11. Санитарно-бактериологические свойства почвы характеризуют такие показатели, как...
1. коли-титр
  2. патогенные микроорганизмы
  3. термофильные бактерии
  4. азот аммонийный
  5. канцерогенные вещества
  6. пестициды
12. Санитарно-химические свойства почвы характеризуют такие показатели, как...
1. пестициды
  2. канцерогенные вещества
  3. азот аммонийный
  4. коли-титр
  5. патогенные микроорганизмы
  6. термофильные бактерии
13. Санитарное состояние почвы характеризуют такие параметры, как...
1. наличие кишечной палочки
  2. санитарное число
  3. титр анаэробных бактерий
  4. озон
  5. оксид углерода
  6. формальдегид
14. Санитарное состояние атмосферы оценивают такими параметрами, как количество...
1. оксида углерода
  2. формальдегида
  3. озона



4. кишечной палочки  
5. синтетически поверхностно-активных веществ
6. гельминтов
15. Санитарно-гигиеническими нормативами качества природной среды считают...
- |        |         |
|--------|---------|
| 1. ПДК | 4. СПАВ |
| 2. ПДУ | 5. СМС  |
| 3. ОДК | 6. НТП  |
16. К экологическим нормативам качества природной среды относят...
- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 1. градостроительные правила            | 4. природно-ресурсный потенциал       |
| 2. экологические требования к продукции | 5. управление природопользованием     |
| 3. нормативы санитарно-защитных зон     | 6. санитарно-гигиенический мониторинг |
17. Предельно-допустимые концентрации устанавливаются для таких видов антропогенных загрязнений, как...
- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| 1. фенол        | 4. шум      |
| 2. ДДТ          | 5. вибрация |
| 3. бенз(а)пирен | 6. радиация |
18. Предельно-допустимый уровень оценивается для таких видов антропогенных загрязнений, как...
- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| 1. радиация | 4. фреон        |
| 2. вибрация | 5. озон         |
| 3. шум      | 6. бенз(а)пирен |
19. Для экологической стандартизации характерны такие виды деятельности, как...
- |  |  |
|--|--|
| 1. разработка и внедрение обязательных технических требований и норм | 4. мониторинг состояния окружающей среды                     |
| 2. регламентирование деятельности по отношению к окружающей среде    | 5. прогнозирование уровня техногенных воздействий на природу |
| 3. научное обоснование нормативов воздействия на природу             | 6. информационное обеспечение экологической экспертизы       |

### ***Техногенные системы и экологический риск***

1. Совокупность технических компонентов, объектов, систем, комплексов, созданных человеком для удовлетворения своих материальных и духовных потребностей, для обеспечения жизнедеятельности и безопасности, называется...
- |               |              |
|---------------|--------------|
| 1. техносфера | 3. агроценоз |
| 2. биосфера   | 4. урбоценоз |
2. Сложная, искусственно созданная человеком в результате производственной деятельности система, которая находится в контакте с окружающей природной средой, называется...
- |                |               |
|----------------|---------------|
| 1. техногенной | 3. зоогенной  |
| 2. палеогенной | 4. фитогенной |

3. Чрезвычайная ситуация, в результате которой пострадало не более 10 человек, либо нарушены условия жизнедеятельности не более 100 человек, либо материальный ущерб составил не более 1 тыс. МРОТ на день возникновения ЧС и зона ее не выходит за пределы территории объекта производственного назначения, называется ...

1. локальной
2. трансграничной
3. региональной
4. федеральной

4. Чрезвычайная ситуация, поражающие факторы которой выходят за пределы Российской Федерации, либо чрезвычайная ситуация, которая произошла за рубежом и затрагивает территорию Российской Федерации, называется...

1. трансграничной
2. региональной
3. федеральной
4. локальной

5. Аварии на магистральных трубопроводах относят к группе \_\_\_\_\_ аварий.

1. транспортных
2. радиоактивных
3. гидродинамических
4. геофизических

6. Примером гидродинамических аварий являются...

1. прорывы плотин
2. радиоактивные загрязнения
3. ураганы и смерчи
4. тропический ливень

7. Вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для окружающей среды и здоровья населения, которое создает угрозу возникновения чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера – это...

1. экологический риск
2. экономический ущерб
3. тротиловый эквивалент
4. безразмерный импульс

8. Экономическая оценка необходимой для возмещения физическим и юридическим лицам по доказанным фактам причиненного вреда окружающей среде, здоровью физических лиц и имуществу физических и юридических лиц, называется...

1. экологическим ущербом
2. экологическим риском
3. юридическим правонарушением
4. экологическим страхованием

9. Процесс выявления и признания, что опасности аварии на опасном производственном объекте существуют, и определения их характеристик, называется...

1. идентификация опасностей аварии
2. тротиловый эквивалент взрыва
3. импульс волны давления
4. информация об окружающем пространстве

10. Процесс проведения анализа риска НЕ ВКЛЮЧАЕТ следующие основные этапы...

1. планирование и организацию работ
2. идентификацию опасностей
3. оценку поражающего воздействия взрыва ТВС
4. разработку рекомендаций по уменьшению риска

11. Состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий называется экологической...

1. безопасностью
2. информированностью
3. сертификацией
4. экспертизой

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автотранспортные потоки и окружающая среда / В.Н. Луканин, А.П. Буслаев, Ю.В. Трофименко. – М.: ИНФРА, 1998. – 407с.
2. *Акимова, Т.А.* Экология. Человек–Экономика–Биота – Среда: учебник для вузов / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 566 с.
3. *Акимова, Т.А.* Экология: учебник для вузов / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 455.
4. Атлас по экологии для школьников / под ред. А.Т. Зверева. – М.: «АСТ-ПРЕСС», 2001. – 40 с.
5. Безопасность жизнедеятельности: учебник / под ред. Э.А. Арустамова. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ю», 2006. – 476 с.
6. *Беличенко, Ю.П.* Рациональное использование и охрана водных ресурсов / Ю.П. Беличенко, М.М. Швецов. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 312 с.
7. *Владимиров, В.В.* Урбоэкология / В.В.Владимиров. – М.: МНЭПУ, 1999. – 204 с.
8. *Воронков, Н.А.* Экология общая, социальная, прикладная: учебник для студентов высш. учеб. заведений / Н.А. Воронков. – М.: Агар, 1999. – 424 с.
9. *Воронцов, А.И.* Охрана природы / А.И. Воронцов, Н.З. Харитонова. – М.: Высшая школа, 1977. – 408 с.
10. *Вронский, В.А.* Прикладная экология: учебное пособие / В.А. Вронский. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. – 512 с.
11. *Галактионова, Н.А.* Промышленная экология. Ч. I.: учебное пособие / Н.А. Галактионова. – М.: МНЭПУ, 2002. – 133 с.
12. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Марий Эл за 2007. – Йошкар-Ола, 2008. – 210 С.
13. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Марий Эл за 2008. – Йошкар-Ола, 2009. – 210 С.
14. *Гринн, А.С.* Экологическая безопасность. Защита территории и населения при чрезвычайных ситуациях: учебное пособие / А.С. Гринн, В.Н. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2000. – 336 с.
15. *Гудериан, Р.* Загрязнение воздушной среды / Р. Гудериан. – М.: Мир, 1979. – 200 с.
16. Доклад об экологической обстановке в городе Йошкар-Оле в 1998 году. – Йошкар-Ола, 1998. – 48 с.

17. Ежегодный доклад о состоянии окружающей среды Республики Марий Эл за 2009 год. – Йошкар-Ола, 2010. – 190 с.
18. *Зайцев, В.А.* Промышленная экология: учебное пособие / В.А. Зайцев. – М.: ДеЛя, 1999. – 140 с.
19. Инженерная экология и экологический менеджмент / под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына. – М.: Логос, 2002. – 528 с.
20. Инженерная экология: учебник / Под ред. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.
21. *Калыгин, В.Г.* Промышленная экология: курс лекций / В.Г. Калыгин. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 240 с.
22. *Калыгин, В.Г.* Промышленная экология: учебное пособие / В.Г. Калыгин. – М.: «Академи», 2006. – 432 с.
23. *Корчагин, В.А.* Экологические аспекты автомобильного транспорта: учебное пособие / В.А. Корчагин. – М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. – 100 с.
24. *Куклев, Ю.И.* Физическая экология: учебное пособие / Ю.И. Куклев. – М.: Высшая школа, 2001. – 357 с.
25. *Мазур, И.И.* Курс инженерной экологии: учебник для вузов / И.И. Мазур, О.И. Молдованов. – М.: Высш. шк., 1999. – 447 с.
26. *Маслов, Н.В.* Градостроительная экология: Учеб. пособие для строит. вузов / Н.В. Маслов. – М.: Высш. шк., 2002. – 284 с.
27. *Меньшиков, В.В.* Опасные химические объекты и техногенный риск: учебное пособие / В.В. Меньшиков, А.А. Швыряев. – М.: Изд-во Химия, 2003. – 254 с.
28. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками: учебное пособие для вузов / под ред. Н.П. Тихомирова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 350 с.
29. *Никаноров, А.М.* Глобальная экология / А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая. – М.: Изд-во ПРИОР, 2001. – 285 с.
30. *Новиков, Г.В.* Санитарная охрана окружающей среды современного города / Г.В. Новиков, А.Я. Дударев. – Л.: Медицина, 1978. – 215 с.
31. *Орлов, Д.С.* Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: учебное пособие / Д.С. Орлов. – М.: Высшая школа, 2002. – 334 с.
32. Отчет о работе Комитета экологии и природопользования в 2003 году. – Йошкар-Ола, 2004. – 18 с.
33. Охрана водных ресурсов / И.И. Бородавченко [и др.]. – М.: Колос, 1979. – 247 с.
34. *Петров, С.В.* Опасные ситуации техногенного характера и защита от них / С.В. Петров, Макашев В.А. – М.: ЭНАС, 2008. – 224 с.

35. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика: теория и практикум: учебное пособие / под ред. А.П. Хаустова. – М.: Изд-во РУДН, 2006. – 613 с.
36. Промышленная экология: учебное пособие / под ред. В.В. Денисова. – М.: ИКЦ «МарТ», 2007. – 720 с.
37. *Протасов, В.Ф.* Экология, здоровье и природопользование в России / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 528 с.
38. Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (утв. главным государственным санитарным врачом РФ 05.03.2004).
39. РД 03-409-01. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (утв. постановлением Госгортехнадзора России от 26.06.01 № 25).
40. *Ревелль, П.* Среда нашего обитания / П. Ревелль, Ч. Ревелль. – М.: Мир, 1995. – 295 с.
41. *Реймерс, Н.Ф.* Природопользование: словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
42. *Реймерс, Н.Ф.* Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
43. *Родионов, А.И.* Техника защиты окружающей среды / А.И. Родионов. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
44. *Снакин, В.В.* Экология и охрана природы. Словарь-справочник / В.В. Снакин. – М.: Academia, 2000. – 384 с.
45. *Степановских, А.С.* Общая экология / А.С. Степановских. – Курган: ИПП «Зауралье», 1996. – 464 с.
46. *Степановских, А.С.* Охрана окружающей среды / А.С. Степановских. – Курган: ГИПП Зауралье, 1998. – 512 с.
47. *Степановских, А.С.* Прикладная экология. Охрана окружающей среды: учебник для вузов / А.С. Степановских. – М.: ИНИТИ – ДАНА, 2003. – 751 с.
48. *Степановских, А.С.* Экология / А.С. Степановских. – Курган: ГИПП Зауралье, 1997. – 616 с.
49. *Степень, Р.А.* Промышленная экология: учебник для студентов химико-технологических специальностей / Р.А. Степень, С.М. Репях. – Красноярск: СибГГУ, 2000. – 345 с.
50. Требования к выполнению работ по оценке риска для здоровья населения, обусловленного воздействием химических факторов среды обитания. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Минздрав России, 2003. – 23 с.

51. Уорк, К. Загрязнение воздуха. Источники и контроль / К. Уорк, С. Уорнер. – М.: Мир, 1980. – 640 с.
52. Химики – автолюбителям / под ред. А.Я. Малкина. – Спб: Химия, 1992. – 120 с.
53. Хван, Т.А. Промышленная экология / Т.А. Хван. – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 320 с.
54. Хотунцев, Ю.Л. Экология и экологическая безопасность: учебное пособие / Ю.Л. Хотунцев. – М.: Академия, 2002. – 480 с.
55. Челноков, А.А. Основы промышленной экологии: учебное пособие / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко. – Мн: Выш. шк., 2001. – 343 с.
56. Черных, Н.А. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. Монография / Н.А. Черных, С.Н. Сидоренко. – М.: Изд-во РУДН, 2003. – 430 с.
57. Экологическое состояние территории России / под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. – М.: Академия, 2002. – 128 с.
58. Экология города Йошкар-Олы / Воскресенская О.Л. [и др.] – Йошкар-Ола, 2004. – 200 с.
59. Экология города Йошкар-Олы / Воскресенская О.Л. [и др.] – Йошкар-Ола, 2007. – 300 с.
60. Эколого-экономические проблемы России и ее регионов: учеб. пособие / под ред. В.Г. Глушковой. – М.: Моск. лицей, 2003. – 304 с.
61. Эльтерман, В.М. Охрана воздушной среды на химических и нефтехимических предприятиях / В.М. Эльтерман. – М.: Химия, 1985. – 160 с.
62. Энергетика и окружающая среда / Сялкин Ф.В. [и др.]. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 280 с.
63. Энциклопедия Республики Марий Эл. – Йошкар-Ола, 2009. – 872 с.

Учебное пособие

*АЛЯБЫШЕВА Елена Александровна*  
*САРБАЕВА Елена Витальевна*  
*КОПЫЛОВА Татьяна Ивановна*  
*ВОСКРЕСЕНСКАЯ Ольга Леонидовна*

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

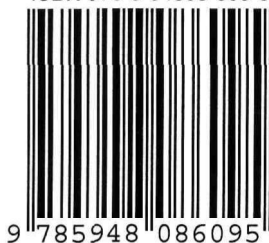
Печатается в авторской редакции

Компьютерный набор и верстка:

*Е.А. Алябышева*

*Е.В. Сарбаева*

ISBN 978-5-94808-609-5



Тем. план 2010 г. №  
Подписано в печать 30.11.2010 г. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. .  
Тираж 100 экз. Заказ № .

ГОУВПО «Марийский государственный университет».  
424001, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1.  
Отпечатано в ООП ГОУВПО «Марийский государственный университет».