

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

**Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО
Ульяновский ГАУ**

С.Н. Петряков
А.А. Павлушин

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**
(краткий курс лекций)



Димитровград - 2019

УДК 502

Петряков, С.Н. Инженерное обеспечение экологической безопасности: краткий курс лекций / С.Н. Петряков, А.А. Павлушин - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 284 с.

Рецензенты:

В учебном пособии приведены общие сведения о системе экологического нормирования и защите окружающей среды. Представлены основы системы управления по защите окружающей среды и экологического риска. Освещены вопросы нормирования качества окружающей среды, утилизации и ликвидации отходов производства и потребления. Рассмотрены проблемы экологии транспорта, комплекс инженерно-технических мероприятий по обеспечению экологической безопасности. Изложены методы оценки воздействия транспорта на окружающую среду и принципы управления охраной окружающей среды, основы природопользования, экологического права, приведен необходимый пакет действующих законодательных актов и нормативных документов. Учебное пособие предназначено для студентов обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». Представляет интерес для руководителей предприятий, специалистов служб, организаций, занятых вопросами экологии и охраны окружающей среды..

Утверждено
на заседании кафедры «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов»
Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 1 от 4 сентября 2019г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологического
института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 2 от 10 октября 2019г.

© С.Н. Петряков, А.А. Павлушин, 2019

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
2019

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время загрязнение атмосферы, водоемов и почвы твердыми, жидкими и газообразными отходами достигло угрожающих размеров.

Возрастает риск негативного влияния на окружающую среду от стремительного роста автомобильного парка.

В связи с этим возрастает роль экологического нормирования. Экологические нормы выполняют в обществе не только функцию управления и контроля над воздействием на объекты окружающей природной среды, но и становятся правовой гарантией защиты прав человека на здоровую окружающую среду. Признано необходимым, чтобы каждый проект, каждое вновь вводимое предприятие имели экологическое обоснование, прошли экологическую экспертизу.

Настоящее учебное пособие отражает современные представления об экологии, раскрывает теснейшую связь экологии с инженерными проблемами защиты природы и рационального природопользования и, в целом, формирует новое экологическое мировоззрение будущих специалистов инженерного профиля.

Изучение физико-химических процессов при воздействии промышленности и транспорта на окружающую среду необходимо для понимания механизмов негативного воздействия транспортных объектов на среду, позволяющих принимать эффективные инженерные решения по защите окружающей среды от разных видов этого воздействия.

Учебное пособие «Нормативы по защите окружающей среды» предназначено для студентов, обучающихся по техническим направлениям и специальностям и направлено на формирование у студентов знаний для использования в профессиональной деятельности по управлению технической эксплуатацией автомобилей. Пособие соответствует требованиям действующих Федеральных Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования и примерной программе дисциплины «Нормативы по защите окружающей среды».

Раздел 1. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ

1.1. Общие сведения о системе экологического нормирования

Нормирование - одно из важнейших средств регулирования многоплановых сфер деятельности человеческого общества, от производственной до социально-бытовой. Нормы традиционно используют для упорядочения взаимоотношений между людьми и окружающих их миром. Согласно современному пониманию экологическое нормирование представляет собой научную, правовую, административную и иную деятельность, направленную на установление предельно допустимых норм воздействия (экологических регламентов и нормативов) на окружающую среду, при соблюдении которых не происходит деградация экосистем, гарантируются сохранение биологического разнообразия и экологическая безопасность населения.

Экологическое нормирование призвано разрабатывать такие экологические регламенты и нормативы антропогенного воздействия на экосистемы, при которых сохраняется нормальное функционирование этих систем.

Цель экологического нормирования - регламентация антропогенных воздействий, при которых не происходит существенных структурно-функциональных изменений экосистем. Это ориентация на сохранение, воспроизводство и восстановление жизненной среды, благоприятной для человека и всего живого, ресурсосбережение, сохранение генетического фонда.

Экологические нормы выполняют в обществе не только функцию управления и контроля над воздействием на объекты окружающей природной среды, но и становятся правовой гарантией, предпосылкой защиты прав человека на здоровую окружающую среду.

Основные положения экологического нормирования в России регламентирует Федеральный закон «Об охране окружающей среды», который определяет систему экологических нормативов и стандартов, требования к ним и критерии их установления, ответственные за их разработку и внедрение государственные органы и др.

Эффективность экологического нормирования

обеспечивается:

- соответствием нормативов современному уровню науки и техники, международным стандартам;
- объективностью и законностью, так как и разработка, и утверждение осуществляются специально уполномоченными органами государства;
- обязательностью выполнения всеми хозяйствующими субъектами и ответственностью организаций и граждан за их невыполнение.

В основе экологического нормирования лежат следующие принципы:

- цели (приоритет долгосрочных интересов общества над частными интересами, глобальных и региональных последствий над локальными и т.д.);
- опережения (исследования по разработке норматива должны предшествовать началу планируемого воздействия);
- пороговости (установление критических значений воздействия, непревышение которых гарантирует экологическую безопасность);
- «слабого звена» (норматив должен защищать самый чувствительный компонент);
- «джиу-джитсу» (опора на внутрисистемные силы, способные самостоятельно компенсировать отрицательное воздействие).

Основные нормативные правовые акты:

- строительные нормы и правила (СНиП);
- государственные стандарты в области охраны природы (ГОСТы);
- нормы воздействия отдельных отраслей хозяйства, разрабатываемые в отраслевом планировании (отраслевые стандарты - ОСТы);
- нормы пространственных сочетаний различных видов природопользования, применяемые в территориальном планировании;
- санитарно-гигиенические нормативы качества окружающей среды (СанПиН).

Строительные нормы и правила используют при проектировании и строительстве народно-хозяйственных объектов. Вопросы природоохранного нормирования рассматриваются в них

в общих чертах, предписывая необходимость учета требований по рациональному использованию природных ресурсов и предотвращению загрязнения окружающей среды.

Природные условия и факторы учитывают и оценивают прежде всего с позиций их влияния на проектируемые сооружения и вероятных стихийных природных процессов.

Государственные стандарты. Требования по охране окружающей среды регламентируются в трех видах стандартов: общетехнических, стандартах на группу однородной продукции и в стандартах на конкретные виды продукции. В стандартах закрепляют требования государства по рациональному использованию природных объектов и обеспечению таких технических параметров деятельности, при которых исключалось бы или сводилось к минимуму негативное воздействие хозяйственной деятельности человека на природу. ГОСТы - один из основных видов нормативных документов, которые содержат технические, экономические, методические, терминологические, организационные, санитарно-гигиенические правила и требования. Юридическую силу они получают через законы, требующие от различных организаций и граждан соблюдения стандартов и устанавливающие ответственность за их несоблюдение.

С 1976 г. действует система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов, организованных в следующие девять комплексов: 0 - комплекс организационно-методических стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов; 1 - комплекс стандартов в области охраны и рационального использования атмосферы; 2 - комплекс стандартов в области охраны и рационального использования вод; 3 - почв; 4 - земель; 5 - флоры; 6 - фауны; 7 - ландшафтов; 8 - недр.

Стандарты отдельных отраслей хозяйства, разрабатываемые в отраслевом планировании (отраслевые стандарты): в химической промышленности, теплоэнергетике, цветной металлургии, морской нефтегазодобыче, производстве пестицидов, содовой промышленности, эксплуатации очистных сооружений, производстве продуктов органического синтеза, транспорте.

Нормы пространственных сочетаний различных видов природопользования, применяемые в территориальном планировании - в основе лежит идея о необходимости

формирования «поляризованной биосферы», суть которой состоит в размежевании наиболее контрастных типов природопользования: селитебных (городских) - на одном полюсе и заповедных (мало измененных) - на другом. Все остальные природопользователи и соответствующие им территории: сельскохозяйственные, рекреационные, лесохозяйственные - выполняют роль буферных зон, призванных смягчить контрасты и контакты между городом и мало измененным ландшафтом. Расчет нормативных (оптимальных) сочетаний различных видов природопользования проводят в рамках работ по краеустройству, районной планировке и территориальным комплексным схемам охраны природы, а также в исследованиях по экологическому планированию ландшафтов.

Санитарно-гигиенические нормативы. Это устанавливаемые в законодательном порядке допустимые уровни содержания в окружающей среде химических и биологических загрязняющих веществ или допустимые уровни воздействия физических факторов, гарантирующие безопасные условия существования человека.

В настоящее время и в нашей стране, и за рубежом определяющее значение для контроля и управления качеством окружающей среды принадлежит санитарно-гигиеническим нормативам, преимущественно направленным на профилактику неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения.

1.2. Основные характеристики загрязнений окружающей среды

Классификация техногенных воздействий, обусловленных загрязнением среды, включает следующие основные категории:

1. *Материально-энергетические характеристики* воздействий: механические, физические (тепловые, электромагнитные, радиационные, акустические), химические, геологические факторы и агенты, и их различные сочетания (рисунок 1.1). В большинстве случаев в качестве таких агентов выступают эмиссии (т.е. выбросы, стоки, излучения и т.п.) различных технических источников.

По своему происхождению промышленные загрязнения могут быть механическими, химическими, физическими и биологическими.

Механические - запыление атмосферы, твердые частицы и разнообразные предметы в воде и почве.

Химические - всевозможные газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы, попадающие в атмосферу и гидросферу и вступающие во взаимодействие с окружающей средой.

Физические - все виды энергетических полей: шум, вибрация, электромагнитные поля, ионизирующие излучения и т.д.

Биологические - это виды организмов, появившиеся при участии человека и наносящие вред ему или живой природе (в условиях машиностроения практически отсутствуют).



Рисунок 1.1 - Классификация техногенных загрязнений окружающей среды

2. Количественные характеристики воздействия: сила и степень опасности (интенсивность факторов и эффектов, массы, концентрации, характеристики типа «доза — эффект», токсичность,

допустимость по экологическим и санитарно-гигиеническим нормам); пространственные масштабы, распространенность (локальные, региональные, глобальные).

3. Временные параметры и различия воздействий по характеру эффектов: кратковременные и длительные, стойкие и нестойкие, прямые и опосредованные, обладающие выраженными или скрытыми следовыми эффектами, обратимые и необратимые, актуальные и потенциальные; пороговость эффектов.

4. Категории объектов воздействия: различные живые реципиенты (т.е. способные воспринимать и реагировать) — люди, животные, растения; компоненты окружающей среды (среда поселений и помещений, природные ландшафты, поверхность земли, почва, водные объекты, атмосфера, околоземное пространство); изделия и сооружения.

Источники техногенных эмиссий подразделяют на организованные и неорганизованные, стационарные и подвижные. *Организованные* источники оборудованы специальными устройствами для направленного вывода эмиссий (трубы, вентиляционные шахты, сбросные каналы и желоба и т.п.); эмиссии от *неорганизованных* источников произвольны. Источники различают также по геометрическим характеристикам (точечные, линейные, площадные) и по режиму работы — непрерывному, периодическому, залповому.

Процессы и технологии. Источниками преобладающей части химического и теплового загрязнения являются *термохимические процессы в энергетике* — сжигание топлива и связанные с ним термические и химические процессы и утечки.

Наибольший вклад в энергетически зависимое загрязнение среды вносят теплоэнергетика и транспорт.

Источники загрязнений окружающей среды подразделяют на сосредоточенные (точечные) и рассредоточенные. К точечным относят дымовые и вентиляционные трубы, шахты и т.п., к рассредоточенным - вентиляционные фонари цехов, ряды близко расположенных труб, открытые склады и т.п.

Загрязнения разделяют на две основные группы (рис. 1.2): материальные, включающие химические загрязнения, и энергетические [46]. Отрицательно влияя на окружающую среду, загрязнения, в свою очередь, могут подвергаться определенному воздействию окружающей среды.

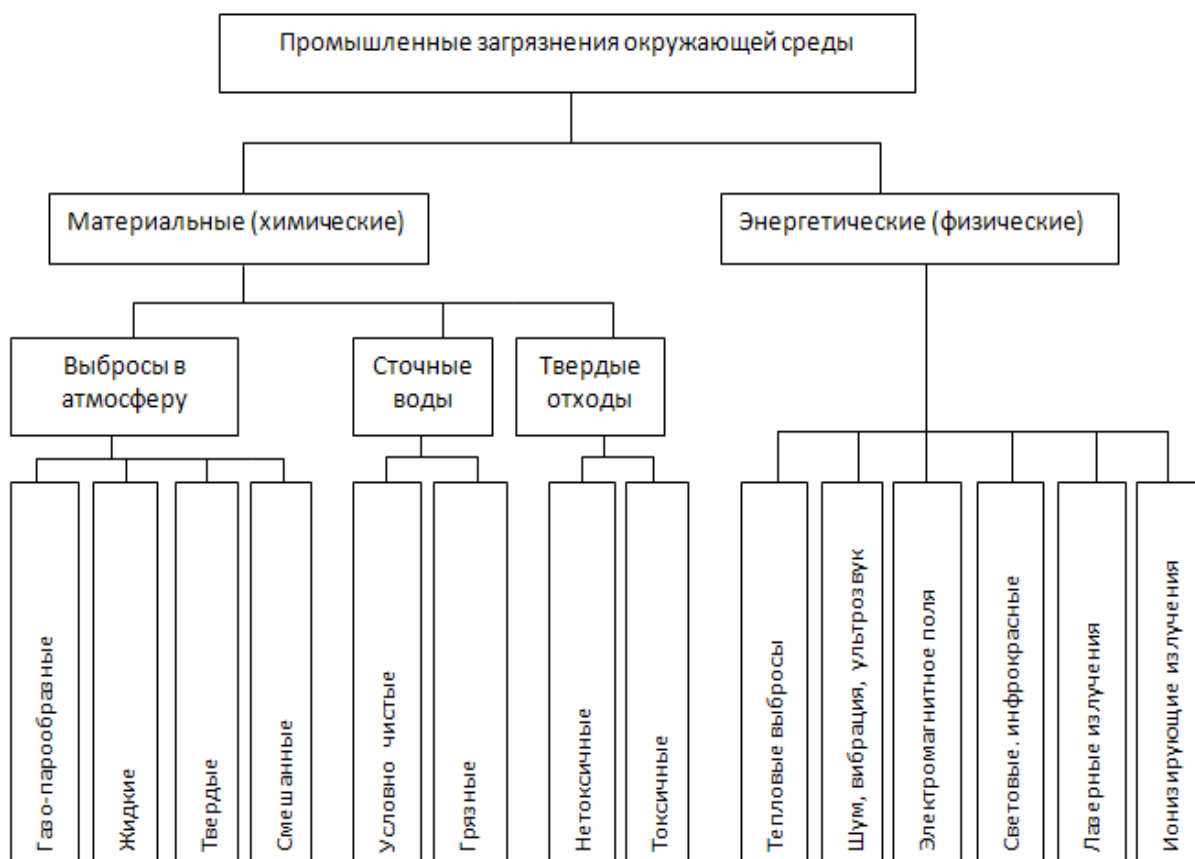


Рисунок 1.2 - Классификация промышленных загрязнений

По этому важному с экологической точки зрения признаку различают стойкие (неразрушимые) загрязнения и разрушаемые под действием природных химико-биологических процессов.

1.3. Экологический риск

1.3.1. Определение экологического риска

Экологический риск - вероятность неблагоприятных для экологических ресурсов последствий любых (преднамеренных или случайных, постепенных и катастрофических) антропогенных изменений природных объектов и факторов.

Согласно Закону Российской Федерации «Об охране окружающей среды»: «Экологический риск - вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и

иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера».

Категории «опасность» и «риск» отражают разнообразные связи, взаимоотношения и противоречия между природой, обществом и техникой, а также внутри этих систем. Отдельные составляющие и смешанные образования этих систем могут быть как источниками, так и объектами опасных воздействий и негативных эффектов (явлений) природного, техногенного и социального происхождения.

Опасность является вероятностной категорией, которая может меняться в пространстве и во времени. Под характеристикой опасности, связанной с конкретным событием, следует понимать вероятность проявления этого события в данном месте и в заданное время. Если опасность проявляется в определенных обстоятельствах при осуществлении совокупности некоторых событий H_1, H_2, \dots, H_n , тогда ее вероятность может быть выражена с помощью формулы полной вероятности:

$$P = \sum P(G/H_i)P(H_i), \quad (1.1)$$

где $P(G/H_i)$ - условная вероятность опасности G ; $P(H_i)$ - вероятность этого события.

Риск, в отличие от опасности, нельзя рассматривать в отрыве от возможных последствий проявления данной опасности.

Представляется, что категория «риск» является производной не только от понятия «опасность», но и понятия «уязвимость». Риск характеризует утрату объектом (субъектом) устойчивости (защищенности) к оказываемому на него неблагоприятному воздействию.

Риск для конкретного объекта (субъекта) возникает только при наличии опасности. Это предполагает:

- существование источника опасности, либо внешнего, либо внутреннего по отношению к данному объекту, либо их комбинации;
- его воздействие на данный объект или подверженность последнего указанному воздействию;
- недостаточную защищенность или уязвимость этого объекта к такому воздействию.

Аналогичным образом риск определенного действия появляется только в том случае, если имеется опасность нанесения вреда (ущерба) для субъекта или объекта реализации решения. При этом само решение не предусматривает или предусматривает недостаточную защиту от этой опасности. Таким образом, наличие опасности и уязвимости оказывается необходимым и достаточным условием возникновения риска.

Приведенная выше категория «риск» позволяет также проследить ее взаимосвязь с другими понятиями, имеющими исключительно важное значение для проблемы оценки и управления риском, а именно «чрезвычайная ситуация», «бедствие» и «катастрофа». Все явления или обстоятельства, раскрываемые этими понятиями, представляют собой реализацию (материализацию) риска в ситуациях, когда сила разрушительного воздействия сил первичной или видоизмененной (в результате антропогенного влияния) природы на людей и объекты экономики превышает имеющиеся ресурсы их защиты, а сами объекты указанного воздействия становятся, таким образом, особенно уязвимыми.

Риск - количественная мера опасности с учетом ее последствий. Последствия проявления опасности всегда приносят ущерб, который может быть экономическим, социальным, экологическим и т.д. Следовательно, оценка риска должна быть связана с оценкой ущерба. Чем больше ожидаемый ущерб, тем значительнее риск. Кроме того, риск будет тем больше, чем выше вероятность проявления соответствующей опасности [42].

Таким образом, понятие «риск» объединяет два понятия «вероятность опасности» и «ущерб» с учетом неопределенности в величинах вероятности и ущерба для окружающей среды.

В настоящее время при оценке и анализе риска используют ряд характеристик. Прежде всего это вероятность событий с негативными последствиями. Она может оцениваться как на основе реальных статистических данных, так и с помощью вероятностных методов. *Диапазон измерения вероятности - от нуля (невозможное событие) до единицы (достоверное событие)*. Как уже говорилось ранее, второй важной характеристикой риска являются размеры последствия и ущерба, которые могут изменяться от нуля до бесконечности. В зависимости от вида риска и качества доступной информации необходимо учитывать точность оценки веро-

ятности и ущерба (от доверительного интервала до неопределенности).

Ряд дополнительных свойств и параметров риска связан с пространственно-временными характеристиками проявления его последствий. Пространственная составляющая определяется масштабом последствий риска. Последствия независимо от частоты реализации могут проявляться локально, регионально или глобально. Временная составляющая определяется формой проявления последствий (от мгновенного до длительного), а также наличием отдаленных эффектов.

В зависимости от вида источника риска, пространственно-временных свойств проявления негативных последствий риски могут быть классифицированы в соответствии с рядом признаков, указанных ранее:

- риски, угрожающие безопасности;
- риски, угрожающие здоровью;
- риски, угрожающие состоянию среды обитания;
- риски, угрожающие общественному благосостоянию;
- финансовые риски.

Риски, угрожающие безопасности, обычно характеризуются малыми вероятностями, но тяжелыми последствиями, они проявляются быстро (несчастные случаи на производстве). Риски, угрожающие здоровью, напротив, обладают довольно высокой вероятностью и часто не имеют тяжелых последствий, многие из них проявляются с определенной задержкой.

Распределение рисков по перечисленным видам на основе указанных характеристик является условным. Очень часто риски, сопряженные с угрозой состоянию окружающей среды обитания, одновременно являются рисками для здоровья.

Особенности экологического риска. Если экологическая опасность для определенных территорий (зон опасности) как бы постоянно «разлита» в окружающей среде, то экологический риск имеет место только тогда, когда в этой зоне появляется субъект с намерением какой-либо деятельности. И тогда под экологическим риском следует понимать количественную меру опасности возникновения негативных изменений в природной среде и ухудшения здоровья людей. Экологический риск можно выразить в вероятностных величинах или в виде математического ожидания

ущерба. Соответственно для определения уровня риска целесообразно его величину в общем случае представлять в виде произведения трех компонентов:

$$R = R_1 R_2 R_3, \quad (1.2)$$

где R - уровень риска, т.е. вероятность нанесения определенного ущерба человеку и окружающей среде; R_1 - вероятность (частота) возникновения события или явления, обуславливающего формирование и действие вредных поражающих факторов; R_2 - вероятность формирования определенных уровней физических полей, ударных нагрузок, полей концентрации вредных веществ в различных средах и их дозовых нагрузок, воздействующих на людей и другие объекты биосферы; R_3 - вероятность того, что указанные выше уровни полей и нагрузок приведут к определенному ущербу.

В качестве возможного ущерба могут рассматриваться как негативные последствия непосредственного воздействия поражающих факторов на объекты окружающей среды, так и долгосрочные последствия экологического характера.

Один и тот же источник техногенной опасности может оцениваться двумя вероятностными показателями: техногенным риском и экологическим риском. При определении этих показателей общими являются вероятностные параметры R_1 и R_2 . Существенное различие в оценках риска обусловлено смыслом, вкладываемым в величину R_3 , и методологией ее определения.

Кроме экологического риска, связанного с техногенными авариями и катастрофами, объективно существует потенциальная опасность возникновения естественным путем критических состояний природной среды, при которых могут происходить резкие изменения абиотических факторов, структурные нарушения в экосистемах и т.п. Мерой этой потенциальной опасности также является экологический риск, который должен рассматриваться в комплексе с риском возникновения опасных природных явлений.

В условиях нормальной эксплуатации производственных объектов событиями, обуславливающими возникновение опасностей, являются выбросы и сбросы продуктов, содержащих вредные вещества. Периодичность и объем этих выбросов и сбросов, а также уровни физических полей, оказывающих негативное влияние (воздействие) на объекты живой природы, носят регулярный или квазирегулярный характер.

При рассмотрении экологического риска, связанного с опасностью нарушения естественных связей в природных сообществах и деструктивных изменений в природной среде, необходимо определять вероятностные значения параметров, от которых зависят состояние и устойчивость природных сообществ и природной среды в целом. К числу этих параметров могут быть отнесены: показатели биоразнообразия в рамках того или иного сообщества организмов; показатели взаимодействия организмов в сообществах живой природы; показатели, характеризующие самовосстановительную способность ландшафтов после техногенных нагрузок.

Возможность экологических катастроф и негативного воздействия на людей и природу техногенных процессов обуславливает необходимость количественной оценки риска, характеризующего подобные события и процессы.

Среди главных проблем, требующих разрешения на пути построения универсальной методологии комплексного анализа риска для населения и природной среды выделяется проблема «критического предела» - комплекса критических ограничений. Таким образом, можно оценивать значение риска как отношение ожидаемых величин к критическим. Это должно иметь силу для всех структурных уровней в окружающей среде (т.е. как на глобальном уровне, так и на региональном).

Среди глобальных характеристик экологического риска может иметь место уровень изменений средних характеристик биосферы. Они постепенно изменяются из-за действия антропогенных факторов, как, впрочем, и по естественным причинам. При анализе риска, касающегося программ регионального развития, выдвигается дополнительный принцип в экологической теории риска - специальное исследование о возможных изменениях здоровья людей, живущих в регионе.

В оценке экологического риска возможны два пути: определение вероятностных характеристик экологической опасности теоретическим путем с помощью формул либо на основе обработки данных экологического мониторинга по частоте возникновения тех или иных негативных изменений в окружающей природной среде в зависимости от вида определяемого экологического риска.

1.3.2. Социальный и индивидуальный риски

При оценке 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.

Законодательство ряда стран использует определенные значения частоты аварии и число вызванных ею смертельных случаев для оценки допустимого социального риска эксплуатации того или иного объекта.

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 «индивидуальный риск» и «вероятность» употребляются как синонимы. Однако помимо вероятности события здесь присутствует («по умолчанию») его следствие - гибель человека.

Федеральные ведомства зарубежных стран, 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 за всю жизнь человека, продолжительность которой принимается равной 70 годам.

1.3.3. Анализ и оценка экологического риска, вызываемого загрязняющими веществами

Качественно экологический риск, обусловленный использованием химических веществ, характеризуется через природу неблагоприятных последствий, а количественно - через вероятность их возникновения. Следует отметить, что в современных условиях полностью исключить экологический риск, связанный с использованием химических веществ, невозможно. Отсюда вытекает необходимость определения уровней приемлемого, повышенного и неприемлемого риска.

Количественная оценка экологического риска для конкретных экосистем далеко не всегда возможна, поскольку часто бывает

сложно установить связь между неблагоприятными факторами и вызываемыми ими экологическими последствиями. Однако лучше располагать качественными заключениями, хотя и отягощенными неопределенностями, чем игнорировать их из-за трудностей понимания и оценки.

Анализ риска включает два этапа: оценку и управление риском. Первый включает оценку вероятности неблагоприятных эффектов, а второй - состоит в выборе образа действия по отношению к идентифицированному риску.

Оценка риска - описательная и анализирующая характеристика, но не дающая предписаний. Она обеспечивает последовательную структуру, в которой информация может быть организована и логически рассмотрена. Методика не указывает, какие меры следует принимать, хотя, конечно, может содействовать людям в выполнении решений, основанных на полном и законченном понимании несомненной очевидности. Действительно, оценка и расчет риска от загрязнения биосферы химическими веществами - это исследование риска для здоровья, однако оно не носит чисто медицинского характера, это комплексная оценка, в которой можно выделить несколько этапов, важнейшие из которых:

1. Идентификация опасностей:
 - описание места и определение опасностей.
 - предварительная оценка - оценка здоровья.
 - сбор и анализ данных.
2. Оценка воздействия.
3. Оценка токсичности.
4. Характеристика риска.
5. Оценка полученных результатов.

Для прогноза возможного изменения качества природных сред необходима комплексная процедура, где исходным критерием служит величина риска для здоровья населения от загрязнения объектов окружающей среды.

Оценка риска включает в себя оценку химической и биологической опасности (воздействия загрязняющих веществ на организм человека через воздух, воду, почву и др.).

Оценки риска наиболее эффективны, когда их используют как инструмент для анализа научной и технической информации по конкретным проблемам антропогенного воздействия. В итоге ли-

ца, принимающие решения, могут судить о возможных последствиях той или иной альтернативы.

1.4. Развитие экологического нормирования

Развитие экологического нормирования - первоочередная задача в обеспечении экологической безопасности общества. Если в санитарно-гигиеническом нормировании объектом является организм человека, а целью - сохранение его здоровья и поддержание каждого индивида в состоянии нормальной работоспособности, то объект экологического нормирования - экосистемы, а цель - сохранение биоты, генофонда и условий его существования, природных ресурсов.

Экологическое нормирование ориентировано на получение конкретных научно обоснованных нормативов нагрузок на экосистемы. При этом первоначально должны быть установлены пределы или границы нормального состояния и функционирования экосистем и отдельных их компонентов. Очевидно, что в системе экологического нормирования для предотвращения деградации окружающей среды (экосистемы и ландшафты) целесообразно различать (выделять) два последовательных этапа.

Первый из них включает определение норм состояния объекта на основании анализа параметров экосистемы, интервала их естественного колебания, определения пороговых и критических величин параметров состояния. Этот этап может быть назван экологической регламентацией, и проведение его - задача профессиональных экологов.

Второй этап заключается в собственно экологическом нормировании, в определении экологических нормативов допустимой антропогенной нагрузки на экосистемы на основе экологических регламентов. Этот этап требует привлечения экологов, технологов, климатологов и других специалистов. Таким образом, разрабатываемые экологические нормативы можно разделить на две основные группы:

- нормы изменения отдельных свойств компонентов экосистем и ландшафтов, экосистем и ландшафтов в целом;
- нормы антропогенных воздействий (нагрузок) на отдельные компоненты экосистем и ландшафтов, экосистемы и ландшафты в целом.

Сложились разнообразные концептуальные подходы по установлению экологических нормативов. Тем не менее ни один из них не позволяет исчерпывающе ответить на возникающие на практике вопросы. Здесь существенным образом сказывается отсутствие надежной методологической и методической базы, позволяющей корректно вести разработку экологических нормативов. Целесообразно в экологическом нормировании наиболее полно и эффективно использовать опыт, накопленный в области санитарно-гигиенического нормирования, а также отечественную и зарубежную практику регламентации антропогенного воздействия на окружающую среду.

В настоящее время под понятием «норма» на экосистемном уровне понимают зону оптимального функционирования экосистемы в пределах определенного интервала. Норма для экосистемы - это область состояний, ограничиваемая критическими точками. Под критическими точками понимают состояние системы, при котором происходит ее качественная перестройка. Такой подход позволяет практически определять критические границы (пределы), что является одной из функциональных задач экологического нормирования.

Для целей экологического нормирования очень важным свойством экосистемы является ее устойчивость - совокупность свойств, позволяющих противостоять различным внешним воздействиям.

Естественные экосистемы, будучи саморегулирующимися, поддерживают состояние гомеостаза путем отрицательных обратных связей. В ответ на внешнее воздействие экосистема «включает» компенсационные механизмы, действие которых направлено на элиминирование или уменьшение последствий воздействия. Данное явление описывает принцип Ле-Шателье, хорошо известный в физике и теории систем. Согласно этому принципу в системе в ответ на внешнее воздействие, выводящее ее из равновесия, активизируются процессы, направленные на ослабление результатов этого воздействия. Если по мере возрастания силы воздействия процессы противодействия начинают ослабевать, налицо признаки потери устойчивости и деградации системы. В этом случае гомеостатические механизмы уже не могут вернуть систему к исходному состоянию. В экосистеме перестраиваются материально-

энергетические блоки, и она переходит в новое состояние динамического равновесия.

Принцип Ле-Шателье в последние годы эффективно используют для прогнозирования реакции природных систем на антропогенные воздействия, а также для определения предельно допустимой нагрузки на них. Рассматриваемый принцип является ключевым в экологическом нормировании; он универсален и применим к любой системе.

Раздел 2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

2.1. Понятие экологического менеджмента

Под экологическим менеджментом понимают организацию охраны окружающей среды во всей ее совокупности. Эта составная часть системы управления охватывает все аспекты деятельности, относящиеся к воздействию на окружающую природную среду и обеспечению экологических показателей деятельности. Система управления природопользованием включает:

- контроль над состоянием окружающей среды,
- законодательную базу,
- планирование природоохранной деятельности,
- управляющие факторы,
- экономические инструменты.

Эта система, отработанная в ходе национальной природоохранной деятельности, положена в основу международной системы управления окружающей средой и рекомендована для использования на государственном и международном уровнях.

Первоочередная задача экологического управления - выявление проблем, обусловленных загрязнением окружающей среды. Для этого осуществляют контроль над состоянием окружающей среды и оценка риска, которому подвергаются в результате ее загрязнения здоровье человека, растительный и животный мир, а также материальные ценности [78].

Кроме того, формируется законодательная база, регламентирующая условия природопользования и ответственность за их нарушения. На основании законодательной базы, действующей на определенной законом территории, разрабатываются краткосрочные и долгосрочные планы улучшения состояния окружающей среды и природоохранные мероприятия. Планирование природоохранных мероприятий, основанных на современных технологиях, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов и существенное сокращение поступления загрязняющих веществ в окружающей среде, - часть инвестиционной политики и служит для ранжирования объектов по приоритетам.

Реальность исполнения этих планов гарантируется работой экономических инструментов и механизмов. Экономический инструментарий, помогающий обеспечить реализацию экологических программ, включает экологические платежи, штрафы за загрязнение окружающей среды и налоговые льготы, а также выдачу лицензий предприятиям-природопользователям. Экономические механизмы управления окружающей среды учитывают финансирование природоохранных мероприятий, аудит природопользователей, экологическую сертификацию и страхование. На работу системы экологического менеджмента значительное влияние оказывают следующие факторы: проводимая государством внешняя и внутренняя политика в области охраны окружающей среды, технологические возможности на планируемый период времени, а также уровень профессиональной подготовки и информированности исполнителей экологических программ и населения.

2.2. Экологическая доктрина Российской Федерации

Основополагающим документом охраны окружающей среды на предприятии является «Экологическая доктрина Российской Федерации» №1225-р от 31 августа 2002 г.

Указанная доктрина определяет цели, направления, задачи и принципы проведения в России единой государственной политики в области экологии на долгосрочный период.

В соответствии с доктриной сохранение природы и улучшение окружающей среды являются приоритетными направлениями деятельности государства и общества. Природная среда должна быть включена в систему социально-экономических отношений как ценнейший компонент национального достояния. Это объясняется тем, что Россия играет ключевую роль в поддержании глобальных функций биосферы, так как на ее обширных территориях, занятых различными природными экосистемами, представлена значительная часть биоразнообразия Земли. Масштабы природно-ресурсного, интеллектуального и экономического потенциала России обуславливают ее важную роль в решении глобальных и региональных экологических проблем.

Экологическая доктрина РФ включает четыре блока, каждый

из которых содержит перечень основных задач по выделенным направлениям (сферам).

1. Стратегическая цель и принципы государственной политики в области экологии.

Стратегической целью государственной политики в области экологии являются сохранение природных систем, поддержание их жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития общества, повышения качества жизни, улучшения здоровья населения и демографической ситуации, обеспечения экологической безопасности страны.

Государственная политика в области экологии базируется на следующих основных принципах:

- устойчивого развития, предусматривающего равное внимание к его экономической, социальной и экологической составляющим и признание невозможности развития человеческого общества при деградации природы;
 - приоритетности для общества жизнеобеспечивающих функций биосферы по отношению к прямому использованию ее ресурсов;
 - справедливого распределения доходов от использования природных ресурсов и доступа к ним;
 - предотвращение негативных экологических последствий в результате хозяйственной деятельности, учета отдаленных экологических последствий;
 - природопользования на платной основе и возмещения населению и окружающей среде ущерба, наносимого в результате нарушения законодательства об охране окружающей среды;
 - отказа от хозяйственных и иных проектов, связанных с воздействием на природные системы, если их последствия непредсказуемы для окружающей среды;
 - открытости экологической информации;
- участия гражданского общества, органов самоуправления и деловых кругов в подготовке, обсуждении, принятии и реализации решений в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

2. Основные направления государственной политики в области экологии.

Обеспечение устройства природопользования - не источающее использование возобновляемых и рациональное использование

невозобновляемых природных ресурсов.

Снижение загрязнения окружающей среды и ресурсосбережение. Основной задачей в указанных сферах является снижение загрязнения окружающей среды выбросами, сбросами и отходами, а также удельной энерго- и ресурсоемкости продукции и услуг.

Сохранение и восстановление природной среды ландшафтного и биологического разнообразия, достаточного для поддержания способности природных систем к саморегуляции и компенсации последствий антропогенной деятельности.

3. Приоритетные направления деятельности по обеспечению экологической безопасности Российской Федерации.

Обеспечение безопасности при осуществлении потенциально опасных видов деятельности и при чрезвычайных ситуациях - восстановление территорий и акваторий, пострадавших в результате техногенного воздействия на окружающую среду.

Экологические приоритеты в здравоохранении - повышение качества жизни и здоровья вследствие улучшения экологических показателей окружающей среды.

Предотвращение и снижение экологических последствий чрезвычайных ситуаций, выявление и минимизация экологических рисков для природной среды и здоровья населения, связанных с возникновением чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Предотвращение террористических актов, вызывающих ухудшение экологической обстановки и деградацию природной среды.

Контроль за использованием и распространением чужеродных видов и генетически измененных организмов.

4. Пути и средства реализации государственной политики в области экологии.

Развитие системы государственного управления охраной окружающей среды и природопользованием - обеспечение эффективного государственного управления охраной окружающей среды и использование природных ресурсов, соответствующего демократическому устройству и рыночной экономике.

Нормативное, правовое обеспечение и правоприменение, создание эффективного правового механизма обеспечения сохранения природной среды и экологической безопасности, а также совер-

шенствования правоприменительной практики в целях обеспечения адекватной ответственности за экологические правонарушения и ее неотвратимости.

Экономические и финансовые механизмы - экономическое регулирование рыночных отношений в целях рационального не истощающего природопользования, снижения нагрузки на природную среду, ее охраны, привлечения бюджетных и внебюджетных средств на природоохранную деятельность.

Экологический мониторинг и информационное обеспечение - обеспечение государственных и муниципальных органов, юридических лиц и граждан достоверной информацией о состоянии окружающей среды и его возможных неблагоприятных изменениях.

Научное обеспечение - развитие научных знаний об экологических основах устойчивого развития, выявление новых экологических рисков, порождаемых развитием общества, а также природными процессами и явлениями.

Экологическое образование и просвещение - повышение экологической культуры населения, образовательного уровня и профессиональных навыков, а также знаний в области экологии.

Развитие гражданского общества как условие реализации государственной политики в области экологии - государственное содействие экологизации гражданского общества.

Региональная политика в области экологии - экологически обоснованное размещение хозяйственных и жилищно-коммунальных объектов и максимальное использование возможностей, вытекающих из специфики субъектов Федерации, для устойчивого развития страны.

Международное сотрудничество - реализация интересов России путем участия в решении глобальных и региональных экологических проблем и регулировании глобализации в интересах устойчивого развития мирового сообщества.

Реализация положений доктрины предполагает разработку программ на федеральном, региональном и областных уровнях, а также разработку и реализацию мер государственной поддержки и регулирования в сфере охраны окружающей среды и рационального природопользования.

2.3. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды

В своей политике в области охраны окружающей природной среды Российская Федерация исходит из необходимости обеспечения всеобщей экологической безопасности и развития международного природоохранного сотрудничества в интересах настоящего и будущего поколений и руководствуется следующими принципами:

- каждый человек имеет право на жизнь в наиболее благоприятных экологических условиях;
- экологическое благополучие одного государства не может обеспечиваться за счет других государств или без учета их интересов;
- недопустимы любые виды хозяйственной и иной деятельности, экологические последствия которых непредсказуемы;
- должен быть установлен контроль на глобальном, национальном и региональном уровнях за состоянием и изменениями окружающей природной среды и природных ресурсов на основе международно признанных критериев и параметров;
- должен быть обеспечен свободный и беспрепятственный международный обмен научно-технической информацией о проблемах окружающей природной среды и передовых природосберегающих технологиях;
- государства должны оказывать друг другу помощь в чрезвычайных экологических ситуациях.

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности направлено на выполнение международных обязательств России, имеющих международный правовой статус, включая многосторонние международные документы в области охраны окружающей среды:

- Конвенция о биологическом разнообразии (КБР);
- Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕК);
- Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия;
- Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в

трансграничном контексте;

- Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния и протоколы к ней;
- Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных грузов и их удалением;
- Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий;
- Рамочная конвенция ООН об изменении климата;
- Венская конвенция об охране озонового слоя и Монреальский протокол о веществах, разрушающих озоновый слой.

2.4. Система управления окружающей средой в организации

Система управления окружающей средой (СУОС) является частью общей системы управления (менеджмента) организации, при этом она призвана обеспечить управление рисками в области охраны окружающей среды, связанными с деятельностью организации. Внедрение СУОС организациями происходит по следующим причинам:

- управление окружающей средой способствует снижению производственных и эксплуатационных расходов, при этом теряется меньше сырья, производится меньше отходов, потребляется меньше энергии;
- при отлаженной СУОС легче выполнять государственные экологические требования и показать, что компания работает в соответствии с выданной ей экологической лицензией;
- банки охотнее инвестируют средства в компании с хорошо функционирующей СУОС, так как это снижает для них риски и в целом это знак хорошего менеджмента;
- СУОС в максимально возможной степени предотвращает экологические катастрофы в компании, которые могут привести ее к финансовому банкротству;
- компании с СУОС, признанной на международном уровне, более конкурентоспособны на рынке.

В 1993 г. был принят регламент EMAS - Европейское постановление по экологическому управлению и аудиту. Этот регламент устанавливает правила формирования экологической политики компаний, аспекты деятельности, контролируемые в

процессе проведения экологического аудита, программно-целевое экологическое планирование, декларирование природоохранной деятельности и т.п. Он позволяет компаниям на добровольной основе зарегистрировать имеющуюся у них СУОС и, получив сертификат от аккредитованных аудиторов, использовать эмблему EMAS.

В связи с возрастающим интересом мировой общественности к проблеме управления окружающей средой и в целях обеспечения общности методического подхода к решению этой проблемы потребовались разработка и принятие международных стандартов ИСО 14000.

Постановлением Госстандарта России от 21 октября 1998 г. № 378 были введены в действие:

ГОСТ Р ИСО 14001-98. Система управления окружающей средой. Требования и руководство по применению.

ГОСТ ИСО 14004-98. Система управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования.

При разработке стандартов в основу методологии создания и функционирования СУОС положен известный принцип: **«Планируй - выполняй - контролируй - совершенствуй»**, который развивается по спирали и реализуется в рамках политики, проводимой государством.

Систему управления окружающей средой наиболее целесообразно вводить по плану шаг за шагом. Для осуществления поэтапного плана введения системы в организации должна быть сформирована экологическая служба организации.

Структуру и численность работников экологической службы организации определяет работодатель в зависимости от численности работников в организации, ее экономического положения, состояния материально-технической базы производства и уровня используемых технологий. Наиболее целесообразно создавать экологическую службу организации в форме самостоятельного подразделения, состоящего из штаба специалистов в области экологического менеджмента по главе с руководителем службы - ведущим экологом, который подчиняется непосредственно работодателю или по его поручению - одному из руководителей организации (главному инженеру).

Ведущий эколог осуществляет свою работу совместно с

заведующим лабораторией по контролю параметров окружающей среды, а также с работниками, ответственными в подразделениях организации за вопросы охраны окружающей среды.

Основными задачами экологической службы организации являются:

- внедрение комплексного природопользования, включая экологически обоснованные методы использования атмосферных, земельных, водных, минеральных, лесных и других ресурсов;
- внедрение ресурсосберегающих технологий во всех сферах хозяйственной деятельности;
- оснащение организации современным природоохранным оборудованием;
- развитие систем использования вторичных ресурсов, в том числе переработки отходов;
- широкое использование экологического аудита;
- разработка методик по определению экологических рисков;
- учет в приоритетном порядке интересов и безопасности населения при решении вопросов о потенциально опасных производствах и видах деятельности;
- разработка системы чрезвычайного реагирования и системы освещения на экологически опасных объектах, а также при чрезвычайных ситуациях с негативными экологическими последствиями.

При осуществлении текущей деятельности руководители ЭСО имеют право:

- в любое время суток беспрепятственно посещать и осматривать подразделения и территорию организации;
- при выявлении нарушений природоохранного законодательства выдавать предписания, в которых определены мероприятия по устранению нарушений и сроки их выполнения;
- требовать от работников, ответственных по подразделениям за вопросы охраны окружающей среды, отчет о выполнении предписания;
- получать оперативную информацию о возникновении ситуаций, которые могут привести к авариям и в связи с этим к возможному загрязнению окружающей среды;
- направлять работодателю (руководителю организации) предложения о поощрении конкретных работников за активную работу в области охраны окружающей среды или о привлечении к

ответственности должностных лиц, нарушающих требования природоохранного законодательства.

Работники экологической службы организации несут ответственность за выполнение своих обязанностей в соответствии с положением о экологической службе организации и должностными инструкциями.

2.5. Планирование в области охраны окружающей среды

Для достижения целей, поставленных экологическими программами, определен перечень природоохранных мероприятий.

Для охраны и рационального использования водных ресурсов это:

- строительство головных и локальных очистных сооружений для сточных вод предприятий с системой их транспортировки;
- внедрение систем оборотного и бессточного водоснабжения всех видов;
- выполнение мероприятий для повторного использования сбросных вод, улучшение их очистки, чтобы они не оказывали побочного негативного воздействия на природную среду и другие объекты;
- строительство опытных установок и цехов, связанных с разработкой методов очистки сточных вод и переработкой жидких отходов;
- реконструкция или ликвидация накопителей отходов;
- создание и внедрение автоматической системы контроля за составом и объемом сброса сточных вод.

Для охраны воздушного бассейна:

- установка газопылеулавливающих устройств, предназначенных для улавливания и обезвреживания вредных веществ из газов перед их выбросом в атмосферу;
- оснащение двигателей внутреннего сгорания нейтрализаторами для обезвреживания отработавших газов;
- создание автоматических систем контроля за загрязнением атмосферного воздуха, оснащение стационарных источников выброса приборами контроля, строительство, создание и оснащение лабораторий по контролю за загрязнением;
- оснащение производств установками для утилизации

веществ из газов.

Для использования отходов производства и потребления:

- строительство мусороперерабатывающих и мусоросжигательных заводов;
- приобретение и внедрение установок, оборудования и машин для переработки, сбора и транспортировки бытовых отходов с территории городов и других населенных пунктов;
- строительство установок для получения сырья из отходов производства.

Для экологического просвещения, подготовки кадров - экологическое образование.

Для научно-исследовательских работ разработка:

- экспресс-методов определения вредных примесей в воздухе, воде, почве;
- нетрадиционных методов и высокоэффективных систем и установок для очистки газов промышленных предприятий, утилизации отходов;
- технологических процессов, оборудования, приборов и реагентов, обеспечивающих глубокую переработку сырья с утилизацией образующихся отходов.

2.6. Экологический мониторинг

Экологический мониторинг представляет собой комплексную систему наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений ее состояния под воздействием природных и антропогенных факторов

В зависимости от масштабов территории, охватываемой наблюдениями, экологический мониторинг подразделяют на локальный, региональный (территориальный), государственный (национальный) и глобальный. При разработке системы управления окружающей средой в основном используют локальный экологический мониторинг, который обеспечивает определение параметров окружающей среды в пределах населенного пункта, их промышленных районов и отдельных организаций.

В качестве основных средств для локального мониторинга широко используют стационарные и передвижные санитарно-промышленные лаборатории, которые осуществляют постоянные

или периодические наблюдения за загрязнением воздуха на промышленных площадках, воды в установленных створах водных объектов, а также проводят другие наблюдения, исходя из особенности деятельности организации. Так, например, основными направлениями воздействия на окружающую среду при строительстве и нормальной эксплуатации промышленного объекта являются изъятие земель из сельско- или лесохозяйственного пользования, нарушение ландшафта, уничтожение почв, загрязнение атмосферного воздуха выбросами пыли и газов, а также загрязнение окрестных земель и поверхностных вод в результате эрозии почв, сбросов сточных вод и аэротехногенного загрязнения атмосферы, изменение гидрологического режима водных объектов, локальное заболачивание, подтопление территорий, уничтожение растительного покрова, изменение продуктивности и т.п.

Государственный экологический мониторинг включает мониторинг атмосферного воздуха, земель, лесов, водных объектов, объектов животного мира, уникальной экологической системы озера Байкал, континентального шельфа Российской Федерации, состояния недр, исключительной экономической зоны Российской Федерации, внутренних морских вод и территориальных вод Российской Федерации.

При проведении экологического мониторинга решаются следующие задачи:

- организация и проведение наблюдения за количественными и качественными показателями (их совокупностью), характеризующими состояние окружающей среды, в том числе за состоянием окружающей среды в районах расположения источников антропогенного воздействия и воздействием этих источников на окружающую среду;
- оценка состояния окружающей среды, своевременное выявление и прогноз развития негативных процессов, влияющих на состояние окружающей среды, выработка рекомендаций по предотвращению вредных воздействий на нее;
- своевременное предоставление информации по вопросам состояния окружающей среды органам государственной власти, органам местного самоуправления, юридическим и физическим лицам;
- формирование государственных информационных ресурсов

о состоянии окружающей среды;

- обеспечение участия Российской Федерации в международных системах экологического мониторинга.

2.7. Экологический аудит

Аудит - это систематический и независимый анализ, позволяющий определить соответствие деятельности и результатов в области охраны окружающей среды запланированным мероприятиям, а также оценить эффективность проведения мероприятий для достижения поставленных целей.

Основной задачей экологического аудита является оценка экологической безопасности производства и выполнения экологических требований в следующих случаях:

- при оценке инвестиционных проектов, планируемых к финансированию за счет средств городского и областного экологических фондов и других источников финансирования;
- при оценке предприятий с точки зрения обеспечения экологической безопасности;
- при заключении договора на экологическое страхование по инициативе страховой компании или страхуемого предприятия в целях оценки страхового риска;
- при оценке действительного состояния вопросов охраны окружающей среды и экологической безопасности на предприятиях;
- при подготовке материалов, необходимых для учета экологического фактора, в процессе приватизации;
- при выборе рациональных схем деятельности, обеспечивающих выполнение экологических нормативных актов, стандартов, правил, предписаний и требований государственных природоохранных органов;
- при подготовке документов для освобождения (корректировки) от платежей за загрязнение окружающей природной среды;
- при проверке документов на выдачу (продление) временных разрешений на выброс, сброс загрязняющих веществ, размещение отходов, рассмотрение обращений;
- при проведении консультаций и выдаче рекомендаций;
- при проверке материалов заявителя на получение лицензии

на осуществление отдельных видов деятельности в области охраны окружающей среды.

При анализе природоохранной деятельности предприятий используют следующие методы экологического аудита.

Метод анкетирования - один из основных методов обзора, анализа, оценки и ранжирования экологических проблем, позволяющий обосновывать и разрабатывать конкретные и адресные рекомендации.

Метод материальных балансов и технических расчетов - это составление и анализ системы материальных балансов основных компонентов сырья и материалов, воды, загрязняющих веществ. Он позволяет оценить фактическое воздействие на окружающую среду (контролируемое и неконтролируемое, организованное и неорганизованное, регулируемое и нерегулируемое) не только производства в целом, но и отдельных источников воздействия на окружающую среду, систем регулирования сброса и выброса загрязняющих веществ.

Наиболее распространенным является аудит предприятия с точки зрения обеспечения экологической безопасности. Такой аудит направлен на оценку качества и эффективности функционирования системы управления окружающей средой, а не на поиск конкретных нарушений.

Аудиты подразделяют на два вида:

- аудиты, которые проводят с целью изучения начальных оценок, предназначенных для принятия, как правило, стратегических решений;
- аудиты для мониторинга текущего состояния системы управления окружающей средой.

Таким образом, первый вид аудита выявляет проблемы, обусловленные новизной ситуации для основных участников, а второй связан с непрерывным усовершенствованием СУОС.

Периодичность аудита в подразделениях определяется исходя из результатов проведенной оценки риска.

2.8. Природоохранная сертификация продукции

Экологическая сертификация соответствия - подтверждение третьей стороной соответствия сертифицируемого объекта предъявляемым к нему экологическим требованиям. Обязательные

экологические требования установлены в законодательных и нормативных документах и направлены на обеспечение рационального природопользования, охрану окружающей среды, защиту здоровья населения и генетического фонда страны. Система экологической сертификации располагает собственными правилами процедуры и управления для проведения экологической сертификации, сформированными в соответствии с государственной политикой в области сертификации и общими правилами ее проведения на территории Российской Федерации.

Введение системы обязательной сертификации по экологическим требованиям призвано обеспечить:

- реализацию экологических требований природоохранного законодательства при ведении хозяйственной деятельности;
- внедрение экологически безопасных производств, технологических процессов и оборудования;
- соблюдение требований экологической безопасности при размещении, переработке, транспортировке, захоронении отходов производства и потребления, а также при производстве, эксплуатации и ликвидации различных видов продукции;
- предотвращение ввоза в страну экологически опасной продукции, отходов, технологий и услуг;
- содействие интеграции экономики страны в мировой рынок и выполнение международных обязательств Российской Федерации в области управления качеством окружающей среды;
- установление статуса экологического сертификата и экологического знака соответствия.

Объектами обязательной сертификации по экологическим требованиям являются:

- предприятия и производства, в том числе опытно-экспериментальные;
- продукция, использование которой может нанести вред окружающей среде;
- отходы производства и потребления, обращение с ними;
- системы управления охраной окружающей среды.

При положительных результатах проверки органы по сертификации выдают заявителям экологические сертификаты установленного образца и разрешение на право маркировки объектов сертификации знаком соответствия системе (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Экологический знак соответствия

В системе экологической сертификации различают три уровня экологической чистоты:

- высший уровень экологической чистоты устанавливается для продукции, которая не содержит приоритетных загрязнителей и загрязнителей 1-го класса опасности, содержание менее опасных веществ в ней значительно ниже предельно допустимых значений;
- высокий уровень экологической чистоты устанавливается для продукции, не содержащей приоритетных загрязнителей, а содержание прочих загрязнителей в значительной степени ниже предельно допустимых уровней;
- нормальный уровень экологической чистоты устанавливается для продукции, в которой содержание антропогенных загрязнителей существенно ниже предельно допустимых уровней.

Все три уровня экологической чистоты количественно определяются с помощью коэффициента экологичности (КЭ), который показывает, во сколько раз или на сколько процентов экологическая ценность сертифицированного товара выше по сравнению с аналогичной продукцией, свойства которой не подтверждены соответствующими испытаниями.

Например, $КЭ = 1,45$ означает, что суммарное относительное значение содержания загрязнителей в продукте в среднем на 45 % меньше предельно разрешенных норм. Коэффициент экологичности указывается на этикетке, в сертификате и т.д.

Для проведения экологических испытаний эксперты должны использовать методические указания по определению уровня экологической чистоты продукции для проведения работ по добровольной экологической сертификации, согласованные с главным токсикологом Минздрава России.

После проведения испытаний продукции производится расчет уровня и коэффициента экологической чистоты.

Заявителю, успешно прошедшему экологическую сертификацию, выдается экологический сертификат с указанием коэффициента экологической чистоты и уровня (высший, высокий, нормальный), а также отчет сертификационной комиссии с обоснованием результатов испытаний и копиями протоколов испытаний

Экологический паспорт природопользователя - это документ, содержащий информацию об уровне использования природопользователем ресурсов (природных, вторичных и др.) и степени воздействия его производств на окружающую природную среду, а также сведения о разрешениях на право природопользования, нормативах воздействий и размерах платежей за загрязнение окружающей природной среды и использование природных ресурсов.

Целью составления экологического паспорта природопользователя для предприятия является:

- переход от изучения следствий (состояния окружающей среды) к детальному дифференцированному анализу причин (ситуация по каждому предприятию в отдельности и группам родственных предприятий);

- переход от рассмотрения общего объема выбросов к удельным показателям, относимым к единице производимой продукции и сопоставляемым с наилучшими показателями, достигнутыми в мире.

Сведения о разработчике экопаспорта включают наименование, адрес и наличие лицензий на разработку экопаспорта.

В содержании приводят наименования разделов и приложений экопаспорта. В общих сведениях о природопользователе указывают его наименование, местонахождение, классификационные признаки и т.д.

К эколого-экономическим показателям относят капитальные и текущие затраты на охрану окружающей природной среды, источники финансирования, плату за пользование природными ресурсами и загрязнение окружающей природной среды.

Сведения о выпускаемой природопользователем продукции включают наименование продукции, ее плановый и фактический объемы выпуска по годам.

В раздел экопаспорта «Характеристика производств» входят данные по производствам, технологическим операциям, применяемому оборудованию, сырью, материалам с признаками загрязнения окружающей природной среды.

В разделе экопаспорта «Потребление энергоносителей» приводят характеристику топливно-энергетических ресурсов.

Список использованных при разработке экопаспорта источников информации должен содержать их перечень с указанием авторов, издательства и года издания.

2.9. Экологический контроль

Согласно ФЗ «Об охране окружающей среды» в Российской Федерации осуществляется государственный, производственный, муниципальный и общественный экологический контроль. Указанные виды контроля проводят в целях исполнения законодательства в области охраны окружающей среды, соблюдения требований экологических нормативных документов, а также обеспечения экологической безопасности.

Государственный экологический контроль осуществляют федеральные органы исполнительной власти и органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Производственный экологический контроль осуществляют в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований нормативных документов в области экологии.

Муниципальный экологический контроль осуществляют на территории муниципального образования органы местного самоуправления или уполномоченные ими органы.

Общественный экологический контроль осуществляется в целях реализации права каждого гражданина на благоприятную окружающую среду и предотвращения нарушения законодательства в области экологии. Данный вид контроля осуществляется общественными и иными некоммерческими объединениями в соответствии с их уставами, а также гражданами в соответствии с законодательством. Результаты общественного экологического контроля подлежат обязательному рассмотрению вышестоящими органами экологического контроля в порядке, установленном законодательством.

В Российской Федерации производится государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую

среду.

Правительство Российской Федерации утвердило Постановление от 2002 г. № 777 «О перечне объектов, подлежащих федеральному государственному экологическому контролю». Перечень подразделяет все объекты на две группы.

К первой относят объекты хозяйственной и иной деятельности, находящиеся в ведении Российской Федерации:

- объекты, относящиеся к федеральным энергетическим системам, ядерной энергетике, федеральному транспорту, путям сообщения, информации и связи;
- объекты, связанные с обеспечением обороны и безопасности, относящиеся к оборонному производству, производству ядовитых веществ и наркотических средств;
- объекты, расположенные на землях, находящихся в федеральной собственности, в том числе землях лесного фонда Российской Федерации;
- объекты, расположенные в пределах внутренних морских вод, территориальных вод, исключительной экономической зоны и континентального шельфа Российской Федерации;
- объекты, оказывающие негативное воздействие на объекты, подлежащие особой охране.

Ко второй группе относят объекты, способствующие трансграничному загрязнению окружающей среды и оказывающие негативное воздействие на окружающую среду в пределах территорий двух и более субъектов Российской Федерации:

- объекты для размещения более 10 тыс. т/год отходов 1- и 2-го класса опасности;
- объекты, имеющие более 15 млн м³ годовых сбросов сточных вод или относительно меньшие валовые, но более токсичные сбросы;
- объекты, имеющие более 500 т годовых выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух;
- объекты, расположенные на территории водосборных площадей трансграничных водных объектов, производящие сброс или удаление иным способом вредных (загрязняющих) веществ в поверхностные или подземные воды;
- объекты, отнесенные законодательством Российской Федерации к категории опасных производственных объектов, на которых производятся, используются, перерабатываются, образу-

ются, хранятся, транспортируются, уничтожаются вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды.

2.10. Экономическое регулирование в области охраны окружающей среды

К методам экономического регулирования в области охраны окружающей среды относят:

- разработку государственных прогнозов социально-экономического развития на основе экологических прогнозов;
- разработку федеральных программ в области экологического развития Российской Федерации и целевых программ в области охраны окружающей среды субъектов Российской Федерации;
- разработку и проведение мероприятий по охране окружающей среды в целях предотвращения причинения вреда окружающей среде;
- установление платы за негативное воздействие на окружающую среду;
- установление лимитов на выбросы и сбросы загрязняющих веществ и микроорганизмов, на размещение отходов производства и потребления и другие виды негативного воздействия на окружающую среду;
- проведение экономической оценки природных объектов и природно-антропогенных объектов;
- проведение экономической оценки воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;
- предоставление налоговых и иных льгот при внедрении наилучших существующих технологий, нетрадиционных видов энергий, использовании вторичных ресурсов и переработке отходов, а также при осуществлении иных эффективных мер по охране окружающей среды в соответствии с законодательством Российской Федерации;
- поддержку предпринимательской, инновационной и иной деятельности (в том числе экологического страхования), направленной на охрану окружающей среды;
- возмещение в установленном порядке вреда окружающей среде.

При разработке конкретной экологической программы необходимо обеспечить увязку предусматриваемых в ней мероприятий

с мероприятиями федеральных, региональных и отраслевых программ.

Финансирование экологических программ может производиться за счет внутренних (средства предприятий, экологических фондов) и внешних (помощь фондов-грантодателей) источников государственного бюджета (в виде субсидий и дотаций), а также за счет кредитов банков. Привлечение внешнего финансирования должно осуществляться в качестве катализатора инвестиций из внутренних источников, а также в стратегических целях.

В России экологические программы и природоохранные мероприятия в соответствии со ст. 17 Федерального закона «Об охране окружающей среды» финансируются: за счет бюджетов Российской Федерации и ее субъектов; средств предприятий, учреждений и организаций; федерального и региональных экологических фондов; фондов экологического страхования; кредитов банков; добровольных взносов населения, иностранных юридических лиц и граждан, а также других источников. Сведения об объемах инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, и вводах в действие природоохранных мощностей предоставляются в Федеральный государственный комитет статистики. В соответствии со ст. 21 ФЗ «Об охране окружающей природной среды» для решения неотложных природоохранных задач, восстановления потерь в окружающей природной среде, компенсации причиненного вреда создается единая система внебюджетных государственных экологических фондов, объединяющая федеральный, республиканские, краевые, областные и местные экологические фонды.

Основными задачами экологического фонда являются:

- финансирование программ и научно-технических проектов по улучшению качества окружающей природной среды и обеспечению экологической безопасности населения;
- аккумуляция средств на реализацию природоохранных мероприятий и программ;
- экономическое стимулирование бережного и эффективного использования природных ресурсов;
- финансирование строительства природоохранных

сооружений;

- финансирование мероприятий по возмещению потерь в окружающей природной среде и компенсации причиненного ей вреда;
- финансирование научных исследований, а также экологического воспитания и образования.

Фонд образуется за счет средств, поступающих от юридических и физических лиц, в том числе:

- платежей за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду, размещение отходов и другие виды загрязнения;
- сумм, полученных по искам о возмещении ущерба, причиненного окружающей природной среде, и штрафов за экологические правонарушения;
- средств от реализации конфискованных орудий охоты и рыболовства и незаконно добытой с их помощью продукции;
- добровольных взносов юридических и физических лиц, в том числе иностранных юридических лиц и граждан;
- иных доходов в соответствии с законодательством.

Добровольные взносы юридических и физических лиц, внесенные в фонд на конкретные цели, направляются исключительно на указанные этими лицами цели. Расходование средств фонда на цели, не связанные с природоохранной деятельностью, запрещается.

Плата за негативное воздействие на окружающую среду:

- выбросы в атмосферный воздух загрязняющих и иных веществ;
- сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади;
- загрязнение недр, почв;
- размещение отходов производства и потребления;
- загрязнение окружающей среды шумом, теплом электромагнитными, ионизирующими и другими веществами физических воздействий;
- иные виды негативного воздействия на окружающую среду.

Определены три вида платежей за загрязнение окружающей среды:

- в размерах, не превышающих установленной природопользователю предельно допустимые нормативы

выбросов, сбросов загрязняющих веществ, объемы размещения отходов, уровни вредного воздействия;

- в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов);

- за сверхлимитное загрязнение окружающей среды (штрафы).

Порядок разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду определен Постановлением правительства России «Об утверждении порядка разработки и утверждения экологических нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, лимитов использования природных ресурсов, размещения отходов».

Экологические нормативы представляют собой установленные предприятиям-природопользователям на определенный срок объемы предельных выбросов, сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду и нормативы размещения отходов производства.

2.11. Лицензирование природопользования и деятельности в области охраны окружающей среды

Лицензирование природопользования включает лицензирование изъятия природных ресурсов, порядок которого определяется федеральными законами и принимаемыми в соответствии с ними постановлениями Правительства России и другими нормативными актами. В решении этой задачи основным правовым инструментом становится лицензионный (разрешительный) порядок приобретения прав природопользования, закрепленный законодательно [77].

Лицензирование изъятия природных ресурсов включает выдачу лицензий на пользование водными объектами, недрами, на комплексное природопользование. По объему предоставляемых правомочий различают отдельные и совмещенные лицензии.

К лицензируемым относят виды деятельности, которые могут повлечь за собой нанесение ущерба правам, законным интересам, нравственности и здоровью граждан, обороне и безопасности государства и регулирование которых не может осуществляться иными методами, кроме как лицензированием. Действие этого закона не распространяется на деятельность по охране

окружающей среды и деятельность, связанную с использованием природных ресурсов.

Федеральные органы государственной власти, выполняющие лицензирование, определяются Президентом и Правительством Российской Федерации в соответствии с их полномочиями, а также федеральными законами. Органы государственной власти субъектов Федерации, осуществляющие лицензирование, определяются в порядке, установленном законодательством субъектов Федерации.

Федеральные органы исполнительной власти выдают лицензии на следующие отдельные виды деятельности в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Порядок выдачи лицензий:

- на утилизацию, складирование, перемещение, размещение, захоронение, уничтожение промышленных и иных отходов, материалов, веществ (кроме радиоактивных);
- на проведение экологической паспортизации, сертификации, экологического аудирования;
- на осуществление видов деятельности, связанных с работами (услугами) природоохранного назначения.

Правовое значение природно-ресурсных лицензий состоит в том, что они служат основаниями возникновения, изменения и прекращения правоотношений между государством в лице его уполномоченных органов и субъектами хозяйственной деятельности по поводу использования природных объектов. При их долгосрочном использовании, связанном с предпринимательской деятельностью лицензиата, специальные разрешения дополняются договорным регулированием. Заключаемые при этом договоры носят вспомогательный характер, а их содержание сводится к детализации условий выдачи разрешений.

2.12. Экологическое страхование

Экологическое страхование осуществляется в целях защиты имущественных интересов юридических и физических лиц на случай экологических рисков. При этом экологическое страхование осуществляется в соответствии с законодательством. Аналогично может осуществляться обязательное государственное

экологическое страхование.

Добровольное и обязательное экологическое страхование требует точного перечня предприятий и производств, представляющих потенциальную опасность для окружающей природной среды. Этот перечень должен составляться на основе специальных исследований многолетнего вероятностного распределения риска экологических аварий. Помимо этого, должны быть выделены и описаны страховые события, разработаны методы определения страховых премий, размеров запасных средств [59].

В основе ранжирования предприятий по степени их экологической опасности (аварийности) лежат оценки вероятности риска загрязнения окружающей среды. Вероятностная оценка риска предполагает наличие репрезентативной статистики об авариях за предыдущий многолетний период. Как правило, такая информация не содержится в отчетных документах ни предприятий, ни вышестоящих организаций. В лучшем случае по бухгалтерской отчетности можно обнаружить рост затрат, связанных с ликвидацией последствий аварий (необязательно экологических); какие-то сведения можно получить в органах гражданской обороны, управления пожарной безопасности и полиции. В тех случаях, когда можно установить объемы выбросов (сбросов) вредных веществ в окружающую среду за несколько предыдущих лет, а также размер платежей (включая штрафы) за нарушение природоохранного законодательства, целесообразно использовать оценки экологической опасности по степени долевого вклада в структуру поступления вредных веществ в окружающую среду от каждого изучаемого объекта.

Функции экологического страхования:

Страхование ответственности за аварийное загрязнение окружающей среды, т.е. страхование убытков, которые могут возникнуть у третьих лиц в результате экологических аварий. Как правило, эти убытки составляют самую значительную и некомпенсируемую часть экологического ущерба, образуемого из имущественных потерь юридических и физических лиц и потерь доходов населения вследствие болезней, увечий и летальных исходов.

Стимулирование противоаварийных мероприятий у страхователей за счет специальных резервов страховых

экологических фондов. Здесь экономические интересы страховщика и страхователя совпадают: первый заинтересован в минимизации выплат страхового возмещения, второй - в сокращении размеров страховых премий вследствие уменьшения риска экологических аварий.

Возмещение за счет страховых резервов убытков самого страхователя, причиненных аварией на его собственном производстве. Следует учесть, что возмещение собственных убытков страхователя не должно превратиться в поощрение его экологической безответственности, поэтому оно не может покрывать более двух третей ущерба.

Экономический ущерб от аварийного загрязнения среды служит базой разделения предприятий и производств на экологически особо опасные, опасные и малоопасные.

К категории экологически особо опасных - группе А - отнесены предприятия с вероятностью аварий на уровне 0,09. Группа Б - экологически опасные производства, включающие предприятия с вероятностью аварий на уровне 0,085. Группа В - это малоопасные предприятия, в которых вероятность аварий составляет 0,059. Особо опасные предприятия (группа А) должны подлежать обязательному экологическому страхованию, предприятия группы Б участвуют в обязательном экологическом страховании по решению региональных органов охраны природы, а предприятия группы В страхуют риск экологических аварий на добровольной основе.

2.13. Экологическая ответственность

Экологическая ответственность имеет две формы: экологическую и правовую. В области экологии это проявляется ответственностью государства, общества, человека за все те негативные последствия, которые в результате антропогенной деятельности, экологического нигилизма и низкой экологической культуры причиняются окружающей природной среде, здоровью граждан, будущему людей.

При экологических правонарушениях вред здоровью человека выступает не в изолированном виде, как, например, в преступлениях против жизни и здоровья человека, а как следствие вреда, нанесенного природной среде. Количественные и

качественные изменения в окружающей природной среде в худшую сторону негативно влияют на жизнь людей, генетическую программу человека, на состояние материальной базы хозяйствующих субъектов. Таким образом, в экологических правонарушениях и преступлениях вред может быть и экономическим, и экологическим. Экономический вред причиняется природопользователю, его имуществу и доходам, экологический выражается в загрязнении, истощении и разрушении природной среды, ее отдельных объектов, природных экологических систем в целом [78].

Последствия причинения вреда природной среде от хозяйственной деятельности выражаются в нарушении экономических и экологических интересов.

Вред природной среде включает:

- реальный ущерб, т.е. потери в природной среде, природных объектах и ресурсах, расходы по восстановлению нарушенного состояния (прямой действительный ущерб);
- убытки в виде неиспользованных затрат, дополнительных расходов;
- убытки в виде недополученных доходов (упущенная выгода).

Сущность экологической ответственности заключается в четырех функциях: стимулирующей, карательной, компенсационной и превентивной.

Стимулирующая функция проявляется в наличии экономических и правовых стимулов, понуждающих к охране экологических интересов, а карательная - в применении наказания к виновному лицу, совершившему экологическое преступление. Компенсационная функция направлена на восстановление потерь природной среды в форме натуральной или денежной компенсации, а превентивная - предварительно предупреждает контрагента о возможном применении мер наказания и взысканий, если такие предупреждения будут им проигнорированы.

Эколого-экономическая ответственность базируется на правомерной деятельности хозяйствующих субъектов и регулируется экономическими методами, прежде всего материальной заинтересованностью загрязнителя в сокращении отходов. Эта ответственность вытекает из общего принципа взаимоотношения общества и природы: загрязнитель платит. Правовая ответственность порождается неправомерными действиями или

бездействием хозяйствующего субъекта и поэтому регулируется административно-правовыми методами применения дисциплинарной, административной, уголовной или гражданско-правовой ответственности. Таким образом, данный правовой институт представляет собой сочетание экономических и юридических отношений. Но единство цели и общность интересов позволяют рассматривать этот экономико-правовой комплекс как единый блок ответственности человека перед природой.

Субъектами экологического правонарушения могут быть любые хозяйствующие субъекты (предприятия, учреждения, объединения, организации - государственные, муниципальные, кооперативные, общественные, совместные, частные), а также физические лица - граждане.

Объекты экологического правонарушения - это природная среда, охраняемая законом от загрязнения, истощения, разрушения, а также здоровье человека и материальные ценности, состояние которых зависит от качества окружающей природной среды.

По объектам охраны экологические правонарушения делятся соответственно отраслевым признакам, т.е. могут быть земельные, водные, лесные правонарушения, нарушения законодательства о недрах, об атмосферном воздухе, об охране животного мира и т.п.

По способу причинения вреда экологические правонарушения можно подразделить на пять групп:

- загрязнения природной среды;
- нерациональное использование природных ресурсов;
- порча, уничтожение, повреждение природных объектов;
- истощение природных ресурсов;
- разрушение природной среды, ее экологических связей.

По санкциям все экологические правонарушения подразделяют на экологические проступки и экологические преступления.

За экологические проступки предусмотрена административная ответственность. Административная ответственность - это применение государственными органами, должностными лицами и представителями власти установленных государством мер административного наказания к гражданам, а в соответствующих случаях - к юридическим лицам за нарушения законности и государственной дисциплины.

За экологические правонарушения административное законодательство предусматривает следующие санкции:

- предупреждение;
- административный штраф;
- возмездное изъятие орудия и средства совершения или предмета административного правонарушения (эту меру часто применяют при незаконном природопользовании);
- конфискация незаконно добытой продукции (безвозмездное изъятие в доход государства);
- лишение гражданина специального права на занятие определенной деятельностью на срок от 1 месяца до 2 лет.

Наиболее распространенным видом административного наказания за экологические проступки является штраф, размер которого не должен рассматриваться как компенсационная мера. Административным кодексом установлены минимальный и максимальный размер штрафа за совершенный административный проступок. Для физических лиц (граждан) административный штраф не должен превышать 25 МРОТ, для должностных лиц - 50 МРОТ, для юридических лиц - 1000 МРОТ. Размер административного штрафа не может быть менее 0,1 МРОТ.

По своему содержанию все экологические составы административных правонарушений подразделяют на три группы:

- обеспечивающие экологическую безопасность;
- охраняющие природные объекты от самовольного занятия;
- охраняющие от нарушений природные объекты и комплексы.

Экологические требования к охране окружающей природной среды и обеспечение экологической безопасности общества выполняются независимо от формы собственности и ведомственной подчиненности хозяйствующего субъекта. Исходя из этого, все экологические преступления делят на две группы: против экологической безопасности населения и против охраны природных богатств и природных комплексов.

Раздел 3. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

3.1. Оценка качества окружающей среды

Качество природной среды - это состояние естественных и преобразованных человеком экосистем, сохраняющее их способность к постоянному обмену веществ и энергии и воспроизводству жизни.

Оценка качества окружающей среды осуществляется дифференцированно по следующим направлениям:

качество воздушного бассейна,
водного бассейна,
почвенного слоя,
продуктов питания и др.

Для оценки используют нормативы, ограничивающие воздействие вредных факторов. Для обоснования нормативов используют общий принцип: естественная адаптационная возможность организма. При воздействии вредного вещества на организм вначале возникает адаптация, затем предболезнь и в дальнейшем при сохранении той же интенсивности воздействия развиваются различные патологические болезненные эффекты, включающие в себя токсические, канцерогенные, мутагенные, аллергенные, гонадотропные и эмбриотропные. Эти болезненные эффекты могут вызывать болезни и даже приводить к летальному исходу.

Нормативы качества окружающей среды подразделяют на санитарно-гигиенические, экологические, производственно-хозяйственные и временные.

К санитарно-гигиеническим нормативам относят гигиенические и санитарно-защитные нормативы.

Под гигиеническими нормативами понимают предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосфере, водоемах и почве, уровни допустимых физических воздействий (ПДУ) - вибрации, шума, электромагнитного и радиоактивного излучения, не оказывающие какого-либо вредного воздействия на организм человека в настоящее время и в отдаленные промежутки времени, а также не влияющие на здоровье последующих поколений.

Если вещество оказывает вредное воздействие на окружающую природу в меньших концентрациях, чем на организм человека, то при

нормировании исходят из порога действия этого вещества на окружающую среду.

К гигиеническим нормативам относят также токсикометрические показатели, представляющие собой концентрации, дозы вредных веществ или физические факторы, которые вызывают фиксируемые реакции организма.

Санитарно-защитные нормативы предназначены для защиты здоровья населения и обеспечения достаточной чистоты пунктов водопользования при неблагоприятном вредном воздействии источников загрязнения. Их используют при образовании санитарных зон источников водоснабжения, пунктов водопользования, санитарно-защитных зон предприятий.

Экологические нормативы определяют предел антропогенного воздействия на окружающую среду, превышение которого может создать угрозу сохранению оптимальных условий совместного существования человека и его внешнего окружения. Они включают в себя эколого-гигиенические и эколого-защитные нормативы, а также предельно допустимые нормативные нагрузки на окружающую среду.

Применение системы показателей предельно допустимых нормативов нагрузки на окружающую среду направлено на предотвращение истощения природной среды и разрушения ее экологических связей, обеспечение рационального использования и воспроизводства природных ресурсов. Эти нормативы представляют собой научно обоснованные предельно допустимые антропогенные воздействия на определенный природно-территориальный комплекс.

Производственно-хозяйственные нормативы предназначены для ограничения параметров производственно-хозяйственной деятельности конкретного предприятия с точки зрения экологической защиты природной среды. К ним относят технологические, градостроительные, рекреационные и другие нормативы хозяйственной деятельности.

Технологические нормативы включают: предельно допустимые выбросы (ПДВ) вредных веществ в атмосферу, предельно допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ в водоемы, предельно допустимое количество сжигаемого топлива (ПДТ). Эти нормативы устанавливают для каждого источника поступления загрязнений в окружающую среду и тесно связаны с профилем работы, объемом и характером загрязнений конкретного горного предприятия, цеха, агрегата. В связи с этим они могут быть разными даже в рамках одного предприятия (объединения). Область регламентированного воздействия ПДВ,

ПДС и ПДТ на качество окружающей среды весьма широка. С помощью этих нормативов лимитируют отходы и выбросы в результате осуществления различных работ, шумовое загрязнение воздушной среды, расход топлива и пр. В то же время данные нормативы, характеризуя предельно допустимое количество загрязнений, поступающих в биосферу в зоне расположения источников, оборудованных системами обезвреживания, не позволяют дать оценку самим системам обезвреживания.

Градостроительные нормативы разрабатывают для обеспечения экологической безопасности при планировке и застройке городов и других населенных пунктов.

Рекреационные нормативы определяют правила пользования природными комплексами в целях обеспечения условий для полноценного отдыха и туризма.

В случае, когда по тем или иным объективным причинам не представляется возможным разработать гигиенические или технологические нормативы, устанавливают временные нормативы. По мере роста научных знаний, развития и совершенствования техники и технологии их регулярно пересматривают в сторону ужесточения, с тем чтобы воздействие на природу было минимальным.

При оценке качества компонентов биосферы применяют различные модификации рассмотренных нормативов.

Оценку качества воздушной среды осуществляют на основе следующих нормативов [16].

1. Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК), мг/м³.

При ежедневной восьмичасовой работе (кроме выходных дней) или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 40 ч. в неделю, эта концентрация в течение всего рабочего дня не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, которые можно обнаружить современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни человека.

2. Предельно допустимая максимальная разовая концентрация загрязняющего вещества в воздухе населенных мест (ПДКр.з), мг/м³. При вдыхании в течение 30 мин. эта концентрация не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека.

3. Предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест (ПДКс.с), мг/м³ которая не долж-

на вызывать отклонений в состоянии здоровья настоящего и последующих поколений при неопределенно долгом (в течение нескольких лет) вдыхании.

4. Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) загрязняющего вещества в воздухе рабочей зоны (ВДКр.з), $\text{мг}/\text{м}^3$. Числовые значения этого показателя для различных веществ определяются расчетным путем и действуют в течение 2 лет.

5. Временно допустимая концентрация (ориентировочный безопасный уровень воздействия) вредного вещества в атмосфере (ВДКв.в), $\text{мг}/\text{м}^3$, размер которой устанавливается расчетным путем и действует в течение 3 лет.

6. Предельно допустимый выброс загрязняющих веществ в атмосферу (ПДВ), $\text{кг}/\text{сут}$ (или $\text{г}/\text{ч}$). Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов в воздухе населенных мест при наиболее неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. Его определяют расчетным путем на 5 лет.

Основной путь уменьшения загрязнений - создание и внедрение принципиально новых безотходных технологических процессов, предусматривающих полную утилизацию отходов. Выполнение этой задачи потребует решения ряда научных и инженерных проблем, значительных материальных затрат. Промежуточным этапом снижения загрязнения природной среды является нормирование количества выбросов.

Концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе населенного пункта зависит от количества этих веществ, выбрасываемых всеми источниками загрязнения. Чтобы концентрации загрязняющих веществ не превышали ПДК, т.е. не создавались условия, опасные для здоровья населения, для каждого источника загрязнения устанавливается предельно допустимый выброс (ПДВ). Иначе говоря, ПДВ - это максимально допустимое к выбросу в атмосферный воздух количество загрязняющих веществ данным источником загрязнения в единицу времени. Количественно ПДВ определяют как произведение коэффициента разбавления K_p загрязняющего вещества ($\text{м}^3/\text{с}$) на ПДК ($\text{мг}/\text{м}^3$) этого вещества, содержащегося в выбрасываемом в атмосферный воздух газе:

$$\text{ПДВ} = K_p \cdot \text{ПДК}. \quad (3.1)$$

Под коэффициентом разбавления понимают объем чистого воздуха, необходимый для разбавления выбрасываемого в 1 с загрязненного вещества до концентрации, допускаемой санитарными нормами (ПДК).

Предельно допустимый выброс устанавливают для каждого стационарного и передвижного источника выбросов загрязняющих веществ, включая транспортные средства. Для источников неорганизованных выбросов (хранилища, железнодорожные сливно-наливные эстакады и т.п.) и совокупности мелких одиночных источников (вентиляционные фонари и т.п.) ПДВ суммируют, тем самым устанавливая его значения для предприятия или объекта. Расчет ПДВ для проектируемых объектов позволяет предусмотреть необходимые мероприятия, обеспечивающие требуемую чистоту воздуха, а для действующих предприятий — определить необходимость проведения мероприятий по снижению загрязнений. Когда в воздухе населенного пункта по объективным причинам невозможно поддерживать требуемые ПДВ, поэтапно снижают выбросы вредных веществ действующими объектами до значений, обеспечивающих соблюдение ПДК. В этом случае для каждого объекта устанавливают временно согласованные выбросы (ВСВ) загрязняющих веществ и намечают мероприятия по их снижению.

7. Временно согласованный выброс (ВСВ), кг/сут (или г/ч). Срок действия этого норматива - не более 5 лет. Он устанавливается в том случае, если по объективным причинам нельзя определить ПДВ для источника выброса в данном населенном пункте.

8. Предельно допустимое количество сжигаемого топлива (ПДТ), т/ч. Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов по продуктам сгорания топлива в воздухе населенных мест при неблагоприятных для рассеивания метеорологических условиях. ПДТ устанавливают расчетным путем на срок не более 5 лет.

Оценку качества водного бассейна осуществляют с помощью системы основных показателей.

1. Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоема (ПДКв), мг/л, при которой не должно оказываться прямого или косвенного вредного воздействия на организм человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений и не должны ухудшаться гигиенические условия водопользования.

2. Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в воде водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, (ПДКв.р), мг/л. Величина последней для подавляющего большинства нормируемых веществ всегда значительно меньше ПДКв. Это объясняется тем, что токсические соединения могут накапливаться в организме рыб в весьма значительных количествах без влияния на их жизнедеятельность.

3. Временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) загрязняющих веществ в воде водоемов (ВДКв), мг/л. Нормативы, определяемые этим показателем, устанавливаются расчетным путем на - 3 года.

4. Предельно допустимый сброс (ПДС), г/ч (кг/сут), регламентирующий массу загрязняющего вещества в сточных водах, сбрасываемых в водоем. Применение этого норматива должно обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических норм, установленных для водных объектов. Величину ПДС определяют расчетным путем на период, установленный органами по регулированию использования и охране вод. После этого она подлежит пересмотру в сторону уменьшения вплоть до прекращения сброса загрязняющих веществ в водоемы.

Предельно допустимой концентрацией вредного вещества в воде водоема считается такая, которая не оказывает вредного воздействия на организм человека при различных видах употребления воды (для питья, приготовления пищи, гигиенических целей и для отдыха).

Качество почвенного слоя оценивают по нормативам, установленным в соответствии со следующими основными показателями.

1. Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в пахотном слое почвы (ПДКп), мг/кг. При этом концентрации не должно оказываться прямого или косвенного отрицательного воздействия на контактирующие с почвой воду, воздух и, следовательно, здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

2. Временно допустимая концентрация (ориентировочно допустимая концентрация) вредного вещества в пахотном слое почвы (ВДКп), мг/кг. Устанавливается расчетным путем и действует в течение 3 лет.

При оценке шумового загрязнения биосферы используют следующие показатели.

1. Предельно допустимый уровень шума, (ПДУШ), дБ(А). Шум с таким уровнем при ежедневном систематическом воздействии в течение

ние многих лет не должен вызывать отклонений в состоянии здоровья человека и мешать его нормальной трудовой деятельности.

2. Допустимый уровень шума (допустимый уровень звукового давления) (ДУШ), дБ(А), при котором длительное систематическое вредное воздействие шума на человека не проявляется или проявляется незначительно.

3. Допустимый уровень ультразвука (ДУУ), дБ. При таком уровне длительное систематическое воздействие на организм человека не проявляется или проявляется незначительно.

4. Предельно допустимый уровень инфразвука (ПДУИ), дБ. Длительное систематическое воздействие инфразвука с таким уровнем на организм человека не должно приводить к отклонениям в состоянии здоровья, обнаруживаемым современными методами исследований, и нарушать нормальную трудовую деятельность.

5. Предельно допустимая шумовая характеристика машин и механизмов (ПДШХ). Этот показатель должен обеспечивать соблюдение санитарно-гигиенических нормативов во всех октавных полосах частот. Его значение определяют по результатам статистической обработки шумовых характеристик однотипных машин и механизмов.

6. Технически достижимая шумовая характеристика машин и механизмов (ТДШХ), применяемая в тех случаях, когда по объективным причинам невозможно установить уровень ПДШХ. При этом ТДШХ вводится на срок, не превышающий срока действия стандарта или технических условий на машину или агрегат каждого конкретного вида.

Оценка радиоактивного загрязнения окружающей среды проводится с использованием показателей трех видов: основного дозового предела, допустимого уровня и контрольного уровня.

К показателям основного дозового предела относятся: предельно допустимая доза радиации за год для работающих с источниками радиоактивного излучения (ПДД), Дж/кг. При систематическом равномерном воздействии в течение 50 лет не должны возникать неблагоприятные изменения в состоянии здоровья человека, обнаруживаемые современными методами исследований, в настоящее время и последующие годы; предел дозы радиации за год для населения (ПД), Дж/кг, на практике всегда устанавливается значительно меньше величины ПДД для предотвращения необоснованного облучения людей.

Показатели допустимого уровня:

предельно допустимое годовое поступление радиоактивных веществ в организм работающих (ПДД), кБк/год, которое в течение 50 лет создает в критическом органе дозу, равную 1 ПДД;

предел годового поступления радиоактивных веществ в организм человека (ППП), кБк/год, за 70 лет создающий в критическом органе эквивалентную дозу, равную 1 ПД;

допустимое среднегодовое содержание радиоактивных веществ в организме (критическом органе) (ДС), при котором доза облучения равна ППД или ПД, кБк;

допустимое загрязнение поверхности (почвы, одежды, транспорта, помещений и т.д.) (ДЗ), частица/(см/мин).

Контрольные показатели устанавливаются для планирования мероприятий по защите и для оперативного контроля за радиационной обстановкой в целях предотвращения превышения дозового предела загрязнений. К этим показателям относят:

контрольное годовое поступление радиоактивных веществ в организм человека КГП, кБк/год;

контрольное содержание радиоактивных веществ в организме человека (КС), кБк;

контрольная концентрация радиоактивного вещества в воздухе или воде, с которыми оно поступает в организм человека, (КК), кБк/м³.

контрольное загрязнение поверхности радиоактивными веществами (КЗ).

3.1.1. Определение предельно допустимой экологической нагрузки

В основе современных подходов к определению предельно допустимой экологической нагрузки (ПДЭН) лежит концепция критических уровней развития экосистем. Согласно этой концепции нормальное состояние экосистем - область состояний, ограничиваемая критическими пределами, за которыми происходит их качественная перестройка. Весьма существенно при этом, что определение критических точек на траектории эволюции системы не предполагает детального знания механизмов функционирования системы и учета влияния всего многообразия факторов. Здесь вполне применима модель «черного ящика», когда изучается только взаимосвязь между «входом» в экосистему (воздействием или

нагрузкой на нее) и «выходом» (реакцией или откликом на соответствующее воздействие). Для этого исследуют ситуации с разным уровнем антропогенного воздействия на экосистему и последующим изменением (нарушением) ее параметров, отображающим компенсационные процессы, сопоставляют воздействия и отклики и устанавливают зависимость между ними.

Пороговость реакции экосистем на загрязнение, выражающаяся в наличии двух резко обособленных, качественно различающихся уровней состояния, позволяет, с одной стороны, достаточно объективно устанавливать величину норматива как нагрузку, соответствующую началу перехода от одного уровня к другому, а с другой - предполагает особую ответственность норматива, так как даже небольшая ошибка в определении величины предельной нагрузки может привести экосистему к катастрофе.

В результате анализа зависимостей «нагрузка - эффект» для экосистемных параметров и учета принципа «слабого звена» могут быть получены нормативы ПДЭН на экосистему. Если установленные нормативы ПДЭН окажутся жестче существующих санитарно-гигиенических нормативов, то при определении величины нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ от источника (ПДВ и ПДС) в расчет принимаются ПДЭН. Если же жестче оказываются санитарно-гигиенические нормативы, то при установлении ПДВ и ПДС ориентируются на ПДК для человека.

3.1.2. Санитарно-гигиеническое нормирование

Санитарно-гигиеническое нормирование - это деятельность по изучению условий воздействия вредных факторов на организм человека и объективному обоснованию пределов интенсивности и продолжительности их действия, при которых они безопасны для организма. Санитарно-гигиеническое нормирование строится на разработке нормативов антропогенного воздействия на окружающую человека природную среду на основе санитарно-гигиенического подхода.

Основными санитарно-гигиеническими нормативами качества окружающей среды являются предельно допустимые концентрации (ПДК) для химических и биологических загрязняющих ве-

ществ и предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия для физических факторов.

При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммирующим действием, сумма их концентраций не должна превышать единицы:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1, \quad (3.2)$$

где C_1, C_2, C_n – фактическая концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе; $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ – предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе.

ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, где человек находится ограниченное время, выше ПДК вредного вещества в воздухе населенных мест (табл.3 .1).

Таблица 3.1 - Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе, мг/м³

| Вещество | ПДК _{рз} | ПДК _{сс} | ПДК _{мр} |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Аммиак | 20 | 0,04 | 0,2 |
| Бензол | 5 | 0,1 | 1,5 |
| Гидразин | 0,1 | - | - |
| Диоксид азота | 5 | 0,04 | 0,085 |
| Диоксид серы | 10 | 0,05 | 0,5 |
| Оксид углерода | 20 | 3 | 5 |
| Тетраэтилсвинец | 0,005 | - | - |
| Формальдегид | 0,5 | 0,012 | 0,035 |
| Хлорид водорода | 5 | 0,2 | 0,2 |

Санитарно-гигиеническое нормирование охватывает всю среду обитания человека: атмосферный воздух, воздух производственных помещений, жилых и общественных зданий, питьевую воду и воду водных объектов, почву, продукты питания и др.

В настоящее время в Российской Федерации действует государственная система санитарно-гигиенического нормирования, ко-

торая включает организацию разработки, экспертизы, рассмотрения и утверждения, пересмотра нормативных документов по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Правовую основу данной системы определяет закон РФ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения». Нормативы являются основой для осуществления государственного санитарного надзора и оценки потенциальной и реальной опасности для здоровья, а также для установления предельно допустимых выбросов и сбросов и выдачи разрешений на выбросы и сбросы.

В основе санитарно-гигиенического нормирования лежит проведение многоплановых исследований: острых, подострых и хронических опытов на лабораторных животных, а также на людях-добровольцах в случае необходимости изучения органолептических свойств воздуха, воды, продуктов питания и оценки рефлекторных реакций организма на действие атмосферных загрязнений. В ходе исследований устанавливаются дозовые и временные зависимости развития интоксикации (или других видов неблагоприятного действия) и выявляются отдаленные последствия. В результате исследований устанавливаются:

- пороговые и подпороговые дозы (или уровни) воздействия;
- условия экстраполяции полученных данных с животных на человека и определение коэффициентов запаса для расчета ПДК.

В настоящее время в санитарно-гигиеническом нормировании существует три концепции (подхода) к установлению нормативов воздействия неблагоприятных факторов на организм.

Концепция пороговости, которая базируется на положении, что для каждого вещества (фактора) существуют дозы, ниже которых оно не оказывает отрицательного влияния на организм. Это так называемые пороговые безопасные концентрации, на уровне которых и устанавливают ПДК.

Концепция «оценки риска» предполагает установление не «порога безопасности», а предельного риска, который нельзя превышать. При этом все же предусматривается вероятность нанесения ущерба населению в статистических пределах (5...10 %). То есть какой-то части популяции может быть нанесен ущерб без ущерба обществу в целом. Эта концепция основывается экономическими, техническими и другими соображениями.

Концепция беспороговости базируется на следующих положениях:

- индивидуальный порог действия, экспериментально установленный для отдельных особей, при переходе от уровня организма к уровню популяции будет снижаться прямо пропорционально размеру популяции, так как реакции конкретных людей на загрязняющие вещества индивидуальны;

- пороги условны, так как они определяются чувствительностью используемого метода и должны постепенно приближаться к «0» по мере совершенствования методов регистрации ответных реакций организма на воздействие тех или иных факторов;

- относительность наших знаний о возможностях накопления, отдаленных последствиях, антагонизме, синергизме загрязнителей и т.д.

В нашей стране концепцию беспороговости применяют при нормировании факторов окружающей среды, вызывающих отдаленные эффекты. Расчет допустимых доз здесь осуществляют на основе эпидемиологических данных.

3.1.3. Санитарно-гигиеническое нормирование химических веществ в объектах окружающей среды

В связи с тем что химические вещества могут как оказывать прямое вредное влияние на организм человека (проявляющееся общетоксическим или специфическими эффектами - канцерогенным, мутагенным, аллергенным и др.), так и причинять косвенный вред, а также ухудшать санитарные условия жизни населения, при нормировании их содержания в объектах окружающей среды (ОС) принято учитывать следующие критерии опасности:

- степень токсичности;
- способность к специфическим эффектам;
- распространенность в ОС;
- стабильность в ОС;
- способность к кумуляции в организме человека и в организмах, используемых человеком в пищу;
- способность к трансформации в более вредные соединения.

Основными принципами, лежащими в основе санитарно-гигиенического нормирования, являются:

- безвредность норматива (допустима такая концентрация, которая не оказывает прямого или косвенного вредного действия);

- пороговость действия вредных факторов на организм (кроме аллергенов, мутагенов и т.п.). «Все вещества являются ядами, нет ни одного, который не был бы ядом. Только доза разделяет яд и лекарство»;

- привыкание к вредным веществам рассматривается как неблагоприятный момент и доказательство недопустимости данной концентрации;

- ПДК устанавливают по самым чувствительным организмам и наиболее чувствительным процессам;

- ПДК устанавливают отдельно для каждого объекта ОС (атмосферного воздуха, воды, почвы, пищевых продуктов растительного и животного происхождения);

- учитывают различные виды неблагоприятных воздействий (критерии вредности) - влияние на органолептические и общесанитарные показатели, рефлекторное действие, возможность миграции из одной среды в другую, влияние на санитарно-бытовые условия проживания населения, токсикологические показатели;

- окончательную величину ПДК устанавливают по лимитирующему показателю (принцип «слабого звена»);

- учет всего многообразия воздействий неблагоприятных факторов на человека, необходимость единого интегрального нормирования воздействий.

3.1.4. Нормирование загрязняющих веществ в продуктах питания

Пищевые продукты - это сложные многокомпонентные смеси сотен химических соединений. Из них основное значение для человека имеют питательные вещества, такие, как белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины, которые требуются организму для осуществления его жизненных функций.

Продукты питания должны отвечать следующим основным требованиям:

- иметь приемлемые органолептические свойства (внешний вид, запах и вкус);

- обладать питательной ценностью, т.е. содержать необходимые количества белков, жиров, углеводов, витаминов и т.д.;

- быть безопасными в токсикологическом отношении, т.е. не содержать опасных для здоровья человека токсичных элементов.

В настоящее время основными нормативами, лимитирующими содержание токсикантов в урожае сельскохозяйственных культур в период его сбора или в продуктах питания, являются санитарно-гигиенические нормативы - допустимые остаточные концентрации (ДОК) загрязняющих веществ, которые выражают в мг на 1 кг свежего продукта.

Таким образом, ДОК (ПДК, МДУ) токсиканта в продукте питания (мг/кг) - это максимальное количество токсиканта в единице массы продукта, которое при ежедневном поступлении в организм человека неограниченно долгое время не вызывает каких-либо неблагоприятных последствий у него и у его потомства.

При нормировании загрязняющих веществ в продуктах питания обязательным является:

- изучение органолептических свойств продуктов растительного и животного происхождения, подвергающихся воздействию того или иного вещества при соблюдении условий его применения в сельском хозяйстве;

- определение остаточных количеств вещества в тканях растений и животных при рекомендованных условиях его применения в сельском хозяйстве;

- определение химической природы и концентрации метаболитов в тканях растений и животных (при их наличии);

- изучение влияния на химический состав и биологическую ценность продуктов питания;

- проведение биологических исследований пищевых продуктов, полученных из растений и животных, подвергшихся воздействию вещества;

- определение стойкости остатков вещества и его метаболитов при хранении продуктов питания, а также при различных видах технологической и кулинарной обработки.

При установлении норматива содержания вредных веществ в продуктах питания руководствуются следующими принципами:

- содержание вещества в суточном рационе человека не должно превышать допустимую (безвредную) суточную дозу для человека (ДСД) в мг, при этом должно учитываться еще и возможное поступление вещества в организм человека из других сред (вода, воздух);

- ДОК вещества устанавливаются для каждого пищевого продукта отдельно с учетом того, чтобы суммарное содержание этого вещества во всех продуктах не превышало ДСД.

Высокотоксичные вещества, обладающие выраженными кумулятивными свойствами (коэффициент кумуляции 1...2), стойкие к воздействию факторов внешней среды и высокой температуре, не должны содержаться в продуктах питания.

Не допускается содержание токсичных веществ и в продуктах, широко используемых в детском и диетическом питании, таких, как молоко, морковь, ягоды.

Вещества с коэффициентом кумуляции 2...3, относящиеся по стойкости ко II группе гигиенической классификации, не должны содержаться в основных продуктах питания - хлебе, рисе, картофеле, мясе.

При установлении норматива принимают во внимание лишь те продукты, в которых может содержаться данный токсикант. Таким образом, ДСД распространяется не на весь комплекс продуктов, а лишь на те, в которых может содержаться токсикант.

Определение величины ПДК (ДОК, МДУ). Как отмечалось выше, суммарное количество загрязняющего вещества, которое может поступать в организм человека из разных сред, не должно превышать максимально допустимую суточную дозу для человека (ДСД). Очевидно, что эта доза для человека складывается из количеств этого загрязняющего вещества, поступающих с продуктами питания, водой и атмосферным воздухом, и может быть выражена формулой

$$\text{ДСД} = \text{Дпр} + \text{Двод} + \text{Двозд}, \quad (3.3)$$

где ДСД - максимальная допустимая суточная доза вещества для человека; Дпр, Двод, Двозд - допустимое количество вещества соответственно в пищевом рационе, воде и атмосферном воздухе.

Для определения вклада объектов внешней среды (воды, воздуха) в общую допустимую суточную дозу для человека (ДСД) используют данные о фактическом содержании в них загрязняющих веществ.

По большинству пестицидов, применяемых в настоящее время, поступление в организм человека через продукты питания, как

правило, составляет не более 80 %, поэтому ориентировочно принимают $D_{пр} = 0,8$ ДСД.

Определение максимально допустимой суточной дозы (ДСД) вещества для человека начинают с подсчета аналогичной дозы для животных (в мг на 1 кг массы животного). Эта доза, установленная в токсикологическом хроническом эксперименте на лабораторных животных (наиболее чувствительных), является подпороговой дозой. Далее подпороговую дозу делят на коэффициент запаса (K_3). Данный коэффициент показывает, во сколько раз необходимо уменьшить ДСД для животных, чтобы установить ДСД для человека. Значение коэффициента запаса зависит от свойств вещества (класс опасности, способность к кумуляции, стойкость к факторам внешней среды, способность вызывать отдаленные эффекты, например передаваться плоду и тем самым оказывать отрицательное влияние на потомство, и т.д.), а также от сравнительной чувствительности к веществу человека и вида лабораторных животных. Как правило, значение коэффициента запаса варьирует от 30 до 100. Его устанавливают по следующим основаниям:

- для веществ с большой стойкостью во внешней среде и выраженными кумулятивными свойствами (II класс опасности) ДСД для животных составляет десятые доли мг/кг, рекомендуемый коэффициент запаса (K_3) 100;

- для веществ, стойких во внешней среде и обладающих выраженными кумулятивными свойствами, ДСД для животных 1...5 мг/кг - K_3 от 50 до 100;

- для веществ, умеренно стойких во внешней среде и обладающих слабой кумуляцией (III и IV классы опасности), ДСД для животных больше 5 мг/кг - K_3 от 30 до 50.

Для расчета ДОК в мг на 1 кг продукта необходимо знать общую массу продуктов в суточном рационе человека, в которых может содержаться оцениваемое загрязняющее вещество. Чтобы определить ДОК, следует допустимую суточную дозу загрязняющего вещества, поступившую с продуктами питания ($D_{пр}$), разделить на общую массу продуктов, в которых может содержаться это вещество. Для ориентировочных расчетов принимают, что в сутки человек потребляет в среднем примерно 0,9 кг продуктов растительного происхождения.

3.1.5. Расчетные методы определения временных допустимых концентраций химических веществ

Для ликвидации диспропорций между поступлением новых химических веществ и количеством разрабатываемых гигиенических нормативов в санитарное законодательство наряду с ПДК введены временные ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) или ориентировочно допустимые уровни (ОДУ), временно допустимые концентрации (ВДК). Обоснование таких временных нормативов проводят с использованием ускоренных экспериментальных и расчетных методов, а также по аналогии с ранее нормированными структурно близкими соединениями.

Расчетные методы получения временных нормативов основаны на установлении зависимости между физико-химическими свойствами соединений (молярная масса, температура кипения, давление насыщенного пара, коэффициенты распределения между различными фазами) и токсико-метрическими характеристиками. Используя достаточно репрезентативные исходные данные, получают математические зависимости, по которым и определяют ВДК.

Другим ускоренным методом установления временных нормативов является групповой метод. Он заключается в том, что для группы веществ одной химической природы, близких по структуре, физико-химическим и токсическим свойствам, на основе глубокого экспериментального изучения одного, наиболее типичного представителя данной группы, обосновывают ВДК для всех соединений данной группы.

3.1.6. Нормирование биологических загрязнителей в объектах окружающей среды

Биологическое загрязнение связано с привнесением в экосистемы и размножением чуждых им видов организмов или увеличением содержания организмов выше определенного уровня. Преимущественно они бывают представлены:

- патогенными микроорганизмами (бактерии и вирусы), условно-патогенными микроорганизмами антропогенного и зоогенного происхождения;

- паразитами (лямблии, дизентерийные амебы, аскариды и др.);
- непатогенными микроорганизмами-продуцентами биологически активных соединений;
- фитопланктоном, развивающимся в избыточном количестве в водоемах вследствие поступления в них большого количества питательных веществ, в основном нитратов и фосфатов.

Главный принцип, лежащий в основе регламентации биологических загрязнителей, относящихся к 1-й и 2-й группам, — принцип эпидемической безопасности (отсутствие возбудителей инфекционных заболеваний). С учетом этого принципа установлены нормативы качества питьевой воды, вод пресных и морских водоемов, используемых для рекреации, источников воды централизованного водоснабжения, плавательных бассейнов и сточных вод, нормативы микробиологического (санитарного) состояния почвы.

В качестве нормативного принят такой уровень микробного загрязнения водоема по различным индикаторным микроорганизмам, при котором патогенные бактерии и кишечные вирусы, как правило, не выделяются из воды водоемов в условиях их промышленно-бытового загрязнения и при обеззараживании спускаемых сточных вод.

Эпидемическая безопасность питьевой воды определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям. Колииндекс питьевой воды (число кишечных палочек в 1 дм³ воды) не должен превышать 3.

В поверхностных водоемах и грунтовых водах, являющихся источниками централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, основными нормируемыми показателями являются колииндекс и число сапрофитных бактерий в 1 см³. Колииндекс не должен превышать 5000 для поверхностных водоемов, имеющих неполный комплекс очистных сооружений или без него, и 10000 для водоемов, имеющих полный комплекс очистных сооружений. В грунтовых водах, подвергающихся обеззараживанию, колииндекс не должен превышать 10, не подвергающихся обеззараживанию - 3. В рекреационных водах, не используемых для хозяйственно-питьевых целей, колииндекс не должен превышать 5000.

Число сапрофитных бактерий не должно превышать $5 \cdot 10^6$ кл/мл.

Наличие паразитов, которые представлены кишечными патогенными простейшими (лямблии, дизентерийные амебы и др.), гельминтами (тенииды, власоглавы, аскариды и др.) и их яйцами, в питьевой воде и воде водоисточников не допускается. Для актиномицетов допускается единичная встречаемость.

Большую роль в распространении аэрогенных инфекций играет воздух закрытых помещений, в первую очередь больничных. Нормативы микробного загрязнения воздуха закрытых помещений установлены только для операционных блоков и родильных домов.

Наиболее интенсивное микробное загрязнение почвы связано с использованием хозяйственно-бытовых сточных вод на сельскохозяйственных полях орошения. В почве нормируется содержание патогенных микроорганизмов и паразитов по следующим показателям:

- титр термофильных бактерий;
- колититр (наименьшая масса почвы, в которой содержится одна кишечная палочка, г);
- титр бактерий клостридиум перфингенс;
- титр патогенных микроорганизмов;
- яйца и личинки гельминтов жизнеспособные, экз/кг почвы;
- личинки и куколки синантропных мух, экз/кг почвы.

Санитарное состояние почвы оценивают по ряду показателей, в том числе по так называемому санитарному числу, т.е. отношению содержания белкового азота к общему органическому.

Использование процессов микробиологического синтеза различных видов микроорганизмов (дрожжевых и плесневых грибов, актиномицетов, бактерий и др.) привело к возникновению качественно нового вида биологического загрязнения непатогенными микроорганизмами-продуцентами и продуктами их жизнедеятельности, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье рабочих предприятий микробиологической промышленности и население, проживающее в непосредственной близости от этих предприятий, в результате загрязнения атмосферного воздуха и воздуха производственных помещений, воды, почвы.

Показателями опасности действия непатогенных (не вызывающих у человека инфекционных процессов) микроорганизмов-продуцентов являются транзитное бациллоносительство (диссеминация во внутренних органах), специфическое влияние на им-

мунную систему (иммунотоксичность) и на нормальную микрофлору организма (дисбиотическое действие).

Величину ПДК устанавливают, исходя из лимитирующего порога хронического действия (иммунотоксического, дисбиотического, диссеминации микроорганизмов во внутренних органах). В основе установления пороговых концентраций лежит, как и при нормировании химических веществ, анализ зависимости доза - время - эффект. Максимальная величина ПДК микроорганизмов-продуцентов в воздухе рабочей зоны ограничивается 50000 млн кл/м³: в атмосферном воздухе - 5000 млн кл/м³.

Для микроорганизмов-продуцентов, конструируемых методом генной инженерии и содержащих рекомбинантные молекулы ДНК, в связи с отсутствием в настоящее время методики гигиенического нормирования таких штаммов выброс их в воздух рабочей зоны и объекты окружающей среды запрещен.

Процессы эвтрофирования водоемов сопровождаются бурным развитием в них фитопланктона, представленного в основном цианобактериями, которые в данном случае являются биологическими загрязнителями водного объекта. Цветение воды в водоеме начинается, когда количество биомассы фитопланктона в 1 м³ воды достигает 2,5...10 г, поэтому для водоемов установлено нормативное значение этого показателя - 10 г/м³.

Уровень эвтрофирования водоемов можно оценивать по стадиям цветения и по содержанию в планктоне хлорофилла. Нормативное значение этого показателя составляет 0,01 мкг/л. Используют и такой показатель, как фитомасса нитчатых водорослей. Она не должна превышать 2 мг/м².

3.1.7. Нормирование поступления загрязняющих веществ в окружающую среду

Рассмотренные ранее нормативы содержания загрязняющих веществ в различных средах (воде, воздухе, почве) служат основой для установления нормативов поступления загрязняющих веществ в окружающую среду от конкретных источников загрязнения - предельно допустимого выброса (ПДВ) и предельно допустимого сброса (ПДС).

ПДВ - масса вещества в отходящих газах, максимально допустимая к выбросу в атмосферу в единицу времени, устанавливаемая

из условия, что содержание загрязняющего вещества в приземном слое воздуха от источника или совокупности источников не должно превышать нормативов качества воздуха (ПДК) для населения, животного и растительного мира. Основные значения ПДВ - максимальные разовые, контрольные - устанавливаются при условии полной нагрузки технологического и газоочистного оборудования и их нормальной работы и не должны превышать в любой 20-минутный период времени.

ПДС - масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте; ПДС - лимит по расходу сточных вод и концентрации содержащихся в них примесей - устанавливается с учетом ПДК веществ в местах водопользования (в зависимости от вида водопользования), ассимилирующей способности водного объекта, перспектив развития региона и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды.

ПДВ и ПДС устанавливают для каждого источника выброса и сброса и в целом для предприятия. Эти расчетные величины определяют по специальным формулам или посредством использования соответствующих компьютерных программ.

Каждое предприятие должно иметь согласованный с уполномоченным местным органом перечень предельно допустимых выбросов и сбросов. Главная городская организация на основе инвентаризации всех возможных выбросов загрязняющих веществ на определенной территории проводит расчет рассеивания их в атмосфере и водных источниках и составляет специальную картосхему, на которой выявляются зоны с превышением ПДК и источники, их формирующие. Затем устанавливают коэффициенты снижения выбросов и сбросов для предприятий-загрязнителей. Эту процедуру повторяют несколько раз, пока на всей контролируемой территории не будет достигнуто снижение содержания вредных веществ до безопасного уровня. Предприятия же рассчитывают нормативы ПДВ и ПДС для конкретных источников выбросов, исходя из условия достижения (соблюдения) установленной им квоты.

При расчетах учитывают фоновые концентрации вредных веществ в воздухе или в водоеме (Сф), т. е. должно соблюдаться равенство:

$$C + C_{\Phi} \leq \text{ПДК}. \quad (3.4)$$

Основной показатель, необходимый для установления ПДС, - концентрация вредного вещества в сточных водах, поскольку сам по себе объем стоков значения не имеет. Количество сбрасываемого со стоками загрязняющего вещества можно представить в виде произведения объема сбрасываемых сточных вод в единицу времени (или расхода сточных вод) в м³/ч на концентрацию в них загрязняющего вещества в г/м³, поэтому значение ПДС (г/с, г/ч, т/год) определяют как произведение наибольшего расхода сточных вод (обычно среднечасового - q , м³/ч) и разрешенной предельной концентрации вредного вещества в сточных водах ($C_{\text{пред}}$, г/м³):

$$\text{ПДС} = q_{\text{max}} C_{\text{пред}}. \quad (3.5)$$

В реальных условиях предприятие нередко не в состоянии по объективным техническим причинам выдержать установленные для него ПДВ и ПДС по всем загрязняющим ингредиентам. В подобных ситуациях вводят поэтапное снижение выбросов до значений, обеспечивающих ПДК. При этом на каждом этапе сокращения выбросов устанавливают временно согласованный выброс (ВСВ) и временно согласованный сброс (ВСС) с учетом наилучшей достигнутой технологии данного производства.

Кроме вредных веществ промышленные предприятия могут быть источниками и иных форм загрязнения (высоких уровней шума, вибрации, электромагнитного излучения и т.п.). В связи с этим санитарные нормы требуют отделять соответствующие предприятия от районов жилой застройки специальными свободными территориями, где не могут располагаться жилые и общественные здания. Такие территории вокруг предприятий называют санитарно-защитными зонами (СЗЗ). Они представляют собой массивы определенной протяженности и ширины, располагающиеся между предприятиями или источниками загрязнения и границами зон жилой застройки.

С 1981 г. расчет СЗЗ регламентируется ГОСТом, согласно которому каждое предприятие, где есть источники загрязнения, должно иметь санитарно-защитную зону. С этой целью все предприятия сгруппированы по отраслям в зависимости от совокупно-

сти продуцируемых ими вредных веществ или воздействий. Выделяют 10 таких групп. Например, добывающие предприятия, предприятия химической промышленности, металлургические заводы, тепловые электростанции и др. В пределах каждой группы различают пять классов предприятий по степени их опасности. В зависимости от класса опасности устанавливают нормативную ширину СЗЗ. Минимальные протяженности СЗЗ для предприятий I класса составляют 1000 м, II - 500, III - 300, IV - 100, V — 50 м. При установлении протяженности СЗЗ учитывают господствующие направления ветра, т.е. в зависимости от розы ветров зона может иметь неодинаковую протяженность в разных направлениях, но в любом случае - не ниже минимальной (нормативной).

Протяженность СЗЗ в каждом направлении от источника выброса рассчитывают по формуле:

$$L = LO/PQ, \quad (3.6)$$

где LO — нормативная ширина СЗЗ для данного класса предприятия; P — повторяемость ветров в данном направлении, %; Q — средневзвешенная повторяемость ветра для данного района, равная при 8-румбовой розе ветров 12,5 %.

3.2. Нормирование качества воды

Нормативы качества воды устанавливают в зависимости от назначения водоемов. В России по характеру водопользования и нормирования качества воды выделяют водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового, а также рыбохозяйственного назначения. ПДК устанавливают отдельно по каждой из этих категорий [20].

Для водоемов хозяйственно-питьевого назначения (водоемы первой категории) определяющими являются санитарно-гигиенические нормативы. Хозяйственно-питьевое водопользование включает все виды забора и подачи воды для нужд населения (централизованное и нецентрализованное водоснабжение), а также водоснабжение предприятий пищевой промышленности.

Культурно-бытовое водопользование включает все виды использования воды населением непосредственно в водном объекте (для купания и других видов отдыха и спортивных занятий).

Водоёмы рыбохозяйственного назначения служат для рыбо-разведения. Нормативы их качества направлены на защиту и сохранение обитающих в водоёме живых организмов и водной экосистемы в целом.

Для водоёмов выделяют 4 группы показателей качества воды:

А - органолептические показатели (запах, вкус и привкус, цветность, мутность, пенистость, образование на поверхности плёнок);

Б - гидрохимические показатели, к которым относят рН, содержание растворённого кислорода, минерализация (карбонаты и гидрокарбонаты; сульфаты, хлориды, сухой остаток, общая жесткость, катионы кальция и магния, натрия и калия), биогенные элементы (нитраты, фосфаты, аммоний, нитриты), фториды, железо общее;

В - содержание химических токсикантов;

Г - микробиологические показатели.

Нормирование химических веществ (определяющих как токсичность воды, так и органолептические и гидрохимические показатели) в питьевой воде и воде водоёмов имеет ряд особенностей.

1. Состав и свойства воды во всех водоёмах и водотоках как первой, так и второй категории должны соответствовать санитарно-гигиеническим нормам в специально установленных местах - контрольных створах, расположенных на определенном расстоянии от места выпуска сточных вод. В качестве контрольных створов принимают: для проточных водных объектов створ, расположенный на расстоянии не более чем 500 м ниже по течению от створа сброса, на непроточных водоёмах - на расстоянии 500 м в обе стороны от места сброса.

2. Для всех водных объектов (поверхностные и подземные воды, питьевая вода, вода систем горячего водоснабжения) устанавливают единые гигиенические нормативы (ПДК, ВДК, ОБУВ).

3.2.1. Нормирование химических веществ в водоёмах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения

Так как вода используется населением не только для питьевых нужд, приготовления пищи, личной гигиены, но и в хозяйственно-бытовых и рекреационных целях, при нормировании учитывают

непосредственное влияние химических веществ на организм теплокровных, а также на органолептические свойства воды и процессы самоочищения водоема. Поэтому при нормировании химических веществ в воде учитывают три показателя (критерия) вредного воздействия:

- органолептический, характеризующий влияние вещества на изменение свойств воды, определяемых органами чувств человека (вкус, привкус, запах, цвет, мутность, наличие пены и пленок и др.);

- общесанитарный, характеризующий влияние вещества на процессы самоочищения водоема (санитарный режим водоема);

- санитарно-токсикологический, характеризующий влияние вещества на организм лабораторных животных.

В основу нормирования (определения величины ПДК для водоема) положен лимитирующий показатель вредности (ЛПВ), под которым понимают наибольшее отрицательное влияние, оказываемое данным веществом в водоеме. Исследование каждого вещества обязательно проводят по всем трем показателям вредности. По каждому из них находят пороговую (органолептический, общесанитарный) и (или) подпороговую, или недействующую (санитарно-токсикологический) концентрацию. В качестве ПДК принимают минимальную из трех пороговых концентраций, а сам показатель вредности устанавливают как лимитирующий.

При наличии в воде веществ с одинаковым лимитирующим признаком вредности для них рассчитывают эффект суммации как сумму отношений их фактических концентраций к соответствующим ПДК, которая не должна превышать 1.

Заключительным этапом санитарно-гигиенического нормирования является оценка безопасности норматива для здоровья населения. Этот этап предусматривает комплексные гигиенические и медицинские натурные наблюдения условий жизни населения в районе, расположенном ниже по течению. В основе исследований лежит выявление зависимости между уровнем содержания вредных веществ в воде водоема и степенью опасности для здоровья или ограничения водопользования для культурно-бытовых нужд.

ПДК_{рх} (рыбохозяйственные ПДК) - это такие максимальные концентрации вредных веществ, при постоянном присутствии которых в водоеме не регистрируются случаи гибели рыб и кормовых для рыб организмов, не наблюдается исчезновения тех или

иных видов рыб, для жизни которых водоем ранее был пригоден, не заменяются ценные в кормовом отношении для рыб организмы на малоценные или не имеющие кормового значения, не происходит порчи товарных качеств обитающей в водоеме рыбы.

Другими словами, ПДК_{рх} - это максимальная концентрация загрязняющего вещества в воде водного объекта, при которой в водоеме не происходит последствий, снижающих его рыбохозяйственную ценность в ближайшее время и в перспективе или затрудняющих его рыбохозяйственное использование.

Для расчета максимальной недействующей концентрации исследуемого вещества используют пороговую концентрацию (ПК) для лимитирующего звена с учетом суммы коэффициентов запаса:

- а) по стабильности вещества (K_c) в воде;
- б) по степени накопления в гидробионтах (K_n);
- в) по степени накопления токсического эффекта ($K_{кум}$):

Выделяют четыре класса опасности веществ, загрязняющих водоемы:

- I чрезвычайно опасные загрязняющие вещества;
- II - высокоопасные загрязняющие вещества;
- III - опасные загрязняющие вещества;
- IV - умеренно опасные загрязняющие вещества.

В IV классе («экологическом») выделяют вещества, действие которых проявляется в изменении экологических условий в водоеме. При отнесении вещества к определенному классу опасности учитывают токсичность вещества по величине ПДК, мг/л, (I - 0,00001-0,0001; II - 0,0001-0,001; III - 0,001-0,01; IV - более 0,01).

Загрязнение воды и ухудшение ее качества связаны не только с присутствием в ней токсичных или дурнопахнущих веществ, но и с изменением физико-химических, биологических, микробиологических показателей, определяющих режим функционирования и экологическое состояние водного объекта (содержание растворенного кислорода, температура воды, pH, минеральный состав и др.).

Состав и свойства воды в створах водопользования ни по одному из принятых показателей не должны превышать установленных нормативов. При многоцелевом использовании водного объекта приоритетными являются более жесткие требования.

Нормирование качества сточных вод, используемых в сельском хозяйстве на сельскохозяйственных полях орошения. Сточные воды могут быть использованы на сельскохозяйственных полях орошения

только после специальной очистки и подготовки. Возможность и целесообразность использования сточных вод определяется их составом и свойствами, включая удобрительную ценность, а также зависит от геологических, гидрогеологических и климатических условий, рельефа местности, почвенного покрова, видового состава растений и других факторов.

Решение о возможности орошения сточными водами принимают в каждом конкретном случае органы по регулированию использования и охраны вод по согласованию с сельскохозяйственными органами и государственным санитарным надзором и ветеринарной службой.

Сточные воды, используемые на орошение, должны отвечать агро-мелиоративным требованиям, предъявляемым к поливной воде в целях получения высоких урожаев и качественной продукции, а также повышения плодородия почв. Степень очистки и доочистки поливной воды должна соответствовать требованиям безопасности.

3.2.2. Использование пресных вод

Все отрасли народного хозяйства в зависимости от того, как они используют водные ресурсы, подразделяют на две категории.

Водопользователи - это отрасли, которые используют водоемы для различных целей, но безвозвратный водозабор не ведут. К ним относят гидроэнергетику, водный транспорт, рыбное хозяйство, местные органы, использующие воду для целей и нужд населения, т.е. службы хозяйственно-питьевого потребления.

Водопотребители - это отрасли, которые берут воду из водоемов, причем часть ее используется безвозвратно. Крупнейшими водопотребителями являются теплоэнергетика (особенно АЭС), сельское хозяйство, а в промышленности - химическая и металлургическая.

Современный город с населением 1 млн человек потребляет в сутки 300 тыс.м³ воды, из которых 75...80 % превращаются в сточные воды.

Существует классификация пресных вод по целевому назначению (рис. 3.1).

Вода питьевая - вода, в которой бактериологические, органолептические показатели и показатели токсических химических веществ находятся в пределах норм питьевого водоснабжения.

Вода минеральная - вода, компонентный состав которой отвечает лечебным требованиям.

Вода промышленная - вода, компонентного состава и ресурсов которой достаточно для извлечения этих компонентов в промышленных масштабах.

Вода теплоэнергетическая - термальная вода, теплоэнергетические ресурсы которой могут быть использованы в любой отрасли народного хозяйства.



Рисунок 3.1 - Классификация природных вод по целевому назначению

Вода техническая - любая вода, кроме питьевой, минеральной и промышленной, пригодная для использования в народном хозяйстве. При этом различают:

- *хозяйственно-бытовые воды* - воды, используемые для бытовых и санитарно-гигиенических целей населением, а также прачечными, банями, столовыми, больницами и т.д.;
- *поливную воду*, используемую для орошения земель и полива сельскохозяйственных растений;
- *энергетическую воду*, используемую для получения пара и нагревания помещений, оборудования и сред, а также для охлаждения жидких и газообразных продуктов в теплообменных аппаратах, а твердых тел - непосредственно; может быть оборотной и подпиточной (добавочной).

Воду весьма часто используют для охлаждения жидких и газообразных продуктов в теплообменных аппаратах. В этом случае она не соприкасается с материальными потоками и не загрязняется, а лишь нагревается. В промышленности 65...80 % воды потребляется для охлаждения [54].

Технологическую воду подразделяют на средообразующую, промывочную и реакционную. Средообразующую воду используют для растворения и образования пульп, при обогащении и переработке руд, гидротранспорте продуктов и отходов производства; промывочную - для промывки газообразных (абсорбция), жидких (экстракция) и твердых продуктов и изделий, реакционную - в составе реагентов, при отгонке и аналогичных процессах. Таким образом, технологическая вода непосредственно контактирует с продуктами и изделиями.

Наиболее перспективный путь уменьшения потребления свежей воды - это создание оборотных и замкнутых систем водоснабжения, что позволяет в 10...50 раз уменьшить потребление природной воды [71]. Схема оборотного водоснабжения приведена на рис. 3.2.

Основные пути решения проблемы обеспечения чистой водой:

- очистка сточной воды от загрязнений;
- очистка пресной воды, поступающей к потребителю;
- оптимизация режима и регулирование качества воды в водных объектах.

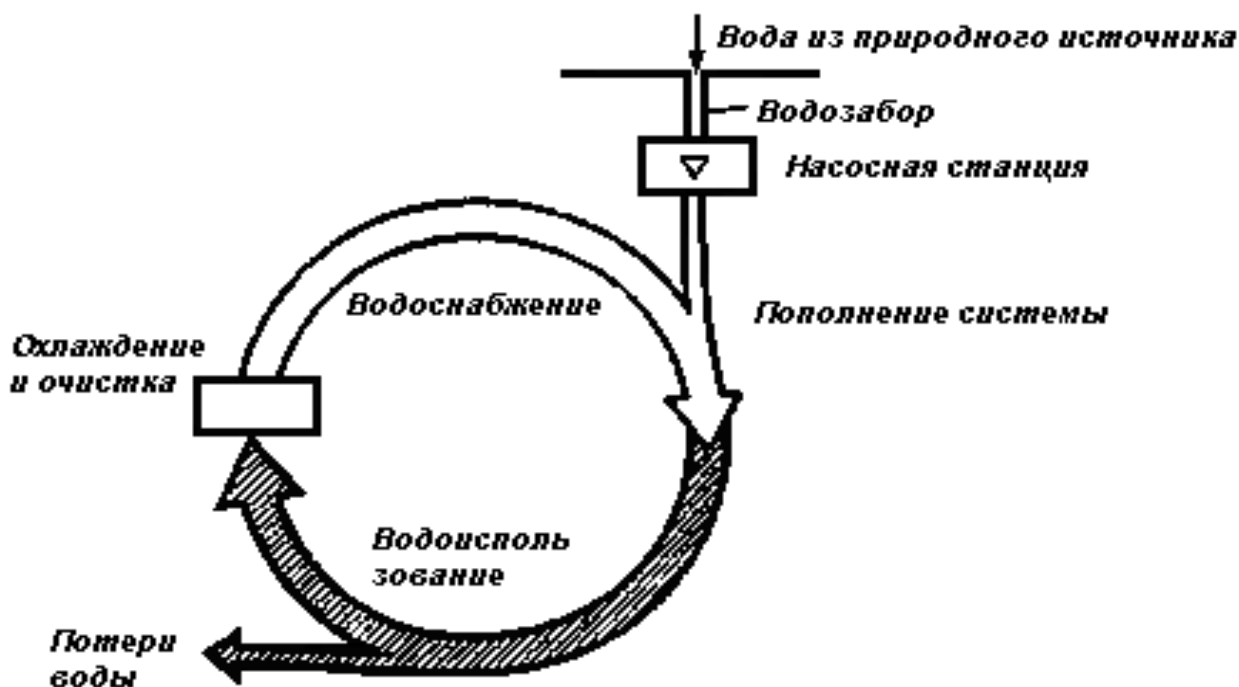


Рисунок 3.2 - Схема оборотного водоснабжения

3.2.3. Оценка качества воды

Качество воды - эта характеристика состава и свойств воды, определяет пригодность ее для конкретных видов использования. Выделяют следующие показатели воды, регламентированные соответствующими Документами: органолептические, гидрохимические, микробиологические, содержание химических токсинов.

Органолептические показатели - цветность, запах, вкус и привкус, мутность и пенистость, их определение обязательно при любом исследовании воды.

Гидрохимические показатели занимают значительное место в совокупности данных о состоянии водного объекта, при этом они могут быть определены полевыми или лабораторными методами. В число гидрохимических показателей качества воды, определяемых полевыми методами, входят водородный показатель (рН), растворенный кислород, минерализация (карбонаты и гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, сухой остаток, общая жесткость, катионы кальция и магния, натрия и калия), биогенные элементы (нитраты, фосфаты, аммоний, нитриты), фториды, общее железо. Интегральную оценку качества воды проводят обычно по гидрохимическим показателям несколькими способами.

При наличии данных о нескольких оцениваемых показателях можно рассчитать сумму приведенных концентраций параметров к ПДК (принцип суммации воздействий). При этом критерием качества воды является значение

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_{\phi i}}{ПДК_i} \leq 1, \quad (3.7)$$

где C_{ϕ} , - фактическая концентрация i -го вещества в воде водоема.

При наличии данных о достаточном количестве показателей можно оценить индекс загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывают как сумму приведенных к ПДК фактических значений показателей качества для основных загрязнителей воды:

$$ИЗВ = \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i} / 6, \quad (3.8)$$

где C_i , - среднее значение определяемого показателя за период наблюдений (при гидрохимическом мониторинге это среднее значение за год); ПДК, - предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества; 6 - строго ограниченное (лимитируемое) число показателей, используемых для расчета.

В качестве интегральной характеристики загрязненности поверхностных вод используют классы качества воды, которые установлены в зависимости от значения ИЗВ (табл. 3.2).

Таблица 3.2 - Характеристики интегральной оценки качества воды

| Индекс загрязненности воды | Класс качества воды | Оценка качества (характеристика) вод |
|----------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| Менее и равно 0,2 | I | Очень чистые |
| Более 0,2... 1 | II | Чистые |
| Более 1...2 | III | Умеренно загрязненные |
| Более 2...4 | IV | Загрязненные |
| Более 4...6 | V | Грязные |
| Более 6... 10 | VI | Очень грязные |
| Более 10 | VII | Чрезвычайно грязные |

Определение содержания химических токсинов (пестицидов, нефтепродуктов, тяжелых металлов, СПАВ и др.) повышает качество оценки, однако сопряжено с трудностями, так как для выполнения анализов требуются специальное лабораторное оборудование, сложные методики или приборы, высокая квалификация персонала и пр. Однако оценка качества воды по этой группе показателей или по некоторым из них в ряде случаев возможна, если использовать результаты анализов воды, полученные специальными службами - экологическими, санитарными, рыбохозяйственными и др.

Определение микробиологических показателей, установленных стандартами для питьевой и другой воды, связано с необходимостью проведения их в лабораторных условиях. Вместе с тем косвенные признаки микробиологического загрязнения можно обнаружить по наличию видимых следов разложения органических остатков, трупов животных, нечистот, впадения в водоем сточных канав и др. Фекальные загрязнения обычно содержат множество бактерий, среди них - патогенные цисты простейших паразитов, яйца гельминтов, микроорганизмы. Индикаторным видом микроорганизмов, указывающим на фекальные загрязнения, принято считать бактерии группы кишечной палочки (БГКП), типичным представителем которых являются *E.coli* (сами БГКП нетоксичны для теплокровных). Микробиологический показатель качества воды предусматривает определенное число БГКП в единице объема воды (не более 3 в 1 л).

3.2.4. Методы и средства защиты водных объектов от загрязнения сточными водами

Водоотведение сточных вод проводится по следующей схеме: сточные воды поступают в канализационную сеть - систему трубопроводов, каналов или лотков и сооружений для сбора и отведения сточных вод, откуда направляются непосредственно в водный объект или на станцию очистки сточных вод, а после нее - в водный объект. Станции очистки сточных вод могут быть централизованными и локальными.

Одна из основных задач водоохранной деятельности - не допустить ухудшения состояния окружающего водного бассейна, а также восстанавливать и эксплуатировать загрязненные водоемы.

Канализация имеет несколько видов. Если бытовые воды отводятся отдельно от других типов сточных вод (производственных и ливневых), то такая система канализации называется полностью раздельной. Если в единую канализационную сеть поступают бытовые, производственные и ливневые сточные воды, то такая система канализации называется смешанной. В зависимости от размеров жилых массивов, наличия промышленных объектов, состава и количества стоков, рельефа местности и других факторов сброс сточных вод может осуществляться по канализационным системам промежуточных типов: неполной раздельной или полураздельной. Например, при полураздельной системе в одну сеть сбрасывают бытовые и производственные стоки, а по другой отводят атмосферные. Систему канализации целесообразно выбирать с учетом санитарных и экономических факторов. Однако часто приходится иметь дело с системами канализации, сложившимися на протяжении длительного времени, при различной численности населения, изменяющейся структуре и удельном объеме промышленных объектов. Исправление и переделка уже существующих канализационных систем - очень сложное и дорогостоящее дело.

Количество производственных сточных вод определяется в зависимости от производительности предприятия по укрупненным нормам водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности.

Норма водопотребления - целесообразное количество воды, необходимое для производственного процесса, установленное на основании научно обоснованного расчета или передового опыта.

Норма водоотведения - это количество сточных вод, отводимых от промышленного предприятия в водоем, при целесообразной норме водопотребления. В укрупненную норму водопотребления входят все расходы воды на предприятии. Нормы водопотребления и водоотведения выражают в кубометрах воды на единицу готовой продукции или используемого сырья. Эти нормы расхода производственных сточных вод применяют при проектировании вновь строящихся и реконструкции действующих систем водоотведения промышленных предприятий. Укрупненные нормы позволяют дать оценку рациональности использования воды на любом действующем предприятии.

3.2.5. Обеспечение качества питьевой воды

Снабжение населения качественной питьевой водой осуществляется по схеме, показанной на рис. 3.3. Основным элементом водоснабжения является очистка воды.

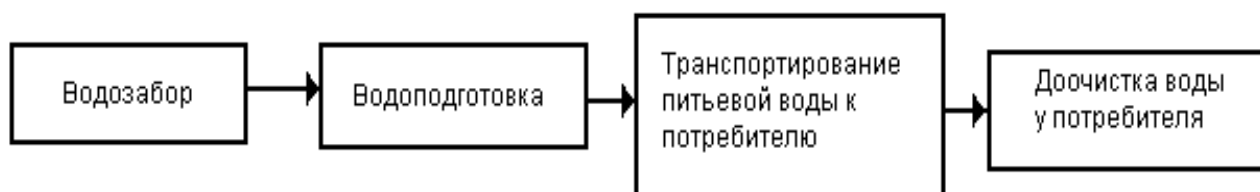


Рисунок 3.3 - Схема снабжения населения питьевой водой

Вредные примеси, которые встречаются в воде, обычно подразделяют на три категории. К первой относят неорганические химические вещества, в первую очередь такие, как арсенаты, нитрат-ионы, ионы фтора (в избыточных концентрациях), а также другие вещества, способные неблагоприятно влиять на здоровье человека (например, тяжелые металлы). Ко второй относят органические химические соединения, которые могут присутствовать в воде в растворенном виде и обладать канцерогенными свойствами (например, пестициды). К третьей относят микроорганизмы, вызывающие различные заболевания, такие, как тиф, холера, полиомиелит и др.

Основные элементы очистки воды:

- введение сульфата меди и последующая аэрация для удаления неприятных вкуса и запаха;
- первое хлорирование для удаления болезнетворных микроорганизмов;
- коагуляция и осаждение загрязнений из воды;
- фильтрование для удаления болезнетворных микроорганизмов;
- заключительное хлорирование для завершения уничтожения микроорганизмов.

Для предупреждения роста водорослей и водных растений в накопительные резервуары вводят сульфат меди (медный купорос). Далее воду подвергают аэрации (т.е. воздействуют на нее воздухом), разбрызгивая в воздухе с помощью рядов фонтанов или

пропуская через сетку. После аэрации в воду добавляют газообразный хлор для уничтожения болезнетворных микроорганизмов. Не растворяющиеся в воде мельчайшие взвешенные частицы, которые придают ей тот или иной цвет, называются коллоидными. Для удаления этих частиц из воды используют коагуляцию. На первом этапе коагуляции в воду добавляют либо сульфат аммония, либо железо, в результате в воде образуется хлопьевидная взвесь. Опускаясь на дно отстойника, она перемешивается со взвешенными в воде частицами и захватывает их. Осадок со дна отстойника удаляют скребками.

На многих водоочистных станциях в воду одновременно с сульфатом аммония или железа вводят небольшое количество активированного угля, который хорошо связывает коллоидные частицы, находящиеся в воде. Кроме того, обработка активированным углем не только обесцвечивает воду, но и значительно улучшает ее вкус и запах.

Пройдя через отстойник, вода фильтруется через слой песка, т.е. очищается от сравнительно крупных частиц, которые могут засорить фильтр, обеспечивающий эффективность следующего этапа очистки. Фильтрация через песок обеспечивает дальнейшее удаление частиц из воды, однако основное назначение фильтра - это захват и удержание бактерий, вирусов и других микроорганизмов. Периодически песок в фильтрах необходимо промывать для того, чтобы сохранить их способность эффективно задерживать микроорганизмы.

Несмотря на высокую эффективность песчаных фильтров для удаления из воды микробов и вирусов, полностью вода от них не освобождается. Дополнительный этап очистки - второе хлорирование воды - разрушает любые микроорганизмы, остающиеся после фильтрования через песок. Хлор также взаимодействует с аммиаком, который может содержаться в воде. Хлор добавляют в избытке по сравнению с уровнем, при котором погибают все микроорганизмы, а также уровнем, необходимым для взаимодействия с присутствующим в воде аммиаком. Это приводит к появлению Свободного (т.е. непрореагировавшего) хлора в растворе. Одна из причин того, что хлорирование - столь предпочтительная дезинфекция общественных источников воды, состоит в том, что этот избыточный, или остаточный, хлор обеспечивает быстрый и простой тест на его присутствие. Когда такой тест указывает на

присутствие в воде свободного хлора, можно быть уверенным, что любые новые микроорганизмы, попавшие в воду, также погибнут.

Следует отметить, что в результате хлорирования в воде может образоваться небольшое количество хлорированных углеводов, часть которых, как было установлено, обладает канцерогенными свойствами.

Одной из альтернатив хлорированию воды является ее обеззараживание с помощью озона. Озонирование, как и хлорирование, осуществляется просто путем контакта воды с газом. В отличие от хлорирования, при котором хлор может соединяться с углеводами, содержащимися в воде, при озонировании хлорированных углеводов не образуется; наоборот, озон может разрушать присутствующие в воде углеводороды, окисляя их. Более того, озон сам по себе эффективен при обесцвечивании воды и не создает постороннего привкуса и запаха. Однако при озонировании в обработанной воде не остается никаких следов свободного озона, даже если он добавляется в количестве, избыточном для обеззараживания воды и окисления вредных соединений. А это означает, что невозможно быстро удостовериться в полном уничтожении всех содержащихся в воде бактерий и вирусов, как это имеет место в случае хлорирования воды.

Тот факт, что при озонировании воды в ней отсутствует остаточный озон, серьезно препятствует его широкому применению. Другая причина - продукты реакции озона с органическими веществами, содержащимися в воде, до сих пор не идентифицированы, хотя были обнаружены альдегиды и другие простые органические соединения. Однако, придя к потребителю, водопроводная вода теряет свое качество из-за коррозии металлических труб, а также из-за застоя в водопроводной сети. Поэтому широко применяют доочистку воды с помощью бытовых фильтров коллективного или индивидуального пользования.

3.2.6. Методы определения показателей качества воды

При выполнении анализа визуальным, органолептическим и турбидиметрическим методами (определение запаха, вкуса, цветности, мутности/прозрачности, концентрации сульфат - анионов) выполняющий анализ должен уметь корректно определять вкус, за-

пах, цвет, степень мутности, используя собственные вкусовые ощущения, обоняние и зрение [71].

Учитывая субъективный характер оценки, при анализе органолептическими методами целесообразно предложить выполнить анализ также и другому человеку (эксперту). Сопоставив мнения нескольких экспертов по поводу одного и того же образца, можно сделать более обоснованный вывод по результатам анализа.

Колориметрическим (от английского *colour* - цвет) называется метод анализа, основанный на сравнении качественного и количественного изменения потоков видимого света при их прохождении через исследуемый раствор и раствор сравнения. Определяемый компонент при помощи химического реагента переводится в окрашенное соединение, после чего измеряется интенсивность окраски полученного раствора. При измерении интенсивности окраски проб с помощью фотоколориметра метод называется *фотоколориметрическим*. Соответственно, при измерении интенсивности окраски визуальным способом (например, оценивая на глаз интенсивность окраски сравнительно с цветным образцом колориметрической шкалы) метод называется *визуально-колориметрическим*.

Интенсивность окраски является мерой концентрации анализируемого вещества. При выполнении анализа визуально-колориметрическим методом (рН, железо общее, фторид, нитрат, нитрит, аммоний, сумма катионов металлов) определение проводят в колориметрических пробирках с меткой «5 мл» либо в склянках с меткой «10 мл». В качестве колориметрических пробирок используют обычные пробирки из бесцветного стекла, имеющие внутренний диаметр $(12,8 \pm 0,4)$ мм. Пробирки могут иметь несколько меток («5 мл», «10 мл»), показывающих объем (и, следовательно, высоту), до которого следует наполнить пробирку анализируемым раствором (пробой), чтобы обеспечить подходящие условия для визуального колориметрирования. Обычно пробирки стараются подобрать одинаковой формы и диаметра, т.к. от этого зависит высота слоя окрашенного раствора. Аналогично подбирают и склянки для колориметрирования (обычно это аптекарские флаконы диаметром до 25 мм). Визуальное колориметрирование проводят как в вертикальном слое жидкости (глядя сверху через слой раствора), так и в проходящем свете.

Для упрощения визуального колориметрирования при анализах окраску раствора-пробы можно сравнивать не с эталонными рас-

творами, а с печатной контрольной шкалой, на которой образцы воспроизводят окраску (цвет и интенсивность) модельных эталонных растворов, приготовленных с соблюдением заданных значений концентрации целевого компонента.

За результат анализа при визуальном колориметрировании принимают то значение концентрации компонента, которое имеет ближайший по окраске образец контрольной шкалы либо модельного эталонного раствора.

Колориметрический метод анализа используется в тест-комплектах и тест-системах. При использовании тест-комплектов определение концентрации компонента может проводиться как способом визуального колориметрирования по контрольной цветной шкале, так и с помощью фотоэлектроколориметра (полевого или лабораторного).

Принцип действия тест-систем для контроля воды и водных растворов основан на впитывании раствора, содержащего анализируемый компонент, гидрофильной основой теста. Основа тест-системы (тест-полоска) помещена, как правило, между тонкими прозрачными полимерными пленками, что обеспечивает точную дозировку тестируемого раствора (впитывается строго необходимое количество раствора, после чего наступает насыщение и впитывание прекращается). Попавший таким образом на тест-полоску анализируемый компонент химически реагирует с находящимся на ней же аналитическим реагентом с образованием окрашенных соединений. При этом цвет и интенсивность окраски являются мерой концентрации компонента в тестируемом растворе.

Титриметрический метод анализа основан на количественном определении объема раствора одного или двух веществ, вступающих между собой в реакцию, причем концентрация одного из них должна быть точно известна. Раствор, концентрация вещества в котором точно известна, называется титрантом, или титрованным раствором. При анализе чаще всего титрант помещают в измерительный сосуд и осторожно, малыми порциями, дозируют его, приливая к исследуемому раствору до тех пор, пока не будет установлено окончание реакции. Эта операция называется титрованием. В момент окончания реакции происходит *стехиометрическое* взаимодействие титранта с анализируемым веществом, и достигается точка эквивалентности. В точке эквивалентности затраченное на титрование количество моль титранта точно равно и химически эк-

вивалентно количеству моль определяемого компонента. Точку эквивалентности определяют, вводя в раствор подходящий индикатор и наблюдая за изменением его окраски, либо контролируя какой-либо параметр раствора. При выполнении анализа титриметрическим методом (общая жесткость, карбонат, гидрокарбонат, хлорид, кальций) определение проводят в склянках или пробирках вместимостью 15...20 мл, имеющих метку 10 мл. В процессе титрования раствор перемешивают стеклянной палочкой либо встряхиванием.

Требуемые объемы растворов при титровании отмеряют с помощью бюреток, мерных пипеток или более простых дозирующих устройств: шприцев, калиброванных капельниц и др. Наиболее удобны для титрования бюретки с краном.

3.2.7. Способы очистки воды

Существуют различные способы очистки воды. Наиболее распространены способы, применяемые для доочистки и умягчения жесткой водопроводной воды: сорбция, ионообменный, электрохимический, обратного осмоса.

Самый распространённый способ дезинфекции воды – кипячение. Как показывают данные последних исследований, этот старинный способ действительно убивает бактерии, но одновременно при кипячении увеличивается концентрация нитратов, солей, тяжёлых металлов. Кроме того, некоторые неорганические загрязнения, содержащиеся в водопроводной воде, при кипячении не разлагаются.

Важно и то, что при кипячении в осадок выпадают кальций, натрий, магний, фтор и другие необходимые организму биогенные химические элементы, которые содержатся в воде в растворённом виде. Таким образом, вода становится мёртвой, отчасти бесполезной для организма, который лишается жизненно необходимых химических элементов. Особенно опасно это для детей – ведь от этого зависит их рост, правильное развитие, костеобразование. Болезни костеобразования (кариес, остеохондроз), болезни пищеварения, крови, смещение кислотно-щелочного баланса, зуб и т.д. – всех этих проблем можно было бы избежать употреблением «правильной», живой воды.

Существует еще один распространённый способ дезинфекции, который подразумевает использование хлора, но опасен для здоровья человека.

Сорбция. Под сорбционной очисткой воды обычно понимают концентрирование веществ на поверхности (адсорбция) или в объеме пор (абсорбция) твердого материала. Вещество, на поверхности или в объеме пор которого происходит концентрирование поглощаемого вещества, называют сорбентом, а само вещество - сорбатом [88]. Сорбционные явления основаны на физическом и химическом взаимодействии сорбата и сорбента. Физическая сорбция обусловлена силами молекулярного взаимодействия, в основном, дисперсионными. Последние возникают при сближении молекул материала сорбента и сорбируемого вещества и проявляются в упорядочении движения частиц вследствие взаимного притяжения.

Способность удерживать на поверхности молекулы зависит от свойств твердого тела, размеров его частиц, а также наличия на поверхности мельчайших пор и капилляров. Для сорбционной очистки воды используют множество материалов естественного и искусственного происхождения: активированный уголь, силикагель (пористая белая масса диоксид кремния SiO_2), цеолиты (минералы, близкие к полевым шпатам), различные глинистые породы (каолинит, тальк, гидрослюда и др.). Следует отметить, что чаще других применяют активированные угли. Это пористые твердые тела, пустоты которых соединены между собой так, что структура их напоминает структуру древесины. В настоящее время для сорбции из водных растворов используют гранулированные и порошкообразные угли, а также углеродные волокна.

Сорбционная очистка позволяет удалить загрязнения чрезвычайно широкой природы практически до любой остаточной концентрации. Так, этим способом удается извлечь из растворов более 99 % фенолов, 99 % бензола, 95 % пестицидов, 99,5 % хлороформа, 98 % свинца, 99 % меди, 99 % кадмия, 95 % веществ, придающих воде цветность, 90 % органического углерода. Таким образом, сорбция является практически универсальным методом очистки воды.

Ионнообменный. В основе этого способа лежит обратимая химическая реакция, при которой происходит обмен ионами, находящимися на поверхности твердой фазы, и ионами в растворе, так называемый гетерогенный ионный обмен. Имеются твердые вещества, которые содержат в своем составе подвижные ионы, способные обмениваться на ионы внешней среды. Они получили название ионитов. Особенно распространены ионнообменные смолы, получаемые на основе синтетических полимеров. Иониты делят на

две группы. Одни из них обменивают свои катионы на катионы среды и называются катионитами, другие обменивают анионы и называются анионитами.

Примером гетерогенного ионного обмена может служить устранение жесткости и обессоливание воды. Если пропускать воду через слой катионита алюмосиликата состава $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, то активные ионы натрия Na^+ в нем будут обмениваться на ионы кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} , содержащиеся в воде и придающие ей жесткость.

Таким образом, ионы кальция и магния переходят из раствора в катионит, а ионы натрия - из катионита в раствор, жесткость воды при этом устраняется.

Этот метод позволяет обеспечить высокую эффективность очистки воды от многих примесей: активного хлора, хлор- и фосфорсодержащих пестицидов, фенолов, железа, тяжелых и радиоактивных металлов. Так, этим способом удается извлечь из растворов 99 % свинца, 90 % кадмия, 90 % алюминия, 95 % железа, 98 % хлора.

Электрохимический метод очистки воды. Очистка воды с помощью электричества осуществляется в трех камерах установки: анодной, каталитической и катодной, через которые последовательно проходит очищаемая вода. В качестве очистителей выступают окислители (хлор, кислород, озон и их производные), которые на доли секунды возбуждаются электричеством из химических соединений, присутствующих в исходной воде.

В анодной камере происходит уничтожение микроорганизмов всех видов и форм, микробных токсинов, фенолов и других органических соединений. Под воздействием окислителей они распадаются на простые нетоксичные вещества и, в частности, на воду и углекислый газ.

В каталитической камере продолжается процесс дальнейшего окисления органических соединений, и происходит разрушение вредных хлорных соединений. Из этой камеры выходит вода, насыщенная кислородом и практически лишенная растворенных соединений активного хлора.

В катодной камере под воздействием восстановителей происходит снижение токсичности воды, обусловленной наличием в ней ионов тяжелых металлов. Тяжелые металлы преобразуются в нерастворимые гидроксиды и незаряженные атомы.

Метод обратного осмоса. Осмос - диффузия вещества через

полупроницаемую перегородку (мембрану), разделяющую чистый растворитель (или загрязненную воду) и раствор (или чистую воду) и проницаемую только для растворителя [88]. Мембрана производит отбор: определенные вещества могут пройти сквозь нее, другие - нет. Обратный осмос - это явление, при котором при создании определенного давления в более концентрированном растворе (загрязненная вода) через полупроницаемую перегородку (мембрану) начинается обратный процесс прохождения растворителя от более концентрированного раствора к менее концентрированному, а растворенные вещества осаждаются на мембране. Так как молекулы воды относительно малы, они могут просочиться через эти поры, в то время как молекулы большей части примесей - не могут. Производительность мембран обратного осмоса прямо пропорциональна размеру (площади поверхности) используемой мембраны. Для отделения примесей методом обратного осмоса применяют водоочиститель «Nimbus 3». Такая очистка от примеси осуществляется на четырех ступенях.

Первая ступень - узел осадочного предварительного фильтра. Функция этого фильтра - удаление грязи и нерастворенных частиц, которые могут оказаться в воде. Осадочный фильтр расположен в основании предварительного угольного картриджа.

Вторая ступень - предварительный фильтр из активированного угля. Предназначен для адсорбции хлора, присутствующего в подаваемой воде, и позволяет использовать тонкопленочную мембрану (ТПМ). Он служит также дополнительным предварительным фильтром для нерастворенных твердых веществ.

Третья ступень - часть системы, содержащая спиральный элемент мембраны. Это обычная тонкая органическая пленка, которая позволяет некоторым ионам или веществам просачиваться, и в то же время препятствует прохождению других. На этой ступени из подаваемой воды выводится 85...95 % всех растворенных твердых веществ.

Четвертая ступень - окончательный фильтр из активированного угля, который предназначен для удаления всех оставшихся органических примесей.

Лабораторный метод определения показателей качества воды. Лабораторный стенд «Методы очистки воды БЖ 8м» (рис. 3.4) представляет собой стол лабораторный 1 оригинальной конструкции, выполненный в виде сборно-разборного металлического

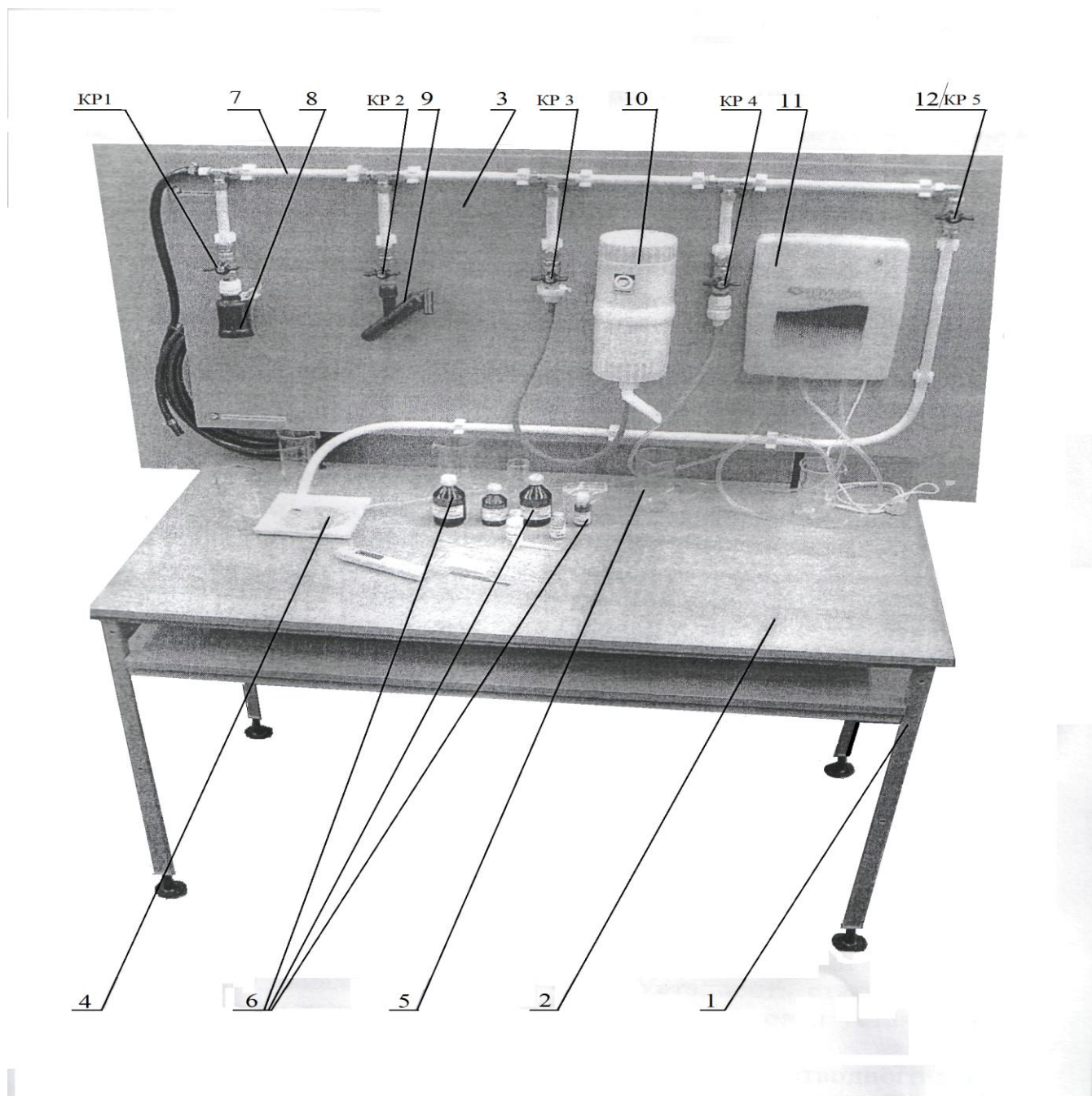


Рисунок 3.4 - Лабораторный стенд «Методы очистки воды БЖ 8м»

сварного каркаса, на котором установлена столешница 2 и вертикальная панель 3. На столешнице 2 установлена раковина сливная 4, которая соединена с системой канализации. На столешнице также размещены мерные стаканы 5 и НХС 6.

На вертикальной панели 3 закреплены гидросистема 7 для подвода воды, фильтры «Аквафор В300» 8, «Гейзер» 9, «Родник-ЗМ» 10 и установка очистительная «Изумруд-С» 11.

Гидросистема 7 имеет основную водную магистраль и пять от-

водных каналов подвода воды. На каждом из этих каналов установлены шаровые краны 12 (КР1, КР2, КР3, КР4, КР5). Фильтры и установки очистительные подсоединены к четырем каналам подвода воды, а пятый канал предназначен для отбора проб неочищенной водопроводной воды. Подвод воды к гидросистеме 7 осуществляется от системы водопровода холодной (питьевой) воды. Поэтому до начала выполнения лабораторной работы необходимо присоединить напорный шланг гидросистемы к крану системы водопровода холодной воды (магистральной водопровода), а шланг сливной раковины - к системе канализации помещения. Затем необходимо установить стаканы для отбора проб воды под выходные гибкие трубки фильтров и очистительной установки, а также под гибкую трубку пятого свободного отводного канала. После этого установка готова для определения эффективности очистки водопроводной воды.

Для оценки качества питьевой воды используют: НХС и карманный измеритель TDS. С помощью набора НХС производят контроль воды по наиболее актуальным химическим показателям: активному хлору, алюминию остаточному, железу общему, жесткости общей, рН, электропроводности. С помощью карманного измерителя TDS производят измерение концентрации солей твердых веществ в воде. В зависимости от размеров примеси в воде можно разделить на три вида.

Первая группа – это полностью растворимые вещества, которые находятся в воде в виде отдельных молекул или ионов, чьи размеры меньше размера атома. По внешнему виду эту воду обычно нельзя отличить от чистой, лишённой примесей. Присутствие таких веществ можно установить только с помощью химического анализа. В растворенном виде в воде присутствуют многие газы, соли натрия, калия, кальция, железа, марганца и т.д. С производственными выбросами в воду попадают соли тяжелых металлов (свинца, ртути, хрома и др.) и различные органические вещества. Талые и дождевые воды приносят с полей различные гербициды, пестициды, остатки минеральных удобрений. Удалить эти вещества при существующей схеме очистки на водопроводных станциях не удаётся.

Вторая группа – это примеси, образующие с водой так называемые коллоидные системы. Частицы этих примесей состоят из конгломератов молекул. Например, мыло в воде дает частицу, состоящую примерно из 50 молекул. Эти конгломераты настолько малы, что их можно увидеть только под электронным микроско-

пом. В таком состоянии в воде могут находиться вещества органического или минерального происхождения, а также вирусы.

Третья группа - это частички песка, глины, продукты жизнедеятельности живых организмов, бактерии. При отстаивании они оседают на дно сосуда. Примеси второй и третьей группы в основном удаётся удалить при очистке воды на водопроводных станциях.

Что касается тяжёлых металлов, химических соединений, фенолов, нефтепродуктов и других распространенных загрязнений, то очистительные системы не обеспечивают полной очистки от них воды.

Какую же питьевую воду можно назвать биологически (физиологически) полноценной? Очевидно, что, с одной стороны, концентрация химических компонентов такой воды не должна превышать предельно-допустимых норм. С другой стороны, для ряда химических соединений есть и нижний порог безопасности. Постоянное употребление воды с дефицитом кальция, магния, углекислоты, йода, фтора также неблагоприятно влияет на организм и влечёт развитие различных болезней. Например, дефицит фтора ведёт к развитию кариеса, а недостаток йода способствует возникновению заболеваний щитовидной железы.

За последние несколько десятилетий проблема загрязнения водных источников (озер, рек, грунтовых вод) стала очень острой. Загрязнение воды ядохимикатами с трудом выявляется из-за низкой концентрации. Вредные вещества способны накапливаться в организме, вызывая самые разные заболевания вплоть до рака. К ядохимикатам, в первую очередь, относят тяжелые металлы - свинец, олово, мышьяк, кадмий, ртуть, хром, медь, цинк. Ионы металлов растворяются в воде и, таким образом, попадают в организм и действуют на ферменты, подавляя их активность, вызывая тяжелые неврологические последствия.

Тяжёлые металлы опасны тем, что способны к биоаккумуляции. Поступая вместе с пищей и жидкостями, металлы удерживаются и накапливаются в теле, как в фильтре. Организм не может освободиться от тяжёлых металлов, так как они прочно связываются с белками. Биоаккумуляция усугубляется в пищевой цепи, и организмы, находящиеся на вершине пищевой пирамиды, имеют самые высокие дозы ядохимикатов. Эта доза может стать в сто тысяч раз выше, чем во внешней среде. Такое накопление вещества при прохождении через пищевую цепь называют биоконцентрированием.

ем. Эти процессы трудно заметить на ранних стадиях до достижения опасного уровня. При достижении опасного уровня практически невозможно исправить ситуацию.

Одними из важнейших загрязнителей среды являются соединения азота, поступающие в воздух, воду, почву. Медико-экологическую проблему составляют нитраты, нитриты, которые способствуют развитию многочисленных заболеваний.

Важным параметром воды является ее жесткость.

Жесткость воды есть совокупность свойств, обусловленная содержанием в ней ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Сумма концентраций этих ионов дает общую жесткость воды. Она складывается из карбонатной (временной) и некарбонатной (постоянной). По количественному содержанию ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} природная вода бывает мягкой (общая жесткость до 2 ммоль/л), средней жесткости (2... 10 ммоль/л) и жесткой (больше 10 ммоль/л) [16].

3.3. Нормирование загрязняющих веществ в почве

Принцип нормирования химических веществ в почве значительно отличается от принципов, положенных в основу нормирования их в водоемах, атмосферном воздухе и пищевых продуктах. Попавшие в почву химические вещества поступают в организм человека главным образом через контактирующие с почвой среды: воду, воздух и растения (в последнем случае по биологической цепи почва - растение - человек). Поэтому при нормировании химических веществ в почве учитывается не только та опасность, которую представляет почва при непосредственном контакте с ней, но и последствия вторичного загрязнения контактирующих с почвой сред [40].

Установление ПДК загрязняющих веществ в почве находится в первоначальной стадии, поэтому к настоящему времени установлены ПДК лишь для 30 вредных веществ, преимущественно ядохимикатов.

В связи с тем, что вредные вещества поступают в организм человека по пищевым цепям, установлены допустимые остаточные количества (ДОК) пестицидов в почве, пищевых и кормовых продуктах (табл. 3.3).

Таблица 3.3 - ПДК и ДОК некоторых веществ в почве

| Вещество | ПДК, мг/кг | ДОК, мг/кг |
|----------------------|------------|------------|
| Карбофос | 2,0 | 1,0 |
| Хлорофос | 0,5 | 1,0 |
| Прометрин | 0,5 | 0,1 |
| Полихлоркамфер | 0,5 | 0,1 |
| Гексахлорциклогексан | 1,0 | 1,0 |

Загрязнение почвы в условиях городов связано с образованием промышленных и бытовых отходов. В связи с этим санитарный контроль загрязнения почв осуществляется преимущественно органами санэпидслужбы. Эта служба проводит:

- предупредительный надзор за проектированием и строительством сооружений по очистке и обезвреживанию промышленных и бытовых отходов;
- текущий надзор за своевременным сбором и удалением промышленных и бытовых отходов, а также вторичного сырья.

Кроме указанных функций под контролем санитарной службы находится не только сбор, но и транспортирование отходов, согласование мест их захоронения, переработки.

3.3.1. Оценка степени опасности загрязнения почвы химическими веществами

Опасность загрязнения почвы химическими веществами определяется уровнем ее возможного отрицательного влияния на контактирующие среды (вода, воздух), пищевые продукты и непосредственно на человека, а также на биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения. Основным критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почвы вредными веществами является ПДК химических веществ в почве.

Для оценки опасности загрязнения почв выбор химических веществ, показателей загрязнения, проводят с учетом:

- специфики источников загрязнения, определяющих комплекс химических элементов, участвующих в загрязнении почв изучаемого региона;
- приоритетности загрязнителей в соответствии со списком ПДК химических веществ в почве и их классов опасности;
- характера землепользования.

При отсутствии в документах класса опасности химических веществ, приоритетных для почв обследуемого района, их класс опасности, может быть определен по следующей формуле:

$$J = \lg \frac{AS}{\alpha M}, \quad (3.8)$$

где A - атомный вес соответствующего элемента; S – растворимость в воде химического соединения, мг/ л; M - молекулярная масса химического соединения, в которое входит данный элемент; α - среднее арифметическое из шести ПДК химических веществ в разных пищевых продуктах (мясо, рыба, молоко, хлеб, овощи, фрукты).

Оценка опасности (гигиеническая оценка) загрязнения почв, используемых для сельского хозяйства, основана на транслокационном показателе, важнейшем при обосновании ПДК химических веществ в почве. Это обусловлено тем, что:

- с продуктами питания растительного происхождения в организм человека поступает в среднем 70 % вредных химических веществ;
- уровень транслокации определяет уровень накопления токсикантов в продуктах питания, влияет на их качество.

Существующая разница допустимых уровней содержания химических веществ по различным показателям вредности и основные положения дифференциальной оценки степени опасности загрязненных почв позволяют дать рекомендации по практическому использованию загрязненных почв.

Опасность загрязнения почв, используемых для сельского хозяйства, определяется в соответствии с данными, приведенными в табл. 3.4.

Оценка опасности загрязнения почвы населенных пунктов определяется:

- эпидемиологической значимостью загрязненной химическими веществами почвы;
- ролью загрязненной почвы как источника вторичного загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха и при ее непосредственном контакте с человеком;
- значимостью степени загрязнения почвы в качестве индикатора загрязнения атмосферного воздуха.

Таблица 3.4 - Оценка почв сельскохозяйственного использования, загрязненных химическими веществами

| Категория загрязненности почв | Характеристика загрязненности | Возможность использования территории | Предлагаемые мероприятия |
|-------------------------------|---|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| I-допустимая | Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК | Под любые культуры | Контроль уровня воздействия источников загрязнения почвы и доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений и т.п.) |
| II - умеренно-опасная | Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю | Под любые культуры при условии контроля их качества | Аналогичны мероприятиям категории I. При наличии веществ с лимитирующим миграционным водным или воздушным показателем контроль содержания этих веществ в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных источников |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------|---|--|---|
| III - высокоопасная | Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности | Под технические культуры. Использование под сельскохозяйственные культуры ограничено из-за растений-концентраторов | Кроме мероприятий, указанных для категории I, обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях-продуктах питания и кормах. При необходимости выращивания растений - продуктов питания рекомендуется их перемешивать с продуктами, выращенными на чистой почве. Ограничение использования зеленой массы на корм скоту с учетом растений-концентраторов |
| IV - чрезвычайно опасная | Содержание химических веществ превышает ПДК в почве по всем показателям вредности | Под технические культуры и лесозащитные полосы | Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль за содержанием токсикантов в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных источников |

Уровень химического загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения оценивают по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического вещества K_c и суммарный показатель загрязнения Z_c , равный сумме коэффициентов концентраций химических элементов:

$$Z_c = \sum_i^n K_{ci} - (n - 1), \quad (3.9)$$

где n - число суммируемых элементов.

Оценку опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю Z_c , отражающему дифференциацию загрязнения воздушного бассейна городов как металлами, так и другими наиболее распространенными ингредиентами (пыль, оксид углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид), проводят по оценочной шкале, приведенной в табл. 3.5.

Таблица 3.5 - Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения Z_c

| Категория загрязнения почв | Значение Z_c | Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения |
|----------------------------|----------------|---|
| Допустимая | Менее 16 | Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений |
| Умеренно опасная | 16...32 | Увеличение уровня общей заболеваемости |
| Опасная | 32...128 | Увеличение уровня общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы |
| Чрезвычайно опасная | Более 128 | Увеличение уровня общей заболеваемости детского населения, женщин с нарушением репродуктивной функции (увеличение токсикозов беременности, числа преждевременных родов) |

Градации оценочной шкалы разработаны на основе изучения показателей состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв.

3.4. Отходы производства и потребления, их нормирование

В процессе производства, хозяйственной деятельности, в быту образуются отходы. Ежегодно в биосферу, в основном в литосферу, поступает до 30 млрд т всех видов отходов. Их большое количество снижено с несовершенством современных технологий. По некоторым данным, на производство конечной продукции расходуется не более 7 % добываемого сырья. Анализ тенденций развития современ-

ного хозяйства показывает, что число отходов удваивается каждые 10... 12 лет. Проблема утилизации и ликвидации отходов для современной цивилизации - одна из самых важных проблем выживания.

Твердые отходы, возникающие непосредственно при производственной деятельности человека, всегда можно рассматривать как потенциальное вторичное сырье. Поэтому на первом этапе их принято делить на отходы производства и отходы потребления.

Отходами производства следует считать остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, образовавшиеся при изготовлении продукции и полностью или частично утратившие свои потребительские свойства, а также продукты физико-химической переработки сырья, получение которых не являлось целью производственного процесса и которые в дальнейшем могут быть использованы как готовая продукция после соответствующей обработки или как сырье для переработки.

Отходами потребления считают различного рода изделия, комплектующие детали и материалы, которые по тем или иным причинам непригодны для дальнейшего использования. Эти отходы можно разделить на промышленные и бытовые. К промышленным относят, например, металлолом, вышедшее из строя оборудование, изделия технического назначения из резины, пластмасс, стекла и др. Бытовыми отходами являются пищевые отходы, изношенные изделия бытового назначения (одежда, обувь и пр.), использованные изделия различного рода (упаковки, стеклянная и иные виды тары) и др.

Все виды твердых отходов производства и потребления по возможности использования можно разделить, с одной стороны, на вторичные материальные ресурсы, которые уже перерабатываются или переработка которых планируется, и, с другой — на отходы, которые на данном этапе развития экономики перерабатывать нецелесообразно и которые неизбежно образуют безвозвратные потери.

Дальнейшую классификацию твердых отходов производят, исходя из их влияния на окружающую среду, и прежде всего по медицинскому аспекту, который включает санитарно-гигиенические и экологические нормативы.

С помощью *санитарно-гигиенических нормативов* определяются показатели качества окружающей среды. В эту группу входят ПДК

вредных веществ в составе твердых отходов, допустимые уровни биологического и радиационного воздействия.

Экологические нормативы устанавливают требования к источнику вредного воздействия, ограничивая его деятельность. К ним относят предельно допустимые количества накопленных твердых отходов на территории предприятия, а также технологические правила, содержащие экологические требования. Утилизация и ликвидация отходов связаны с их состоянием, составом, характеристиками и токсичностью. В зависимости от состояния отходы делят на твердые (отходы металлов, пластмасс, пыли минерального и органического происхождения, шлак, бумага, ткани и пр.) и жидкие (шламы, осадки сточных вод после их обработки и пр.) [54].

По гигиеническому принципу, связанному со степенью опасности, вызванной токсичностью, отходы делят на шесть категорий (табл. 3.6). Более 50 % всех отходов относятся к категории I, а примерно 10 % - к категориям V и VI.

Таблица 3.6 - Классификация отходов по гигиеническому принципу

| Категория | Характеристика отходов по виду загрязнения | Рекомендуемые меры ликвидации или утилизации |
|-----------|--|--|
| I | Инертные | Использование для планировочных работ |
| II | Легко разлагающиеся органические | Складирование или переработка |
| III | Слаботоксичные, слаборастворимые в воде | Складирование |
| IV | Нефтемаслоподобные | Сжигание |
| V | Токсичные со слабым загрязнением воздуха | Складирование на полигоне промышленных и бытовых отходов |
| VI | Токсичные | Групповое или индивидуальное обезвреживание на специальных сооружениях |

Для решения проблемы утилизации и ликвидации отходов необходимо рассмотреть характер протекающих технологических процессов, следствием которых является образование отходов. Это рассмотрение базируется на изучении техногенных ресурсных циклов.

3.4.1. Классификация техногенных ресурсных циклов

В основу классификации видов техногенных ресурсных циклов положены основные этапы жизненного цикла продукции. Под жизненным циклом продукции понимают временной период с момента обоснования проведения исследований, связанных с созданием продукции, до перевода ее в отходы потребления в результате утраты ею потребительских свойств из-за физического или морального износа, а также после определенного срока хранения. В соответствии с таким пониманием это время можно разделить на четыре основных этапа: выявление природного ресурса, изготовление продукции, эксплуатация продукции или ее потребление, оперирование со вторичными материальными ресурсами, т.е. отходами производства и потребления (рис. 3.5).

Исходя из того, каким образом поступают с отходами производства, можно выделить три вида техногенных ресурсных циклов (ТРЦ): сквозной, оборотный и циркуляционный.



Рисунок 3.5 - Структурная схема техногенных ресурсных циклов

Сквозной технологический ресурсный цикл (СТРЦ). На входе они следовали принципу одноразового использования ресурсов, т.е. ка-

ждый раз, с началом нового цикла воспроизводства, в него вовлекались новые природные компоненты. Этот цикл был открытым и на выходе, так как отходы производства выбрасывались в окружающую среду. Таким образом, сквозной ТРЦ - это цикл, в котором вовлекаемые природные ресурсы, не входящие в состав предметов потребления, не используются вторично.

Накапливаясь в биосфере, отходы производства изменяют биогеохимические циклы и тем самым пагубно влияют на экологическую обстановку на локальном, региональном и глобальном уровнях.

Основными мероприятиями по экологизации СТРЦ на этапах производства продукции являются:

- на первом этапе, этапе выявления природного ресурса, - переход к широкому использованию возобновляемых ресурсов, особенно энергетических;
- на втором этапе, этапе изготовления продукции, - переход на ресурсосберегающие технологии (РСТ);
- на третьем этапе, этапе обращения с отходами производства, - уничтожение отходов путем сжигания (при этом практически полностью теряются вторичные материальные ресурсы), очистка отходов загрязнений и их складирование, захоронение токсичных отходов на специальных полигонах, очистка выбросов от экологически опасных веществ с последующим их надежным захоронением, выделение и перенос загрязняющих примесей из одного места в другое.

Не умаляя значения процессов очистки и важной роли построенных и эксплуатируемых очистных сооружений, есть все основания признать, что даже самые современные из них не гарантируют сохранения природных сред, например свойств воды и модных объектов.

Оборотный техногенный ресурсный цикл (ОТРЦ). В этом цикле выполняется улавливание веществ, участвующих в технологическом процессе и обычно попадающих в отходы, для их повторного использования в данном технологическом процессе. Здесь оборот веществ следует рассматривать как оборот непосредственного сырья и технологических сред, в качестве которых наиболее часто используют воду и атмосферный воздух. Поскольку объемы технологических сред значительно превышают объем сырья, то в первую очередь следует обеспечивать оборот первых.

Наиболее типичным примером такого цикла является оборотное водоснабжение, т.е. повторное использование большей части воды (после ее очистки и кондиционирования или без таковых) без поступления ее в природные циклы.

Циркуляционный техногенный ресурсный цикл (ЦТРЦ). Этот цикл объединяет процессы, совершаемые как бы по спирали в некоторой последовательности, при этом определенный участок спирали представляет собой жизненный цикл продукции, включая ее производство, потребление и переработку отходов производства и потребления во вторичное сырье, которое затем полностью или частично запускается в жизненный цикл, но другой продукции.

Преимущества ЦТРЦ:

- концентрация многих полезных компонентов во вторичных материальных ресурсах (ВМР), представляющих совокупность отходов производства и потребления, во много раз выше, чем в первичном природном сырье, что позволяет эффективно их перерабатывать в комплексное вторичное сырье;

- ВМР, как правило, образуются на урбанизированных территориях, обеспеченных транспортными магистралями и предприятиями, способными осуществлять их эффективную переработку.

Широкая переработка ВМР, с одной стороны, улучшает экологическую обстановку в регионе, а с другой - позволяет сберечь для будущих поколений запасы природных ресурсов, особенно невозобновляемых, и предотвратить разрушение природных ландшафтов, обладающих естественным саморазвитием.

Поскольку ЦТРЦ замкнуты не полностью, т.е. имеют место потери вещества, то для повышения их экологичности могут быть использованы методы, характерные для СТЦ.

Такой подход к ТРЦ более полно раскрывает суть современных экологических проблем. Во-первых, идеи о системном многоуровневом характере служат важнейшим методологическим ориентиром при разработке моделей для прогнозирования рационального природопользования. Во-вторых, ЦТРЦ является основой для оптимального регулирования отношений в системе «природа-общество», а также для прогнозирования тенденций развития биосферы.

3.4.2 Методы утилизации и ликвидации отходов

Основными направлениями использования промышленных твердых отходов являются:

- захоронения на полигонах и свалках;
- переработка конкретных твердых отходов по заводской технологии;
- совместное сжигание отходов химических производств с городским мусором;
- пиролиз и раздельное сжигание в специальных печах;
- использование отходов химических производств как готового материала для других технологических процессов.

Захоронение твердых отходов производств на полигонах и свалках, которое пока наиболее широко распространено у нас, можно рассматривать лишь как временную меру их утилизации, так как большая часть этих отходов подвергается разложению чрезвычайно медленно. При этом методе из сферы возможного полезного использования изымаются тысячи тонн ценного вторичного сырья. Особо вредные промышленные отходы принимают на полигон в герметически упакованных металлических контейнерах и захоранивают в глубоких котлованах.

Переработка твердых отходов производств по заводской технологии - наиболее оптимальный метод их использования. При всем разнообразии способов переработки общая схема процесса и применяемого при этом оборудования может быть представлена следующим образом.

Первая стадия - это сортировка отходов, отделение посторонних включений, таких, как ветошь, остатки бумажной и деревянной тары, металлических предметов и т.д.

Вторая стадия - измельчение - одна из наиболее ответственных в процессе. В результате одно- или двухстадийного измельчения материал приобретает размеры, достаточные для того, чтобы можно было осуществлять его дальнейшую переработку. На третьей стадии измельченный материал отмывают от загрязнений, а также еще раз отделяют от посторонних примесей. На четвертой и пятой стадиях высушенные измельченные отходы смешивают при необходимости со стабилизаторами, наполнителями и другими ингредиентами и гранулируют. Характер шестой стадии полностью обусловлен тем, какого рода отходы проходили предварительную

обработку. Пример переработки промышленных отходов приведен на рис. 3.6.

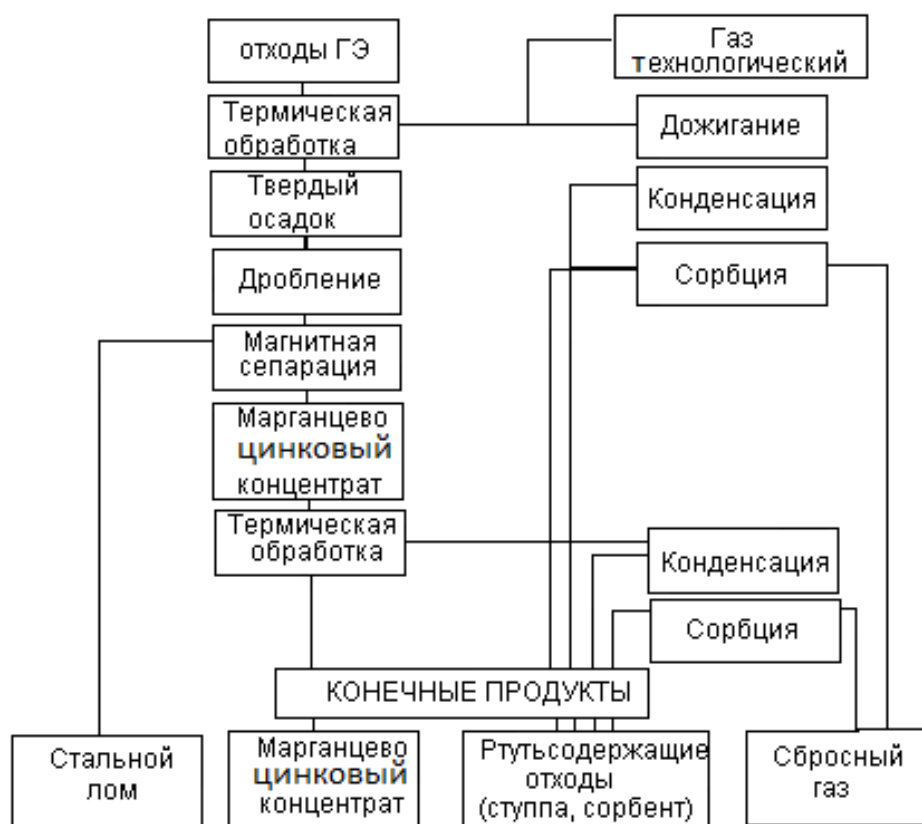


Рисунок 3.6 - Схема процесса демеркуризации отходов потребления и производства гальванических элементов (ГЭ)

Наиболее распространенный способ термического обезвреживания твердых отходов - сжигание.

Сбросы отходов в море производят с помощью трубопроводов (в виде пульпы), судов, барж, контейнеров, часто в непосредственной близости от берега, на мелководье, что наносит огромный ущерб биоресурсам моря.

Особое место занимает проблема утилизации твердых бытовых отходов (ТБО). Значимость этой проблеме придает то обстоятельство, что от эффективности этого процесса во многом зависит санитарное состояние практически всех населенных территорий, особенно городов. Для планирования переработки ТБО нужно знать их состав. Задача непростая, так как содержание компонентов различается по городам и характеризуется довольно интенсивной динамикой изменения состава во времени. В среднем в городах

нашей страны основные составные части ТБО таковы (в % по массе): бумага - 30...40 %, пищевые отходы - 30...40 %, металлы - 2...4 %, дерево- 1,5...3,0 %.

Одним из видов уничтожения ТБО является их сжигание в печах самых различных конструкций. Недостатком этого метода является не столько его высокая стоимость, сколько опасность вторичного загрязнения окружающей среды (в частности, атмосферного воздуха) токсичными веществами (например, диоксидами и фуранами).

Для планирования строительства мусороперерабатывающих заводов очень важна динамика изменения состава ТБО. Так, по мере роста содержания бумаги ТБО становится легче сжигать. А снижение доли пищевых отходов в ТБО до менее 20 % делает невозможным приготовление из них компоста. Дело в том, что компостирование - биохимический процесс, осуществляемый благодаря жизнедеятельности так называемых аэробных микробов (термофильных микроорганизмов). Эти микробы выделяют много теплоты, в результате ТБО разогреваются до 70 °С. При этом болезнетворные микробы гибнут, сырье перегорает, образуется компост. В естественных условиях этот процесс длится месяцами. На заводах, где измельченные ТБО постоянно перемешиваются, чтобы микробы имели требуемый им избыток воздуха, компостирование заканчивается за 2...3 дня. Но при снижении содержания пищевых отходов процесс резко замедляется и становится неэффективным.

Сложившаяся система обезвреживания ТБО основана на приоритетном захоронении большей части отходов на полигонах и неорганизованных свалках, занимающих более 40 тыс. га. На свалки нередко вывозят и токсичные отходы. При отсутствии необходимой гидроизоляции фильтрат с территорий полигонов и свалок проникает в почву, подземные воды, поверхностные водные объекты, отравляя источники водоснабжения. Из общего числа полигонов только некоторые отвечают санитарным требованиям. Большая часть сооружений для обезвреживания ТБО представляет значительную эпидемиологическую опасность.

Раздел 4. НОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ

4.1. Нормирование акустических загрязнителей

4.1.1. Воздействие шума на человека

Шум - случайное сочетание звуков различной интенсивности и частоты, мешающий, нежелательный звук.

Звук - упругие волны, распространяющиеся в упругой среде, колебания в среде, вызванные каким-либо источником.

Человеческое ухо воспринимает звуки в частотном диапазоне от 16 до 20 000 Гц. Звук с частотой ниже 20 Гц называют *инфразвуком*, а звук с частотой выше 20 000 Гц - *ультразвуком*.

На практике шум принято измерять и рассчитывать в октавных полосах частот со стандартными среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. Помимо информации о характере шума (высоко-, средне- и низкочастотный) спектр шума может дать представление о превышении нормы шума в данной измерительной точке [23,40].

Таблица 4.1 – Уровни звука (УЗ) в окружающей среде

| Источник шума, его месторасположение | УЗ, дБА | Расстояние, на котором измерен источник, м |
|--------------------------------------|-----------|--|
| Шум листвы при полном безветрии | 20 | — |
| Тихая сельская местность | 25...30 | — |
| Шепот | 40 | 0,3 |
| Обычный разговор в комнате | 50...60 | 1,0 |
| Легковой малолитражный автомобиль | 70 | 7,5 |
| Скоростной поезд | 75 | 100 |
| Звон будильника | 70...80 | 1,0 |
| Оживленная магистраль | 80...85 | 7,5 |
| Механический цех | 85...90 | - |
| Отбойный молоток | 100 | 1,0 |
| Симфонический оркестр | 110 | 10 |
| Обитаемое отделение танка | 110...115 | — |
| Взлет реактивного самолета | 120...125 | 100 |
| Взлет ракеты | 160...170 | 100 |

Шум в окружающей среде характеризуется изменениями во времени, что особенно характерно для различных транспортных средств.

4.1.2. Нормирование шума

Повышенный шум действует как на органы слуха (специфические изменения), так и на весь организм (неспецифические изменения). У человека, находящегося в условиях повышенного шума, через 5 лет слух ухудшается, а через 10 лет могут возникнуть неврит слуховых нервов и глухота. Неспецифическое воздействие шума проявляется в первую очередь в нарушениях нервной и сердечно-сосудистой деятельности. При длительном воздействии шума возрастает артериальное давление, появляются раздражительность, апатия, подавленное настроение. Возможны также ослабление памяти, замедление психических реакций, снижение темпа работы, ухудшение качества переработки информации и как следствие уменьшение производительности труда. Принято считать, что при увеличении шума на каждые 1...2 дБ (дБА) сверх нормативных значений производительность труда снижается приблизительно на 1%.

Степень вредного воздействия шума зависит от его интенсивности, спектрального состава, времени воздействия, местонахождения человека, характера выполняемой им работы и индивидуальных особенностей. Шум, уровень звука которого составляет 35...40 дБА, в ночное время является серьезным беспокоящим фактором при нахождении человека в квартире. Шум в 50...60 дБА создает ощутимую нагрузку на нервную систему, особенно если человек занимается умственной деятельностью. Шум в 70 дБА вызывает физиологическое воздействие, а при 85...90 дБА может привести к ухудшению слуха [57].

Принятые в нашей стране нормы шума основываются на спектральной и интегральной оценке, хотя за рубежом чаще применяют нормы, устанавливающие предельные уровни звука в дБА. Предельные уровни звука различны для разных стран и различных сред обитания человека.

Между нормировочной кривой, ограничивающей предельно допустимые уровни звукового давления (предельным спектром - ПС), и предельным уровнем звука существует простое соотношение:

$$L_{\text{Анорм}} = \text{ПС} + 5, \quad (4.1)$$

где $L_{\text{АМ}}$ - предельно допустимый уровень звука, дБА.

Нормы шума приведены в табл. 4.2 для ночного времени (с 23.00 до 07.00), для дневного времени (с 07.00 до 23.00) принята поправка +10 дБ (дБА)).

В зарубежных нормах, в частности Европейского союза, основным нормируемым параметром являются УЗ или эквивалентные УЗ, дБА:

Дневное время:

внутри здания 50

снаружи здания..... 55

Ночное время:

спальные помещения..... 30

снаружи здания..... 45

Таблица 4.2 - Нормы допустимых уровней звука в жилой застройке (СН 2.2.4/2.1.8.562-96)

| Территории | Допустимые УЗД, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими значениями, Гц | | | | | | | | | Допустимые и эквивалентные УЗ, дБА | Максимальные УЗ, дБА |
|--|---|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------------------------------------|----------------------|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | | |
| Непосредственно прилегающие: к зданиям больниц, санаториев к жилым домам, площадки отдыха | 76 | 59 | 48 | 40 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 35 | 60 |
| | 83 | 67 | 57 | 49 | 44 | 40 | 37 | 35 | 33 | 45 | 60 |
| Жилые помещения | 72 | 55 | 44 | 65 | 29 | 25 | 22 | 20 | 18 | 30 | 45 |

Допустимые значения УЗ в отечественных и зарубежных нормах в основном совпадают (например, шум вблизи зданий в дневное время ограничен 55 дБА).

Допустимые уровни звукового давления, уровня звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах и на территории предприятий представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 - Допустимые уровни звукового давления, уровня звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий

| Вид трудовой деятельности, рабочее место | Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами | | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ (А) |
|--|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|---|
| | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1. Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность: рабочие места в помещениях дирекций, проектно-конструкторских бюро; расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах. | 86 | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| 2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лабораториях: рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, лабораториях | 93 | 79 | 70 | 63 | 58 | 55 | 52 | 50 | 49 | 60 |

Продолжение табл. 4.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа: рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах. | 96 | 83 | 74 | 68 | 63 | 60 | 57 | 55 | 54 | 65 |
| 4. Работа, требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами: рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону: в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин. | 103 | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 75 |
| 5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.1...4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятия. | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

4.1.3. Средства и методы защиты от шума

Для снижения акустического загрязнения окружающей среды используют:

- замену шумных источников и технологий на малошумные;
- изменение направленности излучения шума источником;
- снижение шума по пути распространения от источника до защищаемого от шума места;
- комплекс средств защиты от шума в шумном агрегате, транспортном средстве;

- архитектурно-планировочные меры в жилой застройке;
- организационные мероприятия;
- улучшение качества воспринимаемого звука;
- новые акустические технологии.

Замена шумных источников на малошумные едва ли не самая кардинальная мера борьбы с шумом. Например, замена двигателя внутреннего сгорания на электродвигатель существенно снижает внешний шум автомобилей, строительных машин и др. Электромобиль почти на 15 дБА менее шумен, чем автомобиль с дизельным двигателем. Примером удачного использования малошумной технологии можно считать также погружение свай с помощью бурения, что позволяет снизить шум по сравнению с вибропогружением или ударным погружением на 30...40 дБА. Можно привести и другие примеры снижения шума в источнике образования. Например, шум, генерируемый шинами автомобиля при движении, может быть снижен на 3...4 дБА при замене асфальтового покрытия специальным покрытием с содержанием резины. Шум при качении колеса по рельсам можно ослабить на 8... 10 дБА, снизив волнообразный износ рельсов их шлифованием.

Ослабление шума в источнике обеспечивается уменьшением силового воздействия в источнике или звукоизлучающей способности элементов источника шума. В первом случае уравнивают вращающиеся части, увеличивают время соударения деталей, уменьшают зазоры в сочленениях и соединениях, а также частоту вращения, линеаризируют аэродинамические и гидравлические потоки, снижают скорость движения. Во втором демпфируют вибрирующую поверхность, излучающую звук, уменьшают площадь звукоизлучения, нарушают синфазность колебаний излучающей поверхности, увеличивают коэффициент потерь материалов, из которых изготавливают детали источника шума.

Снижение шума в окружающей среде изменением направленности излучения основано на том, что некоторые источники шума (в основном аэродинамического происхождения) неравномерно излучают шум в окружающее пространство. Показатель направленности, например, для реактивной струи может достигать 10...15 дБ, поэтому при направлении среза струи в сторону, противоположную защищаемому объекту, на это значение

может быть уменьшен шум в окружающей среде. Несколько меньший эффект (до 5 дБ) может быть достигнут при направлении, например, среза трубы для сброса воздуха или отверстия воздухозаборной шахты в сторону, противоположную жилому району.

Для снижения шума на пути распространения используют два принципа: защита расстоянием, которое обеспечивает затухание звука в пространстве, и установка на пути распространения сооружений, которые обеспечивают отражение звука. В частности, при удвоении расстояния от точечного источника звука, например, со 100 до 200 м или с 500 до 1000 м шум уменьшается на 6 дБА. Если источник шума протяженный, линейный (например, движущийся поезд), то на расстояниях, сравнимых с его длиной, действует закон снижения шума на 3 дБА при удвоении расстояния. Вблизи больших плоских источников заметного затухания звука не происходит. При больших расстояниях от источника действует первый принцип, т.е. снижение на 6 дБА.

Принцип защиты расстоянием осуществляют путем создания санитарно-защитной зоны (СЗЗ) между источником шума (железнодорожной или автомобильной дорогой, вентиляционной шахтой, строительной площадкой и т.д.) и жилой застройкой. В практике СЗЗ достигает 50...100 м, что зачастую явно недостаточно для снижения шума в жилой застройке до нормы. Так, шум интенсивного автотранспортного многополосного потока в дневное время достигает 80...85 дБА на стандартном расстоянии 7,5 м. Автотранспортный поток (АТП) - линейный источник звука, поэтому его затухание равно три дБА при удвоении расстояния. Нетрудно подсчитать, что на расстоянии 100 м (при отсутствии зеленых насаждений и сооружений на пути распространения) шум АТП снижается приблизительно до 70...75 дБА при норме 55 дБА, т.е. требуемое дополнительное снижение шума составляет 15...20 дБА.

Основной конструкцией, снижающей шум на пути от источника до защищаемого объекта (жилого района), являются акустические экраны (АЭ) или иные сооружения, которые могут дать экранирующий эффект, например дома, стенки, выемки, зеленые насаждения.

Принцип работы акустического экрана основан на создании зоны звуковой тени за ним в результате частичного отражения звука от его поверхности. Эффективность АЭ или экранирующего со-

оружения ухудшается из-за огибания звуковыми волнами (дифракции звуковых волн) препятствия между источником звука и защищаемым от шума объектом. Акустические экраны устанавливаются вдоль автодорог, железнодорожных магистралей, вблизи аэропортов.

Действие всех средств защиты от шума этих источников можно свести к трем основным принципам: отражение, поглощение звука (вибрации) или комбинированные (табл. 4.4).

По принципу действия средств шумовиброзащиты выделяют:

- *звукоизоляцию*, которая основана на отражении звуковых волн от плоской массивной протяженной преграды. Основные звукоизолирующие конструкции - звукоизолирующие капоты (кожухи), перегородки, кабины;

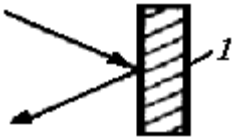
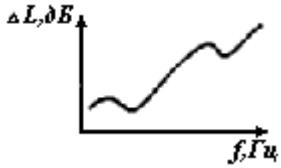
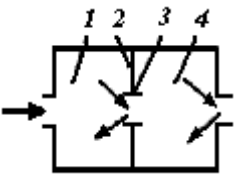
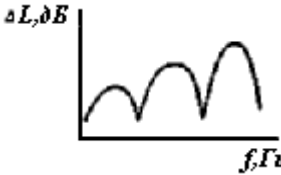
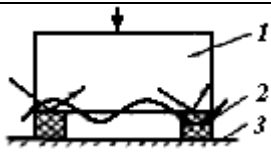
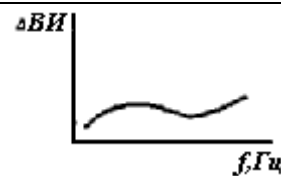
- *звукопоглощение*, которое основано на поглощении звуковых волн при их падении на плоскую, мягкую, пористую или волокнистую поверхность. Основная конструкция – звукопоглощающая облицовка в замкнутых объемах (помещениях, капотах и т.д.);

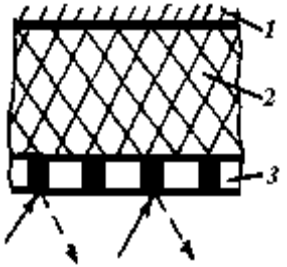
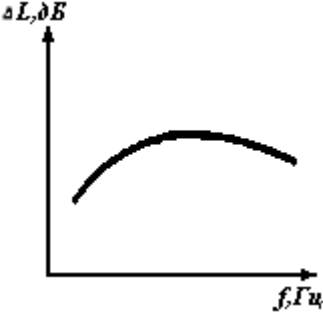
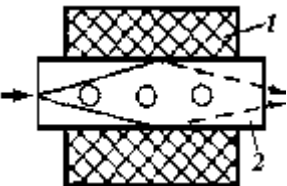
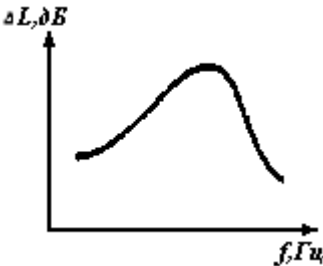
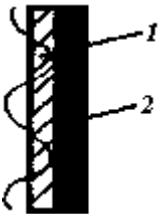
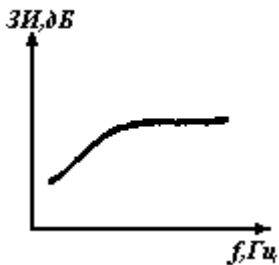
- *виброизоляцию*, которая основана на отражении вибрации в виброизоляторах (резиновых, резинометаллических, пружинных, пневматических);

- *вибродемпфирование*, основанное на поглощении вибрации в вибродемпфирующих покрытиях, которые снижают как амплитуду колебания демпфируемой пластины, так и ее звукоизлучение. Вибродемпфирующие покрытия бывают мягкими, жесткими и комбинированными.

Глушители шума также основаны или на отражении звуковой энергии (реактивные), или на ее поглощении (абсорбционные), или на их комбинации (комбинированные).

Таблица 4.4 - Классификация шумовиброзащитных конструкций

| Принцип шумоглушения | Шумовиброзащитная конструкция | Схема | Обозначения на схеме | Частотная характеристика шумопоглощения | Ориентировочная эффективность, дБА | Область применения |
|----------------------------|-------------------------------|--|--|--|------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Отражение звука (вибрации) | Звукоизолирующее ограждение |  | 1-стена, перегородка |  | 15...25 | Стены здания, перегородки, стены капота |
| | Реактивный глушитель |  | 1,4-расширительные камеры; 2-перегородки; 3-соединительная труба |  | 8...15 | Глушение шума выпуска (ДВС) |
| | Виброизолятор |  | 1-источник вибрации; 2-виброизоляторы; 3-основание (фундамент) |  | 5...10 | Виброизоляция ДВС, вентиляторов, компрессоров |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------------------|-------------------------------|--|--|--|--------|--|
| Поглощение звука (вибрации) | Звукопоглощающая облицовка |  | 1-ограждающая поверхность; 2-звукопоглощающий материал; 3-перфорированное покрытие |  | 3...5 | Облицовка потолка, стен в помещениях, облицовка АЭ и внутренних поверхностей капотов |
| | Абсорбционный глушитель |  | 1-звукопоглощающая набивка; 2-перфорированная труба |  | 5...10 | Установка в системах вентиляции, на всасывании ДВС, компрессоров |
| | Вибродемпфирующая конструкция |  | 1-металлический лист; 2-вибродемпфирующее покрытие |  | 3...8 | Покрытие протяженных вибрирующих конструкций (трубопроводов, ограждений) |

Продолжение табл. 4.4.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|------------------------------|---|---|---|---------|--|
| | Звукоизолирующий капот | | 1-звукопоглощающая облицовка; 2-источник шума; 3-звукоизолирующие экраны | | 8...18 | Корпус ДВС, компрессоров, редукторов |
| | Акустический экран | | 1-источник шум; 2-звукопоглощающее покрытие; 3-АЭ; 4-расчетная точка | | 5...15 | Элемент звукоизолирующего капота, защита на пути распространения звука |
| | Звукоизолирующая перегородка | | 1-металлический лист; 2-воздушный промежуток; 3-звукопоглощающий материал; 4-дополнительная звукоизоляция | | 25...45 | Снижение шума от источника в зданиях и помещениях. |

Эффективное использование перечисленных средств защиты от шума возможно только в комплексе. Например, для снижения наружного шума автомобиля применяют глушители на выхлопе и всасывании двигателя внутреннего сгорания (ДВС), звукоизолирующий капот на ДВС, установка АЭ на элементах капота и на шумящих агрегатах, установка двигателя на резинометаллических виброизоляторах, а также демпфирование металлических конструкций и пр. Такой комплекс защитных устройств позволяет ослабить шум на 20...25 дБА. В то же время опыт использования супершумозаглушенных передвижных компрессорных станций (ПКС) (именно к этим агрегатам предъявляют особенно строгие требования по шумоглушению) показывает, что в них внешний шум удается снизить до 30...35 дБА за счет дополнительных затрат, которые могут достигать 40 % стоимости агрегат.

К мероприятиям по снижению шума в окружающей среде можно отнести:

- запрещение звуковых сигналов (это позволило повсеместно снизить шум в городах до 10 дБА);
- контроль за шумностью в городах;
- ограничение времени и места движения грузовых автомобилей и мотоциклов;
- вынесение шумных предприятий из спальных зон;
- рациональную организацию движения транспортных потоков;
- запрещение работы шумных источников (например, громкоговорящей связи на сортировочных и грузовых станциях);
- регламентацию работы шумных источников (например, запрещение включать громкую музыку после 23.00).

Помимо этого, внедряется еще одно направление улучшения качества воспринимаемого звука - изменение его спектра на более приятный, маскировка неприятных звуковых сигналов и пр. Это предмет изучения бурно развивающейся науки, которая носит название психоакустика.

Новые технологии снижения шума. В зависимости от дополнительного источника шума все многообразные средства защиты от шума можно разделить на две большие группы: пассивные и активные.

К *пассивным* средствам относят те, в которых не используется дополнительный источник энергии. В *активных* средствах за-

действован дополнительный источник энергии, а принцип такой защиты от шума называется активной шумозащитой.

Активная шумозащита основана на хорошо известном явлении наложения звуковых волн с одинаковой частотой и амплитудой A в противофазе - *интерференции*, которая приводит к ослаблению амплитуды результирующей волны.

Звукоизолирующие конструкции. По назначению звукоизолирующие конструкции условно можно разделить на легкие и тяжелые. *Легкие* конструкции изготавливают из стали, пластика, дерева и предназначены они для ограждающих конструкций транспортных средств, строительных машин и установок, а также внутренних ограждений в зданиях. *Тяжелые* конструкции изготавливают из кирпича, бетона и используют для сооружения зданий. Расчет каждого из перечисленных видов конструкций имеет свои особенности.

Расчет тяжелых ограждающих конструкций, звукоизоляция которых в меньшей степени следует закону масс, выполняют графоаналитическим методом. Звукоизоляция увеличивается при создании двустенных конструкций, введении звукопоглощения в воздушный промежуток, вибродемпфировании металлических ограждающих конструкций.

Звукоизоляция ухудшается при наличии в ограждающей конструкции щелей, отверстий и проемов, которых следует закрывать или герметизировать.

Звукопоглощение применяют для снижения отраженной звуковой энергии в замкнутых помещениях и объемах. Эта мера направлена на снижение внутреннего шума, излучаемого ограждающими конструкциями в окружающую среду.

Эффективность звукопоглощения зависит от двух основных факторов: площади звукопоглощающих конструкций и эффективности звукопоглощающего материала.

Звукоизолирующие капоты. Капоты предназначены для снижения шума от отдельных источников и конструктивно выполняются в виде оболочки, со всех сторон закрывающей источник шума.

Конструктивно звукоизолирующие капоты выполняют полностью замкнутыми и с технологическим проемом (проемами). Наличие щелей, отверстий, проемов ухудшает эффективность капотов, поэтому для ее увеличения на проемы внутри капотов устанавливают акустические экраны, снижающие интенсивность излучения звука капотом, но обеспечивающие технологические функ-

ции (например, теплообмен). Эффективность капота также ухудшается, если на него беспрепятственно передается вибрация от источника. Во избежание этого источник шума (вибрации) устанавливают на виброизоляторы.

Акустические экраны. Акустический экран представляет собой преграду между источником шума и точкой наблюдения (расчетной точкой, жилым массивом). Только в отличие, например, от звукоизолирующей перегородки одна или несколько граней АЭ открыта (открыты) так, что через нее звук дифрагирует в РТ. В то же время за экраном создается зона звуковой тени, т.е. ослабления звука. Конструктивно АЭ представляет собой плоскость, за которой создается зона звуковой тени. Для увеличения эффективности АЭ облицовывают со стороны источника звукопоглощающим материалом.

Глушители шума. В зависимости от назначения различают глушители звука и шума газовых потоков. Основное отличие этих систем - отсутствие или наличие газового потока, проходящего через глушитель. В первом случае, как правило, применяют абсорбционные глушители, а во втором - реактивные, реактивные с резонансными элементами и комбинированные.

Конструкцию реактивных и комбинированных глушителей аэродинамических потоков подбирают в основном экспериментально.

В настоящее время достигнуты определенные успехи в снижении шума, особенно от транспортных средств, причем за последние 20...30 лет наметилась тенденция непрерывного снижения шума (с разной степенью интенсивности) в автомобилях, поездах, самолетах и др. Это можно проследить на примере автомобилей (табл.9.6).

Таблица 4.6 - Нормы внешнего шума автотранспорта в Европе, дБА

| Годы | Автотранспорт | |
|-------------|---------------|----------|
| | легковой | грузовой |
| 1976 - 1982 | 82 | 91 |
| 1982-1988 | 80 | 88 |
| 1988 - 1995 | 77 | 84 |
| После 1995 | 74 | 80 |

Как следует из таблицы, за 20 лет ужесточение нормативных требований по шуму составило 8...11 дБА, или в 2 раза по субъективному ощущению громкости. В действительности в лучших образцах автомобилей наблюдается даже большее снижение, чем это предписано нормативными документами. Для примера сравним фактические уровни шума (дБА) лучших образцов автомобилей, строительных машин и скоростных поездов:

| | |
|---------------------------|----------|
| Легковые автомобили..... | 70...72; |
| Грузовые автомобили | 77...79; |
| Строительные машины | 73...78; |
| Скоростные поезда | 75. |

4.1.4. Нормирование ультразвука и инфразвука

Ультразвук. По частотным характеристикам ультразвуковые колебания подразделяются:

низкочастотный ультразвук - 16-63 кГц;

среднечастотный ультразвук - 125-250 кГц;

высокочастотный ультразвук - 1,0-31,5 мГц.

Источники ультразвука: все виды ультразвукового технологического оборудования, ультразвуковые приборы и аппараты промышленного, медицинского, бытового назначения, генерирующие ультразвуковые колебания в диапазоне частот от 18 кГц до 100 мГц и выше. К источникам ультразвука относится также оборудование, при эксплуатации которого ультразвуковые колебания возникают как сопутствующий фактор.

По способу воздействия ультразвуковых колебаний на организм человека выделяют:

- **контактный способ** - при соприкосновении рук или других частей тела с источником ультразвука, обрабатываемыми деталями, приспособлениями, приборами, аппаратурой и т.д.
- **воздушный способ** - при воздействии через воздушную среду.

Вредное воздействие проявляется в функциональном нарушении нервной системы, изменениях кровяного давления, состава и свойств крови. Работающие жалуются на головные боли, быструю утомляемость, потерю слуховой чувствительности, расстройство сна, раздражительность. Возникают явления вегетативного полиневрита рук (реже ног) разной степени выраженности.

В соответствии с СанПиН 2.2.4./2.1.8.582-96 нормируемыми параметрами воздушного ультразвука являются уровни звукового давления в децибелах в октавных полосах со частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц. В этом диапазоне частот уровни звукового давления на рабочих местах не должны превышать 80...110 дБ.

Нормируемыми параметрами контактного ультразвука являются пиковые значения виброскорости или ее уровни в децибелах в октавных полосах частот с частотами от 16 до 31500 кГц, для которых ПДУ уровней виброскорости составляет 100...110 дБ.

Защита от действия контактного ультразвука состоит в исключении непосредственного контакта работающих с инструментом, жидкостями и изделиями: дистанционное управление источниками ультразвука, автоматическое отключение источников при загрузке и выгрузке изделий, приспособления для удержания источника ультразвука или предметов, которые могут служить в качестве твердой контактной среды. Для защиты рук необходимо применять рукавицы или перчатки (наружные резиновые и внутренние хлопчатобумажные). При систематической работе с источниками контактного ультразвука в течение более 50 % рабочего времени необходимо устраивать два регламентированных перерыва по 10...15 минут для проведения профилактических процедур (тепловых, массажа, ультрафиолетового облучения), а также лечебной гимнастики, витаминизации.

Вредное воздействие воздушного ультразвука может быть ослаблено локализацией источников звукопоглощающими кожухами. Защита может осуществляться с помощью экранов между оборудованием и человеком.

Лица, подвергающиеся в процессе трудовой деятельности воздействию контактного ультразвука, подлежат предварительным и периодическим медицинским осмотрам.

Инфразвук. По характеру спектра инфразвук подразделяют на:

- широкополосный инфразвук с непрерывным спектром шириной более одной октавы;
- тональный инфразвук, в спектре которого имеются слышимые дискретные составляющие.

Инфразвук вызывает чувство страха, потерю ориентировки в пространстве, вредно воздействует на сердечно-сосудистую систему.

В отличие от шума инфразвук нормируют только по уровню звукового давления (УЗД).

Наибольшую интенсивность инфразвуковых колебаний создают машины и механизмы, имеющие поверхности больших размеров, колеблющиеся с частотой менее 20 Гц (вентиляторы, компрессоры, дизельные двигатели и т.п.), а также турбулентные потоки газов и жидкостей. Нормы инфразвука приведены в табл. 9.4, где общий УЗД для измеряемого объекта - логарифмическое сложение значений, полученных для октавных полос частот.

Таблица 4.7 - Нормы инфразвука в окружающей среде

| Территория или помещения | УЗД, дБ, в октавных полосах частот, Гц | | | | Общий уровень звукового давления, дБ лин |
|-----------------------------|--|----|----|----|--|
| | 2 | 4 | 8 | 16 | |
| Территория жилой застройки | 90 | 85 | 80 | 75 | 90 |
| Общественные и жилые здания | 75 | 70 | 65 | 60 | 75 |

Вредное действие инфразвука зависит от интенсивности, частоты и длительности действия. При уровне инфразвука от 110 до 150 дБ и более он может вызывать у людей утомление, головную боль, изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательных системах, снижение слуха. В соответствии с СН 2.2.4./2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» уровни давления постоянного инфразвука на рабочих местах нормируются в пределах от 100 до 80 дБ. Для колеблющегося во времени и прерывистого инфразвука уровни давления на рабочих местах не должны превышать 120 дБ.

Защита от инфразвука осуществляется:

- путем устройства дистанционного или автоматического управления;

- снижением инфразвука в источнике его возникновения (путем уменьшения площадей плоских поверхностей машин и увеличением их жесткости);
- изменением режима работы технологического оборудования (увеличением его быстроходности);
- снижением скоростей истечения жидкостей;
- применением на пути распространения инфразвука глушителей.

Профилактические мероприятия включают: защиту временем (соблюдение режима труда к отдыха, запрещение сверхурочных работ, предоставление работающим дополнительных перерывов для отдыха); проведение периодических медицинских осмотров.

4.2. Нормирование воздействия вибрации

Под вибрацией понимают колебательные движения, при которых частицы колеблющегося тела или все тело периодически отклоняются в ту или иную сторону от положения устойчивого равновесия. Вибрация характеризуется амплитудой, частотой, скоростью или ускорением.

Вибрацию по способу передачи на человека подразделяют на:

локальную, передающуюся на руки работающего;

общую - передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека.

По источнику возникновения различают:

- локальную вибрацию от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием;

- локальную вибрацию от ручного немеханизированного инструмента (без двигателей);

- общую вибрацию 1-й категории - транспортную вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств;

- общую вибрацию 2-й категории - транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготов-

ленным поверхностям промышленных помещений, площадок, горных выработок;

- общую вибрацию 3-й категории - технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Воздействие вибрации на человека. Общая вибрация с частотой менее 0,7 Гц (качка) не приводит к вибрационной болезни. Общие вибрации с высоким уровнем виброскорости могут быть причиной профессионального заболевания: вибрационной болезни - стойких нарушений физиологических функций организма, обусловленных воздействием на центральную нервную систему, проявляющиеся в виде головных болей; плохого самочувствия; нарушения сердечной деятельности и функционального состояния щитовидной железы. Резкие толчки вызывают сильное перенапряжение позвоночника, что приводит к развитию радикулитов, а также заболеваниям желудочно-кишечного тракта.

Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов, которые распространяются на всю кисть, предплечье. При этом ухудшается снабжение конечностей кровью. Одновременно вибрация воздействует на нервные окончания, мышечные и костные ткани, что выражается в нарушении чувствительности кожи, отложениях солей в суставах кистей рук и пальцев. В связи с комбинированным воздействием вибрации и шума может нарушаться состояние слуха.

Вибрационную болезнь относят к группе профессиональных заболеваний, эффективное лечение которых возможно лишь на ранних стадиях. Быстрота развития вибрационной болезни зависит от интенсивности труда, времени воздействия вибрации в течение рабочего дня. Как правило болезнь развивается после 5-6 лет работы.

Нормирование вибрации. Нормируемые параметры вибрации регламентируют СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». При частотном анализе нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости и виброускорения или их логарифмические уровни в дБ.

Так, ПДУ виброскорости производственной локальной вибрации по всем осям при минимальной частоте 8 Гц составляет 115

дБ, при 1000 Гц - 109 дБ. Для общей вибрации 3-й категории технологического типа "а" при минимальной частоте 2 Гц уровень виброскорости - 108 дБ, при частоте 63 Гц - 92 дБ.

Методы и средства снижения вредного воздействия вибрации. Классификация методов и средств вибрационной защиты приведена в ГОСТ 12.4.046.

Организационные мероприятия включают:

- санитарный надзор за условиями труда;
- обучение безопасности труда и санитарное просвещение;
- обеспечение работающих необходимыми СИЗ;
- организацию режима труда и отдыха;
- обязательное расследование случаев вибрационной болезни.

Технические мероприятия по снижению воздействия вибрации:

- отстранение работающего от непосредственного контакта с вибрирующим оборудованием путем применения дистанционного управления, автоматизации и замены технологических операций;
- снижение вибрации в источнике возникновения за счет балансировки вращающихся частей;
- виброгашение путем установления виброгасителей;
- виброизоляция, препятствующая передаче вибрации от источника к защищаемому объекту с помощью виброизоляторов;
- применение ручных инструментов, отвечающих требованиям нормативов по вибрации.

Лечебно-профилактические мероприятия включают:

- предварительные и периодические медицинские осмотры;
- диспансеризацию рабочих виброопасных профессий;
- водные процедуры для рук;
- производственную гимнастику, массаж рук;
- витаминпрофилактику;
- ультрафиолетовое облучение.

4.3. Нормирование воздействия электромагнитных полей

4.3.1. Классификация электромагнитных полей

Искусственные источники создают электромагнитные поля (ЭМП) значительно больших интенсивностей, нежели естествен-

ные. Клинико-физиологическими и эпидемиологическими исследованиями установлено, что ЭМП искусственного происхождения играют определенную роль в развитии сердечно-сосудистых, онкологических, аллергических заболеваний, болезней крови, а также могут оказывать влияние на генетические структуры. При систематическом воздействии ЭМП вызывают выраженные изменения в состоянии здоровья населения, в том числе у лиц, профессионально не связанных с источниками ЭМП, причем эффекты воздействия слабоинтенсивных полей могут носить отдаленный характер. Отмечена высокая чувствительность и поражаемость нервной системы, хрусталика глаза, семенных желез у мужчин, выявлены нарушения функциональной регуляции всех звеньев эндокринного аппарата, нарушение липидного обмена и ряд других отклонений. Значительное число работ свидетельствует об отрицательном воздействии ЭМП на генетические структуры, клеточные мембраны, иммунную систему, гормональный статус.

Проблема электромагнитной безопасности приобретает в последнее время социальное значение. Ситуация осложняется тем, что органы чувств человека не воспринимают ЭМП, в связи с чем оценить степень опасности облучения без соответствующей аппаратуры практически невозможно.

Электромагнитные поля с частотой, равной нулю, называются *статическими* (электростатическими и магнитостатическими). В дальнейшем изложении будет использована электротехническая шкала источников ЭМП:

- низкочастотные (НЧ) - от 0 до 60 Гц;
- среднечастотные (СЧ) - от 60 Гц до 10 кГц;
- высокочастотные (ВЧ) - от 10 кГц до 300 МГц;
- сверхвысокочастотные (СВЧ) - от 300 МГц до 300 ГГц.

По *энергетическому спектру* различают ЭМП синусоидальные (монохроматические), модулированные, импульсные, флуктуационные (шумовые).

По *виду источника* принято разделять ЭМП от естественных источников, земных и внеземных, и ЭМП от искусственных (антропогенных) источников.

Отношение облучаемого лица к источнику облучения может быть профессиональным, т.е. связанным с выполнением производственных операций, и непрофессиональным (прочее население).

Отдельную группу составляют люди с имплантированными электронными кардиостимуляторами; в некоторых странах (например, в Германии) для этой категории населения разработаны специальные гигиенические стандарты.

При облучении тела различают общее облучение, когда воздействию электромагнитного поля подвергается все тело, и локальное (местное), когда электромагнитное поле воздействует преимущественно на какие-либо части тела.

По времени облучение может быть *постоянным* и *прерывистым*.

Естественные источники ЭМП разделяют на две категории: *земные* и *внеземные*. К первым относят электрические и магнитные поля Земли, атмосферные разряды, а также излучения живых организмов, ко вторым - излучения звезд, планет и галактик.

Электрическое поле Земли направлено нормально к земной поверхности, заряженной отрицательно относительно верхних слоев атмосферы. Напряженность электрического поля у поверхности Земли составляет 120...130 В/м и убывает с высотой примерно экспоненциально. Годовые изменения электрического поля сходны по характеру на всем земном шаре: напряженности максимальны (до 150...250 В/м) в январе-феврале и минимальны (100... 120 В/м) в июне-июле. Суточные вариации электрического поля в атмосфере определяются главным образом грозовой деятельностью.

Магнитное поле Земли имеет две пространственные составляющих: горизонтальная которая максимальна у экватора (20...30А/м) и убывает к полюсам (2...10А/м), и вертикальная, составляющая у полюсов 50...60А/м, уменьшаясь к экватору до пренебрежимо малого значения. На напряженность магнитного поля в конкретной точке влияют так называемые магнитные аномалии в некоторых районах Земли, а также излучения Солнца.

Частотный спектр *атмосферных разрядов* лежит в диапазоне от сотен герц до примерно 30 МГц. Максимум интенсивности находится вблизи 10 кГц. Данный вид ЭМП определяется электрическими грозовыми разрядами и полярными сияниями. Во время вспышек на Солнце интенсивность атмосферных разрядов увеличивается.

Электромагнитные поля искусственных источников. Любое техническое устройство, использующее либо вырабатывающее электрическую энергию, является источником ЭМП, излучаемых во внешнее пространство. Особенностью облучения в городских усло-

виях является воздействие на население как суммарного электромагнитного фона (интегральный параметр), так и сильных ЭМП от отдельных источников (дифференциальный параметр). Последние могут быть классифицированы по нескольким признакам, наиболее общий из которых - частота ЭМП.

Электромагнитный фон в городских условиях имеет выраженный суточный максимум от 10.00 до 22.00, причем в суточном распределении наибольший динамический диапазон изменения ЭМ фона приходится на зимнее время, а наименьший - на лето. Для частотного распределения ЭМ фона характерна многомодальность. Наиболее характерные полосы частот: 50...1000 Гц (до 20-й гармоники частоты 50 Гц) - энергоснабжение; 1...32 МГц - вещание коротковолновых станций; 66...960 МГц - телевизионное и радиовещание, радиотелефонные системы, радиорелейные линии связи.

Поверхности с электростатическим зарядом. Источниками электростатических полей в бытовых условиях могут быть любые поверхности и предметы, легко электризуемые при трении: ковры, линолеумы, лакированные покрытия, одежда из синтетических тканей, обувь. Кроме того, электростатический заряд накапливается на экранах электронно-лучевых трубок телевизоров, видео-терминалов, осциллографов. Напряженность электростатических полей в жилых зданиях может составлять до 20...40 кВ/м.

Воздушные линии электропередачи (50 Гц). Интенсивности ЭМП от данного источника во многом зависят от напряжения линии (110, 220, 330 кВ и выше). Средние значения на рабочих местах электромонтеров: $E = 5... 15$ кВ/м, $H = 1...5$ А/м; на маршрутах обхода обслуживающего персонала: $E = 5...30$ кВ/м, $H = 2...10$ А/м. В жилых зданиях, расположенных вблизи высоковольтных линий, напряженность электрического поля, как правило, не превышает 200...300 В/м, а магнитного поля - 0,2...2 А/м ($B = 0,25...2,5$ мТл).

Электрические сети жилых домов и бытовые приборы. Основными особенностями жилых помещений в России являются:

- малометражность комнат и кухонь, что вынуждает человека находиться вблизи электропроводки и электроприборов;
- наличие железосодержащих конструкций и коммуникаций, что, с одной стороны, ведет к искажению и ослаблению геомагнитного поля, с другой - создает эффект «экранированной комнаты» для размещенных внутри нее электроприборов.

Напряженности электрических полей вблизи протяженных проводов, включенных в сеть 220 В, составляют 0,7...2 кВ/м, вблизи бытовых приборов с металлическими корпусами (пылесосы, холодильники) - 1...4 кВ/м.

Высокочастотные и сверхвысокочастотные ЭМП. СВЧ-печи. Производимые в нашей стране и ввозимые из-за рубежа СВЧ-печи работают на частоте 2450 МГц. Колебательная мощность магнетронных генераторов подобных устройств зависит от емкости печи и может достигать 900-1000 Вт.

Излучение электромагнитной энергии в окружающее пространство обусловлено главным образом технологическими неисправностями и нарушениями (например, неплотно закрытые дверцы и зазоры в волноводных трактах). Проведенные измерения неисправных печей показали, что максимальное значение плотности мощности составляло до 100 мВт/см² на расстоянии 5 см от корпуса.

Новым направлением в производстве СВЧ-печей является использование полимерных ферромагнитных материалов, обладающих как поглощающими свойствами, так и механической эластичностью. Эти материалы позволяют обеспечить плотное прилегание жранирующего и радиогерметизирующего материала к корпусу или соединениям при высоком коэффициенте экранирования.

Радиопередающие устройства. Радиопередающие устройства, используемые для радиолокации, радионавигации и связи, работают в очень широком частотном диапазоне: от 9 кГц до сотен гигагерц. Мощности, излучаемые передающими антеннами, также весьма разнообразны.

Особым типом радиопередающих устройств являются радиотелефонные системы с сотовой структурой и бесшнуровые телефоны. Распространенными стандартами сотовой радиосвязи в нашей стране являются:

GSM-900 (диапазоны частот 890...915 и 935...960 МГц);

NMT-450 (диапазоны частот 453...457 и 463...467 МГц);

AMPS, AMPS-D (диапазоны частот: 824...849 и 869...894 МГц).

Выходная мощность базовых станций сотовой радиосвязи составляет до 100 Вт, современных передатчиков автомобильных станций — до 6 Вт, ручных радиотелефонов - до 2 Вт (с автоматическим управлением мощностью).

Режим облучения различных контингентов лиц имеет некоторые особенности по времени воздействия: лица, профессионально связанные с радиотелефонами (персонал станций, связисты, диспетчеры, работники дорожной инспекции, пожарной охраны), подвергаются облучению в течение рабочего дня, а непрофессиональные пользователи радиотелефонов - только во время телефонных переговоров, которые составляют, по данным исследований, не более 1,5 ч для 85 % этой группы лиц.

Бесшнуровые бытовые и офисные телефоны рассчитаны на весьма малый радиус действия, их излучаемая мощность не превышает 20 мВт, основные частоты 31...39, 46...49, 9 МГц. Не имеется каких-либо достоверных сведений о вредности для здоровья подобных систем связи.

Мониторы с электронно-лучевыми трубками персональных ЭВМ. Электронно-лучевые трубки (ЭЛТ) являются источниками электромагнитных излучений весьма широкого диапазона частот.

Порождаемое ЭЛТ низкочастотное, высокочастотное, инфракрасное, видимое световое, ультрафиолетовое и рентгеновское излучения требуют специального анализа и специфических защитных мероприятий.

Основными источниками электромагнитных полей в НЧ- и ВЧ-диапазонах являются:

- экран монитора (электростатические поля);
- питающие провода и системный блок (частота 50 Гц);
- система строчной развертки (диапазон частот 15... 130 кГц);
- система кадровой развертки (диапазон частот 50... 150 Гц).

Относительно недавно появившийся источник ЭМП - импульсный блок питания. Для уменьшения габаритных размеров и массы сетевого трансформатора в последних моделях частоту напряжения питания сначала повышают до 100...150 кГц, а затем трансформируют уже на этой частоте. Наиболее сильные уровни излучений наблюдаются от верхней и боковых стенок мониторов.

С позиции обеспечения электромагнитной безопасности требуют внимания ПЭВМ типа Notebook. В них отсутствует высоковольтный блок строчной развертки, и суммарное излучение практически полностью определяется импульсными блоками питания. Таких блоков несколько: сетевой адаптер, блок питания электроники, блок питания люминесцентной лампы, подсвечивающей изнутри плоский экран.

4.3.2. Нормирование параметров ЭМП

Нормативной базой в России являются санитарные правила и нормы, а также предельно допустимые уровни (ПДУ) для некоторых источников ЭМП. Среди зарубежных национальных организаций, работающих в области нормирования ЭМП, следует назвать:

- Институт американских национальных стандартов (ANSI);
- Британский национальный центр радиологической защиты (NRPB);
- Немецкий электротехнический союз (VDE).

Зарубежные нормативные документы базируются главным образом на тепловом действии ЭМП при наличии ограничений на эффекты микрошоков, судорожных сокращений мышц и др. Первичными нормируемыми параметрами являются токи и удельное поглощение в тканях, вторичными - интенсивности воздействующего ЭМП, приводимые к плотности потока мощности эквивалентной плоской волны. Такой подход позволяет непрерывно нормировать ЭМП во всем диапазоне - от статического поля до СВЧ.

Отечественные нормативные документы основаны на комплексе биоэффектов, помимо теплового (влияние на нервную систему, эффекты слабоинтенсивных воздействий, кумуляция биоэффектов при хроническом действии ЭМП и др.). Такой подход требует значительного объема медико-биологических исследований и не позволяет интерполировать результаты нормирования на другие частотные диапазоны.

Особую группу представляют нормативные документы для излучений видеодисплейных терминалов персональных ЭВМ.

Электростатические поля. Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля в жилых и нежилых помещениях не должен превышать 15 кВ/м. Такой же ПДУ установлен для телевизоров, видеомониторов, осциллографов, эксплуатируемых в бытовых условиях.

Электрические поля промышленной частоты (50 Гц). Напряженность электрического поля промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях (на расстоянии 0,2 м от стен и окон и на высоте 0,5...1,8 м от пола) не должна превышать 0,5 кВ/м.

Индукция магнитного поля промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях (на расстоянии 0,2 м от стен и окон и на высо-

те 0,5... 1,5 м от пола) не должна превышать 10 мкТл (временный норматив).

Электрическое и магнитное поля промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях оцениваются при полностью отключенных изделиях бытовой техники, в том числе - устройства местного освещения. Электрическое поле оценивают при полностью выключенном общем освещении, а магнитное поле - при полностью включенном общем освещении.

Напряженность электрического поля промышленной частоты 50 Гц на территории жилой застройки от воздушных линий электропередачи переменного тока и других объектов не должна превышать 1 кВ/м на высоте 1,8 м от поверхности земли.

Индукция магнитного поля промышленной частоты 50 Гц на территории жилой застройки от воздушных линий электропередачи переменного тока и других объектов не должна превышать 50 мкТл (временный норматив) на высоте 1,8 м от поверхности земли.

Измерять электромагнитные и электростатические поля следует на расстоянии $10 \pm 0,1$ см от изделий спереди, сзади и с боков (за исключением телевизионных приемников и видеомониторов телевизионных игровых автоматов). Для телевизионных приемников и видеомониторов телевизионных игровых автоматов при диагонали экрана менее 51 см (20 дюймов) измерения проводят на расстоянии $50 \pm 0,2$ см спереди, с боков и сзади на уровне центра экрана (при диагонали экрана свыше 51 см измерения проводят аналогично, но на расстоянии $1 \pm 0,02$ м), если инструкция по эксплуатации изделия не требует расположения пользователя на меньшем расстоянии.

Кроме того, существуют следующие ПДУ для электрических полей, излучаемых воздушными линиями электропередачи напряжением 300 кВ и выше:

- в населенной местности вне зоны жилой застройки, а также на территориях огородов и садов - 5 кВ/м;
- на участках пересечения высоковольтных линий с автомобильными дорогами 1-4-й категорий - 10 кВ/м;
- в населенной местности - 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения, - 20 кВ/м.

СВЧ-печи. Предельно допустимый уровень плотности потока энергии составляет 10 мкВт/см^2 для расстояний 50 см от любой точки корпуса печи.

Персональные ЭВМ и видеодисплейные терминалы. Для этого вида источников различают ВДУ ЭМП, которым ПЭВМ должна удовлетворять как продукция, и ВДУ ЭМП на рабочих местах.

В первом случае ВДУ ЭМП ПЭВМ не должны превышать значений, указанных в табл. 4.8.

Таблица 4.8 - ВДУ ЭМП, создаваемых ПЭВМ

| Параметр ПЭВМ | ВДУ ЭМП |
|--|---------|
| Напряженность электрического поля, В/м, в диапазоне частот: | |
| 5...2000 Гц | 25 |
| 2...400 кГц | 2,5 |
| Магнитная индукция, нТл, в диапазоне частот: | |
| 5...2000 Гц | 250 |
| 2...400 кГц | 25 |
| Электростатический потенциал экрана видеомонитора, В | 500 |

ВДУ ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах пользователей, а также в помещениях образовательных, дошкольных и культурно-развлекательных учреждений, представлены в табл. 4.9.

Таблица 4.9 - ВДУ ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

| Параметр ПЭВМ | ВДУЭМП |
|--|--------|
| Напряженность электрического поля, В/м, в диапазоне частот: | |
| 5...2000 Гц | 25 |
| 2...400 кГц | 2,5 |
| Магнитная индукция, нТл, в диапазоне частот: | |
| 5...2000 Гц | 250 |
| 2...400 кГц | 25 |
| Напряженность электростатического поля, кВ/м | 15 |

Приведенные ПДУ не распространяются на бытовые телевизоры и телевизионные игровые приставки; средства визуального отображения информации микроконтроллеров, встроенных в техноло-

гическое оборудование; ПЭВМ транспортных средств; ПЭВМ, перемещающихся в процессе работы.

На уровне ЭМП на рабочих местах пользователей ПЭВМ сильное влияние оказывают ЭМП промышленной частоты 50 Гц, излучаемые питающими электрическими сетями. В этой связи, если на обследуемом рабочем месте, оборудованном ПЭВМ, напряженность электрического поля и/или магнитная индукция в диапазоне 5...2000 Гц превышает значения, приведенные в табл. 8.5, следует проводить измерения фоновых уровней ЭМП промышленной частоты при выключенном оборудовании. Фоновый уровень электрического поля частотой 50 Гц не должен превышать ПДУ = 500 В/м. Фоновые уровни индукции магнитного поля не должны превышать значений, вызывающих нарушения требований к визуальным параметрам видеодисплейного терминала (яркость белого поля, неравномерность яркости рабочего поля, контрастность (для монохромного режима), временная нестабильность изображения (мелькание), пространственная нестабильность изображения (дрожание).

4.3.3. Мероприятия по защите от электромагнитных воздействий

Мероприятия по защите биологических объектов от ЭМП подразделяют на организационные, инженерно-технические, медицинско-профилактические и лечебные.

К основным организационным мероприятиям относят:

- нормирование параметров электромагнитных воздействий;
- периодический контроль облучаемости;
- рациональное размещение источников и приемников излучения (территориальный разнос);
- ограничение времени пребывания в ЭМП;
- предупредительные надписи и знаки.

Например, при пользовании радиотелефоном рекомендуется:

- ограничивать время пользования радиотелефоном (лучше использовать обычную проводную телефонную связь, а радиотелефон - только в экстренных случаях);
- пользоваться радиотелефоном в незранированных помещениях и на открытых площадках;
- плотно обхватывать трубку рукой;
- попеременно прикладывать трубку к левому и правому уху;

- иметь зазор между ухом и трубкой (при хорошем качестве связи).

Для минимизации вредных воздействий питающих проводов в жилых домах и бытового электрооборудования необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- не находиться рядом с проводами под напряжением;
- избегать свивания проводов в кольца, поскольку это увеличивает интенсивность излучения (эффект магнитного диполя);
- не оставлять вилку в розетке при выключенном приборе, поскольку в этом случае питающий провод становится дополнительным источником электрического поля;
- не размещать электроприборы в углах железобетонных комнат - в этом случае уровень излучения значительно возрастает («угловой отражатель»), это особенно относится к приборам, излучающим спектр частот: телевизорам, электронно-лучевым трубкам ПЭВМ.

Магнитные поля промышленной частоты могут быть ослаблены только толстостенными ферромагнитными экранами, что в бытовых условиях невозможно. В связи с этим рекомендуется пользоваться изделиями ведущих фирм-производителей (приборы излучают ЭМП существенно меньших интенсивностей), а также ограничивать по возможности время пребывания рядом со включенными приборами.

К основным инженерно-техническим мероприятиям относятся уменьшение мощности излучения непосредственно в источнике и электромагнитное экранирование. Экраны могут размещаться вблизи источника (кожухи, сетки), на трассе распространения (экранированные помещения, лесонасаждения), вблизи защищаемого человека (средства индивидуальной защиты - очки, фартуки).

Иногда необходимо совместное применение организационных и технических мероприятий. Например, для снижения воздействия электростатических полей рекомендуется:

- использовать мониторы ПЭВМ с антистатическим покрытием экрана либо с заземленными защитными экранами-фильтрами;
- выдерживать расстояние до телевизора с диагональю экрана до 36 см не менее 1 м и не менее 2 м - до телевизора с диагональю экран свыше 51 см;
- производить влажную уборку в жилых помещениях;

- использовать антистатические аэрозоли и бытовые ионизаторы воздуха.

Медико-профилактические и лечебные мероприятия предполагают:

- гигиенические и терапевтические мероприятия по лечению пострадавших от электромагнитного воздействия;

- предварительные (при поступлении на работу) и периодические (в процессе трудовой деятельности) медицинские осмотры работников, подвергающихся воздействию ЭМП в условиях производства;

- временный или постоянный перевод на другую работу отдельных категорий граждан (например, женщин в период беременности и кормления);

- распространение среди населения сведений о возможных биологических эффектах электромагнитных воздействий, о действующих стандартах и методах защиты.

4.4. Нормирование ионизирующих излучений

4.4.1. Источники излучений и единицы измерения

Ионизирующее излучение - это любое излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов разных знаков. По своей природе ядерное излучение может быть электромагнитным, как, например, гамма-излучение, или представлять собой поток быстро движущихся элементарных частиц - нейтронов, протонов, бета и альфа-частиц. Любые ядерные излучения, взаимодействуя с различными материалами, ионизируют их атомы и молекулы. Ионизация среды тем сильнее, чем больше мощность дозы проникающей радиации или радиоактивного излучения и длительное их воздействие.

Из всех возможных видов ионизации на производстве чаще всего встречается ударная ионизация, связанная с применением ионизирующих излучений для технологических целей и автоматизированного контроля качества выпускаемой продукции. Ионизирующими называют излучения, взаимодействие которых со средой приводит в конечном счете к ионизации атомов и молекул. К ионизирующим излучениям относят электромагнитное излучение и потоки частиц, электронов, позитронов, протонов, нейтронов и других заряженных и нейтральных частиц.

Источниками ионизирующих излучений являются промышленные аппараты для электронно-лучевой сварки, дефектоскопы, использующие радиоактивные вещества, стационарные и переносные рентгеновские аппараты, ускорители заряженных частиц и т.д. Ионизирующее излучение применяют в медицине, атомной энергетике и других отраслях промышленного производства [11]. Действие ионизирующих излучений на людей и животных заключается в разрушении живых клеток организма, которое может привести к различной степени заболевания, а в некоторых случаях и к смерти.

Альфа- излучение представляет собой поток ядер гелия с двумя положительными зарядами. Ионизирующая способность альфа-излучения в воздухе характеризуется образованием в среднем 30 тыс. пар ионов на 1 см пробега. Это очень много. В этом главная опасность данного излучения. Проникающая способность, наоборот, очень невелика. В воздухе альфа-частицы пробегают всего 10 см. Их задерживает обычный лист бумаги.

Бета- излучение представляет собой поток электронов или позитронов со скоростью, близкой к скорости света. Ионизирующая способность невелика и составляет в воздухе 40-150 пар ионов на 1 см пробега. Проникающая способность намного выше, чем у альфа-излучения, и достигает в воздухе 20 метров.

Гамма- излучение представляет собой электромагнитное излучение, которое распространяется со скоростью света. Ионизирующая способность в воздухе - всего несколько пар ионов на 1 см пути. А вот проникающая способность очень велика - в 50-100 раз больше, чем у бета-излучения и составляет в воздухе сотни метров.

Нейтронное излучение - это поток нейтральных частиц, летящих со скоростью 20-40 тыс. км/с. Ионизирующая способность составляет несколько тысяч пар ионов на 1 см пути. Проникающая способность чрезвычайно велика и достигает в воздухе нескольких километров.

Доза облучения. Степень лучевых (радиационных) поражений зависит от полученной дозы и времени, в течение которого человек подвергнулся облучению. Не всякая доза облучения опасна для человека. Вам делают флюорографию, рентген зуба, желудка, сломанной руки, вы смотрите телевизор, летите на самолете, проводите радиоизотопное исследование - во всех этих случаях подвергаетесь дополнительному облучению. Но его размеры настолько малы, что не наносят большого вреда.

Единицы измерения.

Поглощенная доза - величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу. В единицах СИ поглощенную дозу измеряют в джоулях, деленных на килограмм, и имеет специальное название - грей (Гр). Используемая ранее внесистемная единица 1 рад равна 0,01 гр.

Эквивалентная доза - поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения. Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Эффективная доза - величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты.

Эффективная доза (эквивалентная) годовая - сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год. Единица годовой эффективной дозы - зиверт (Зв).

Активность - мера радиоактивности. Единицей активности в системе СИ является беккерель (Бк).

Большая опасность ионизирующих излучений заключается в том, что они не обнаруживаются органами чувств человека. Человек в течение долгого времени может находиться под воздействием опасной радиации, не испытывая никаких неприятных ощущений. Воздействуя на живой организм, ионизирующее излучение может иметь вредные последствия: малокровие, лейкемия, злокачественные опухоли, снижение продолжительности жизни (табл. 4.10). В зависимости от условий облучения поражение может быть острым или хроническим. Могут возникать и генетические последствия (отдаленное воздействие на потомство).

Таблица 4.10 - Возможные последствия острого, однократного и многократного облучения человека в зависимости от дозы

| Доза облучения | Признаки поражения |
|----------------|---|
| 50 | При многократном облучении (10-30 суток) внешних признаков нет. При остром (однократном) у 10% - тошнота, рвота, слабость. |
| 100 | При многократном в течение 3 мес.- внешних признаков нет. При остром (одн.) появляются признаки лучевой болезни I степени. |
| 300 | При многократном - первые признаки лучевой болезни. При остром - лучевая болезнь II степени. В большинстве случаев возможно выздоровление. |
| 400-700 | Лучевая болезнь III степени. Головная боль, температура, слабость, тошнота, рвота, понос, кровоизлияние внутрь, изменение состава крови. При отсутствии лечения - смерть. |
| Более 700 | В большинстве случаев смертельный исход. |
| Более 1000 | Молниеносная форма лучевой болезни, гибель в первые сутки. |

4.4.2. Нормы радиационной безопасности

Нормами радиационной безопасности устанавливаются требования к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 (далее - Нормы) применяют для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или природного происхождения.

Различают нормы для облучаемых лиц следующих категорий:

- персонала (группы А и Б);
- всего населения, включая лиц из персонала, вне сферы и условий их производственной деятельности.

Для категорий облучаемых лиц установлены три класса нормативов:

- основные пределы доз (ПД);
- допустимые уровни монофакторного воздействия (для одного радионуклида и одного пути поступления или одного вида облучения), производные основных пределов доз: пределы годового по-

ступления (ППП), допустимые среднегодовые объемные активности (ДОВА), среднегодовые удельные активности (ДУА) и др.;

контрольные уровни (дозы, уровни активности, плотности потоков и др.), учитывающие достигнутый в организации уровень радиационной безопасности и обеспечивающие условия, при которых радиационное воздействие будет ниже допустимого.

Основные пределы доз облучения не включают дозы природного и медицинского облучения, а также радиационных аварий. На эти виды облучения устанавливаются специальные ограничения.

Эффективная доза для персонала за период трудовой деятельности (50 лет) не должна превышать 1000 мЗв, а для населения за период жизни (70 лет) - 70 мЗв. Начало периодов было введено с 1 января 2000 г.

При одновременном воздействии на человека источников внешнего и внутреннего облучения годовая эффективная доза не должна превышать пределов доз.

Допустимое значение эффективной дозы, обусловленной суммарным воздействием природных источников излучения, для населения не устанавливается. Снижение облучения населения достигается путем установления системы ограничений на облучение населения от отдельных природных источников излучения.

В эксплуатируемых жилых и общественных зданиях среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов радона и торона в воздухе жилых и общественных помещений не должна превышать 200 Бк/м³. При более высоких значениях объемной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений. Защитные мероприятия должны проводиться также, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

Эффективная удельная активность природных радионуклидов в строительных материалах (щебень, гравий, песок, бутовый и пыльный камень, цементное и кирпичное сырье и пр.), добываемых на их месторождениях или являющихся побочным продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных материалов (золы, шлаки и пр.), и готовой продукции не должна превышать:

- для материалов, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях (I класс): 370 Бк/кг,

- для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных сооружений (II класс): $A_{эфф} \leq 740$ Бк/кг;

Предварительная оценка качества питьевой воды по показателям радиационной безопасности может быть дана по удельной суммарной альфа- (A_α) и бета-активности (A_β). При значениях A_α и A_β ниже 0,2 и 1,0 Бк/кг, соответственно, дальнейшие исследования воды не обязательны. В случае превышения указанных уровней проводят анализ содержания радионуклидов в воде. Приоритетный перечень определяемых при этом радионуклидов в воде устанавливают в соответствии с санитарным законодательством.

Удельная активность природных радионуклидов в минеральных удобрениях и агрохимикатах не должна превышать:

$$A_U + 1,5 \cdot A_{Tn} \leq 1,0 \text{ кБк/кг,}$$

где A_U и A_{Tn} - удельные активности урана-238 (радия-226) и тория-232 (тория-228), находящихся в радиоактивном равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов, соответственно.

Защиту населения на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, осуществляют путем вмешательства на основе принципов безопасности при вмешательстве. Критерии вмешательства на территориях, загрязненных в результате радиационных аварий (согласно НРБ-99/2009):

1. На разных стадиях аварии вмешательство регулируется зонированием загрязненных территорий, основанным на величине годовой эффективной дозы, которая может быть получена жителями в отсутствие мер радиационной защиты. Под годовой дозой здесь понимается эффективная доза, средняя у жителей населенного пункта за текущий год, обусловленная искусственными радионуклидами, поступившими в окружающую среду в результате радиационной аварии.

2. На территории, где годовая эффективная доза не превышает 1 мЗв, проводится обычный контроль радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции, по результатам которого оценивается доза облучения населения.

Эта территория не относится к зонам радиоактивного загрязнения. При величине годовой дозы более 1 мЗв загрязненные территории по характеру необходимого контроля обстановки и защитных мероприятий подразделяют на зоны.

3. Зонирование на ранней и промежуточной стадиях радиационной аварии определяется п. 6.4 НРБ-99/2009.

4. Зонирование на восстановительной стадии радиационной аварии.

4.1. *Зона радиационного контроля* - от 1 до 5 мЗв. В этой зоне помимо мониторинга радиоактивности объектов окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и доз внешнего и внутреннего облучения населения и его критических групп осуществляют меры по снижению доз на основе принципа оптимизации и другие необходимые активные меры защиты населения.

4.2. *Зона ограниченного проживания населения* - от 5 до 20 мЗв. В этой зоне осуществляют те же меры мониторинга и защиты населения, что и в зоне радиационного контроля. Добровольный въезд на указанную территорию для постоянного проживания не ограничивают. Лицам, въезжающим на указанную территорию для постоянного проживания, разъясняется риск ущерба здоровью, обусловленный воздействием радиации.

4.3. *Зона отселения* - от 20 до 50 мЗв. Въезд на указанную территорию для постоянного проживания не разрешен. В этой зоне запрещается постоянное проживание лиц репродуктивного возраста и детей. Здесь осуществляют радиационный мониторинг людей и объектов внешней среды, а также необходимые меры радиационной и медицинской защиты.

4.4. *Зона отчуждения* - более 50 мЗв. В этой зоне постоянное проживание не допускается, а хозяйственная деятельность и природопользование регулируются специальными актами. Осуществляются меры мониторинга и защиты работающих с обязательным индивидуальным дозиметрическим контролем.

Критерии вмешательства при обнаружении локальных радиоактивных загрязнений.

1. Уровень исследования - от 0,01 до 0,3 мЗв/год. Это такой уровень радиационного воздействия источника на население, при достижении которого требуется выполнить исследование источника с целью уточнения оценки величины годовой эффективной дозы и определения величины дозы, ожидаемой за 70 лет.

2. Уровень вмешательства - более 0,3 мЗв/год. Это такой уровень радиационного воздействия, при превышении которого требуется проведение защитных мероприятий с целью ограничения облучения населения.

Раздел 5. НОРМИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ ТРАНСПОРТА И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

5.1. Загрязнения окружающей среды предприятиями транспор- та и технического сервиса

Современное предприятие технического сервиса, как правило, включает несколько цехов и производств: заготовительные, кузнечные и механические, цехи термической обработки и гальванопокрытий, сварочные и окрасочные цехи, участки пайки и лужения, сборочные и деревообрабатывающие цехи и др. Иногда в состав предприятия входят также испытательные станции, цехи по производству и обработке неметаллических материалов, котельные и другие вспомогательные подразделения [2].

В кузнечно-прессовых цехах при нагреве и обработке металла выделяются пыль, оксид углерода, диоксид серы и др.

При использовании в кузнечно-прессовых цехах плазменных печей в атмосферу выбрасываются оксиды углерода, серы, азота и другие продукты сгорания. Такие выбросы характерны для всей общеобменной вентиляции кузнечно-прессового цеха.

Механическая обработка металлов на станках в механических цехах сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются в окружающую среду (табл. 5.1).

Таблица 5.1 - Массовый выброс загрязнений за час работы станков в расчете на 1 кВт мощности электродвигателей

| Оборудование | Масса, г | | |
|---------------------------------------|-----------|----------------|----------------|
| | Пары воды | Масляный туман | Туман эмульсий |
| Металлорежущие станки при охлаждении: | | | |
| масляном | - | 0,2 | - |
| эмульсионном | 150 | - | 0,0063 |
| Шлифовальные станки при охлаждении: | | | |
| эмульсией и содовым раствором | 150 | - | 0,165 |
| маслом | - | 30 | - |

Пыль, образующаяся в процессе абразивной обработки, состоит на 30...40 % из материала абразивного круга, на 60...70 % из материала обрабатываемого изделия. Количество выделяющейся пыли зависит от размеров и твердости обрабатываемого материала, диаметра и окружной скорости круга, а также способа подачи изделия. Так, для круглошлифовальных станков выделение пыли находится в диапазоне от 100 до 300 г/ч.

Значительное выделение пыли наблюдается при механической обработке древесины, стеклопластиков, графита и других неметаллических материалов. Так, при обработке текстолита, стеклоткани, карболита и органического стекла выделение пыли колеблется в пределах, приведенных в табл. 5.2.

Таблица 5.2 - Выделение пыли при механической обработке неметаллических материалов

| Станок | Материал | Выделение пыли на единицу оборудования, г/ч |
|---------------|-------------|---|
| Токарный | Текстолит | 50...80 |
| | Карболит | 40...80 |
| Фрезерный | Текстолит | 100...120 |
| | Карболит | 180...280 |
| Зубофрезерный | Текстолит | 20...40 |
| Ленточный | Стеклоткань | 9...20 |
| Сверлильный | Карболит | 36...50 |
| Дисковая пила | Оргстекло | 800...950 |

При механической обработке полимерных материалов одновременно с пылью могут выделяться пары различных химических веществ и соединений (фенола, формальдегида, стирола и др.), входящих в состав обрабатываемых материалов.

Широкое применение находят стеклопластики, которые содержат стекловолокнистый наполнитель и связующие смолы (ненасыщенные полиэфирные, фенолоформальдегидные, эпоксидные). При этом происходит выделение вредных паров таких веществ, как стирол, толуол, малеиновый ангидрид, гипериз, ацетофенон.

Производство эбонитовых изделий сопровождается выбросом в атмосферу SO_2 , CO , H_2S , паров бензина, толуола, глицерина, пыли. Особенно много вредных выбросов происходит в процессе производства пластмасс, синтетических волокон и т. п.

Воздух, удаляемый из термических цехов, обычно загрязнен парами и продуктами горения масла, аммиаком, цианистым водородом, оксидом углерода, оксидами азота, соединениями хлора и фтора и другими веществами, поступающими в систему местной вытяжной вентиляции от ванн и агрегатов для термической обработки. Источниками загрязнений также являются нагревательные печи, работающие на жидком и газообразном топливе, а также дробеструйные камеры. Концентрация пыли в воздухе, удаляемом из дробеструйных камер, где металл очищается после термической обработки, достигает от 2 до 7 г/м³. В воздухе, отводимом от масляных ванн, содержатся пары масла, масса которых составляет до 1 % массы металла. При цианировании один агрегат выделяет до 6 г/ч цианистого водорода.

Воздух, удаляемый из гальванических цехов, содержит вредные вещества, находящиеся в виде пыли, тонкодисперсного тумана, паров и газов. Наиболее интенсивно вредные вещества выделяются при кислотном и щелочном травлении.

При проведении подготовительных операций, таких как механическая очистка, шлифование, полирование, обезжиривание поверхностей, в гальванических цехах выделяются пыль, пары бензина, керосина, трихлорэтилена, туманы щелочей. Дисперсный состав туманов включает частицы размером 5...6 мкм при травлении, 8...10 мкм - при хромировании и 5...8 мкм при цинковании.

На участках сварки и резки металлов состав и масса выделяющихся вредных веществ зависят от вида и режимов технологического процесса, свойств применяемых сварочных и свариваемых материалов. В процессе ручной электродуговой сварки стали при расходе 1 кг электродов образуется до 40 г пыли, 2 г фтористого водорода, 1,5 г оксидов углерода и азота; в процессе сварки чугунов - до 45 г пыли и 1,9 г фтористого водорода. При полуавтоматической и автоматической сварке общая масса выделяемых вредных веществ меньше в 1,5...2 раза, а при сварке под флюсом - в 4...6 раз.

Сварочный аэрозоль на 99 % состоит из частиц размером от 10^{-3} до 1 мкм, около 1 % пыли содержит частицы размером 1...5

мкм. Химический состав выделяющихся при сварке загрязнений обусловлен в основном составом сварочных материалов (проволоки, покрытий, флюсов) и почти не зависит от состава свариваемых металлов. Так, при ручной дуговой сварке сталей штучными электродами марки ЭА 606/11 на 1 кг расходуемых материалов в среднем выделяется 14 г/кг сварочного аэрозоля, в том числе 0,6 г/кг Cr_2O_3 и 0,68 г/кг Mn и его соединений, а также газов: 1,3 г/кг NO_2 и 1,4 г/кг CO. Замена ручной сварки на автоматическую при использовании флюса ОСЦ-45 снижает среднее количество выделяемого сварочного аэрозоля до 0,09 г/кг и содержание газов в удаляемом воздухе - до 0,006 г/кг.

При газовой и плазменной резке металлов происходит выделение пыли и вредных газов, сведения о валовом выделении которых в пересчете на 1 м реза приведены в табл.5.3. Химический состав пыли при этом определяется главным образом маркой разрезаемого материала, а размер частиц не превышает 2 мкм.

Таблица 5.3 - Массовые выделения пыли и газов при резке металла в пересчете на 1 м длины реза

| Процесс резки и марка металла | Толщина разрезаемого металла, мм | Пыль, г/м | Газы, г/м | |
|-------------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------------|
| | | | CO | NO _x |
| Газовая резка стали 45Г17ЮЗ | 5 | 2,5 | 1,4 | 1,1 |
| | 20 | 10,0 | 2,7 | 2,2 |
| Газовая резка сплавов титана | 4 | 5,0 | 1,0 | 0,5 |
| | 30 | 36,0 | 2,7 | 1,5 |
| Плазменная резка сплава АМГ | 8 | 2,5 | 0,6 | 2,5 |
| | 80 | 6,0 | 1,8 | 8,0 |
| Плазменная резка стали 09Г2 | 14 | 5,0 | 2,0 | 10,0 |
| | 20 | 10,0 | 2,5 | 14,0 |

При резке обычно выделяются такие токсичные компоненты, как соединения хрома и никеля, марганец, газы CO, NO_x, а при плазменной резке к ним добавляется еще и озон.

В процессе пайки и лужения выделяются следующие токсичные вещества: газы (оксид углерода и фтористый водород), аэрозоли (свинец и его соединения) и т.п. Удельные выделения аэрозоля свинца с частицами размером от 0,7 до 7 мкм при лужении и пайке оловянно-свинцовыми припоями ПОС-40 и ПОС-61 составляют:

При пайке электропаяльниками
 мощностью 20...60 Вт.....0,02...0,04 мг/100 паек
 При лужении погружением в припой
 (отнесено к поверхности ванны).....300...500 мг/(м²ч)
 При лужении и пайке волной
 (отнесено к поверхности волны).....3000...5000 мг/(м²ч).

Токсичные вещества в покрасочных цехах выделяются при следующих операциях: обезжиривании поверхностей органическими растворителями перед окраской, подготовке лакокрасочных материалов, нанесении их на поверхность изделий и сушке покрытия. В воздухе, удаляемом вентиляционными отсосами от окрасочных камер, напольных решеток, сушильных установок и других устройств, всегда присутствуют пары растворителей и окрасочных аэрозолей.

Пары углеводородов при обезжиривании изделий перед окраской поступают в вентиляционные выбросы из-за испарения с поверхности зеркала ванны со следующей интенсивностью, г/(м²мин): бензин - 67...83, керосин - 17...34, уайт-спирит - 83...100.

В вентиляционных выбросах окрасочных цехов могут содержаться окрасочный аэрозоль (с концентрацией до 1 г/м³) и пары растворителей (до 10 г/м³). Концентрации вредных веществ (табл. 5.4), удаляемых от мест окраски, зависят от состава и расхода [30] лакокрасочных материалов, способа их нанесения на окрашиваемую поверхность, устройства вентиляции, окрасочного оборудования, метода окрашивания.

Таблица 5.4 - Характеристика воздуха, удаляемого отсосами различных типов, в окрасочных цехах

| Лакокрасочный материал | Тип отсоса | Объем отсасываемого воздуха, м ² /ч | Концентрация, мг/м ³ | |
|------------------------|--------------------------|--|---------------------------------|--------|
| | | | Ксилол | Толуол |
| Эмаль МЛ-1-03 | Камера с боковым отсосом | 5 000 | 400 | - |
| Эмаль МЛ-25 | Тоже | 1700 | 170 | - |
| Грунт ФЛ-Озк | Напольная решетка | 27 000 | - | 390 |
| Нитроэмаль № 924 | Тоже | 33 000 | - | 70 |

5.2. Отходы предприятий транспорта и технического сервиса

Твердые отходы делят на два основных вида: нетоксичные и токсичные. Кроме того, их классифицируют на металлические, неметаллические и комбинированные. Неметаллические отходы подразделяют на химически инертные (зола и т.п.) и химически активные (резина, пластмасса и т.п.). К комбинированным отходам относят всевозможный промышленный мусор.

В основной массе твердые отходы ремонтного производства нетоксичны и содержат стружки и опилки металлов, древесины, пластмасс и т.п., шлаки, золы, шламы, осадки, лом и пыли (отходы систем очистки воздуха и др.).

Предприятия транспорта и ТС в основном образуют отходы от следующих производств:

- кузнечно-прессового и проката (концы, обрезки, обдирочная стружка, опилки, окалины и др.);
- механической обработки (высечки, обрезки, стружки, опилки и др.).

Основными источниками образования отходов легированных палей являются металлообработка (84 %) и амортизационный лом (16 %).

К наиболее распространенным группам веществ химического загрязнения можно отнести:

- газы (CO_2 , CO , SO_2 , NO_x , H_2S);
- тяжелые металлы и их соединения (Hg , Pb_2 , Cd и др.);
- циклические углеводороды, бенз(а)пирен;
- радиоактивные вещества.

5.3. Меры защиты окружающей среды от выбросов предприятиями транспорта и технического сервиса

Основные мероприятия по защите окружающей среды от выбросов предприятиями технического сервиса:

- совершенствование традиционных технологий - введение новых конструктивных элементов с использованием экологически безопасных материалов;
- разработка нового оборудования с меньшим уровнем выбросов примесей и отходов в окружающую среду;

- разработка ресурсосберегающих технологий;
- замена токсичных отходов на нетоксичные;
- разработка технологий утилизации экологически опасных отходов производства;
- широкое применение дополнительных методов и средств защиты окружающей среды;
- экологическая экспертиза всех видов производств и промышленной продукции, составление экологических паспортов.

Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам.

В системе охраны атмосферного воздуха весьма значимы плановые мероприятия, позволяющие при постоянстве валовых выбросов существенно снизить воздействие загрязнения окружающей среды на человека.

Взаимное расположение предприятий и населенных пунктов определяется по средней розе ветров теплого периода года. Промышленные объекты как источники выделения вредных веществ в окружающую среду должны располагаться за чертой населенных пунктов и с подветренной стороны от жилых массивов, чтобы выбросы уносились в сторону от жилья.

Здания и сооружения предприятий обычно размещаются по ходу производственного процесса. При недостаточном расстоянии между корпусами загрязняющие вещества могут накапливаться в межкорпусном пространстве, которое оказывается в зоне аэродинамической тени. Цехи, выделяющие наибольшее количество вредных веществ, следует располагать на краю производственной территории со стороны, противоположной жилому массиву.

Требованиями санитарных норм проектирования предприятий (СП 2.2.1.1312-03) предусмотрено, что объекты, являющиеся источниками загрязнения окружающей среды, следует отделить от жилой застройки санитарно-защитными зонами в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01 («Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»).

Для объектов, их отдельных зданий и сооружений с технологическими процессами, являющимися источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в ок-

ружающую среду токсических и пахучих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека при обеспечении соблюдения требований гигиенических нормативов в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств и объектов устанавливаются следующие минимальные размеры санитарно-защитных зон: 1000, 500, 300, 100 и 50 м соответственно для предприятий первого, второго, третьего, четвертого и пятого классов. Территория СЗЗ предназначена для:

- обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по факторам воздействия за ее пределами;
- создания санитарно-защитного и эстетического барьера между территорией предприятия и территорией жилой застройки;
- организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышение комфортности микроклимата.

В границах СЗЗ допускается размещать:

- сельхозугодья для выращивания технических культур, но не используемых для производства продуктов питания;
- предприятия, их отдельные здания и сооружения с производствами меньшего класса вредности, чем основное производство. При наличии у размещаемого в СЗЗ объекта выбросов, аналогичных по составу выбросов основного производства, обязательно требование не превышения гигиенических нормативов на границе СЗЗ и за ее пределами при суммарном учете;
- пожарные депо, площадки индивидуальной стоянки автомобилей; автозаправочные станции, учебные заведения, поликлиники, магазины, спортивно-оздоровительные сооружения для работников предприятия;
- нежилые помещения для дежурного аварийного персонала и охраны предприятий, сооружения для хранения общественного и индивидуального транспорта, местные и транзитные коммуникации, ЛЭП, электроподстанции, нефте- и газопроводы, артезианские скважины для технического водоснабжения, водоохлаждающие сооружения для подготовки технической воды, канализационные

насосные станции, сооружения оборотного водоснабжения, питомники растений для озеленения промплощадки, предприятий.

Санитарно-защитную зону нельзя рассматривать как резервную территорию предприятия и использовать для расширения промышленной площадки, а также для перспективного развития селитебной территории. На территории СЗЗ нельзя размещать детские дошкольные учреждения, школы, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего пользования, стадионы и спортивные площадки, парки и новое жилищное строительство.

Для максимального ослабления влияния на население производственных загрязнений территория СЗЗ должна иметь последовательную проработку ее территориальной организации, озеленения и благоустройства на всех этапах разработки всех видов градостроительной, предпроектной и проектной документации, строительства и эксплуатации отдельного предприятия или промышленного комплекса. В частности, для ослабления влияния на население производственных загрязнений атмосферного воздуха территория СЗЗ может быть озеленена газоустойчивыми породами деревьев и кустарников.

В качестве дополнительных средств защиты окружающей среды, в частности атмосферы, применяют аппараты и системы для очистки газовых выбросов от загрязнений. При выбросе отходящих промышленных газов для технологической подготовки газов и извлечения из них полезных материалов проводят пылеулавливание с помощью пылеуловителей, встроенных в основное оборудование или выносных.

Для очистки газовых выбросов от вредных примесей применяют пылеулавливающие (например, рукавные фильтры) и газоочистные установки (например, абсорберы, орошаемые моноэтаноламином, диэтаноламином или раствором аммиака).

При низких выбросах наибольшая концентрация вредных веществ будет на территории предприятия. Если количество вентиляционных выбросов превышает ПДВ, обеспечивающий ПДК вредных веществ в приземном слое, то перед выбросом в атмосферу воздух должен подвергаться очистке.

При выборе очистного оборудования необходимо учитывать агрегатное состояние и физико-химические свойства улавливаемых веществ, эффективность очистки, капитальные затраты, эксплуатационные расходы, надежность работы, простоту обслуживания, за-

нимаемую площадь, расход электроэнергии и воды. Для обеспечения бесперебойности очистки выбросов в вытяжной системе устанавливают не менее двух очистных аппаратов.

Для очистки вентиляционных выбросов от сварочного аэрозоля могут быть использованы пластинчатые электрофильтры, обеспечивающие эффективность очистки до 0,95. Такими фильтрами целесообразно оборудовать крупные вентиляционные установки, к которым должны подключаться небольшие системы местной вытяжной вентиляции. Эти фильтры необходимо периодически очищать от осаждаемой сварочной пыли.

Основными направлениями защиты окружающей среды от вредных примесей (аэрозоля краски и паров растворителей), поступающих от окрасочных цехов, являются:

- совершенствование технологического процесса нанесения покрытий для уменьшения потерь на туманообразование;
- полная или частичная замена высокотоксичных растворителей менее токсичными или водой;
- применение сухих порошковых красок или высоковязких составов с малым содержанием токсичных растворителей;
- очистка вентиляционного воздуха в гидрофильтрах и установках дожигания;
- проведение архитектурно-планировочных мероприятий в целях рационального размещения окрасочных цехов на территории предприятия исходя из условия наилучшего естественного проветривания межкорпусного пространства во избежание накопления вредных веществ в межкорпусной зоне;
- применение систем рассеяния вредных примесей в атмосфере.

Для снижения концентрации аэрозоля краски в вентиляционных выбросах применяют отстойные ванны, заполненные водой, гидрофильтры и т. п.

При невозможности использовать описанные методы допускается уменьшать концентрации вредных веществ в воздухе населенных пунктов, рационально рассеивая вредные выбросы в атмосфере, для чего увеличивают высоту выпускных шахт (без колпаков) или повышают скорость выброса (факельный выброс).

В деревообрабатывающих цехах воздух от древесной пыли очищают циклонами и тканевыми фильтрами. Для выбора типа пылеуловителя необходимы исходные сведения об условиях его эксплуатации: концентрации пыли в воздухе, фракционном составе

пыли; ее плотности; количестве очищаемого воздуха; его плотности, температуре, влажности.

При разработке оборотных систем водоснабжения промышленных предприятий необходимо планировать очистку и повторное использование поверхностных сточных вод с учетом следующих требований:

- обеспечения локализации стока с отдельных участков территории предприятия и его отвода либо в общезаводские очистные сооружения, либо (после предварительной очистки) в общую систему очистки поверхностных сточных вод;

- создания отдельной организации стоков с водосборных участков, отличающихся по составу и количеству примесей, поступающих в поверхностные сточные воды;

- обеспечения очистки поверхностного стока совместно с производственными сточными водами;

- применения локальных очистных сооружений для поверхностных сточных вод.

Очистку сточных вод можно организовывать так, чтобы обеспечить возврат воды и ценных продуктов в производство. Например, для вторичного использования регенерирующих растворов в блоке обычной реагентной очистки в качестве средства доочистки можно использовать метод ионного обмена.

РАЗДЕЛ 6. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

6.1. Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду

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 (тракторы и комбайны), железнодорожный, водный, воздушный и трубопроводный транспорт.

В настоящее время протяженность магистральных автомобильных дорог мира с твердым покрытием превышает 12 млн км, воздушных линий - 5,6 млн км, железных дорог - 1,5 млн км, магистральных трубопроводов - около 1,1 млн км, внутренних водных путей - более 600 тыс. км. Морские линии составляют многие миллионы километров.

Наряду с преимуществами, которые обеспечивает обществу развитая транспортная сеть, ее прогресс сопровождается также негативными последствиями - отрицательным воздействием транспорта на окружающую среду.

Все транспортные средства с автономными первичными двигателями в той или иной степени загрязняют атмосферу химическими соединениями, содержащимися в отработанных газах. В среднем вклад отдельных видов транспортных средств в загрязнение атмосферы следующий [75]:

- автомобильный – 85 % ,
- морской и речной - 5,3 % ,
- воздушный - 3,7 % ,
- железнодорожный - 3,5 % ,
- сельскохозяйственный - 2,5 % .

Во многих больших городах, таких, как Берлин, Мехико, Токио, Москва, Петербург, Киев, загрязнение воздуха автомобильными выхлопами составляет, по разным оценкам, от 80 до 95 % всех загрязнений.

Что касается загрязнения атмосферы другими видами транспорта, то здесь проблема имеет меньшую остроту, поскольку

транспортные средства этих видов не концентрируются непосредственно в городах. Так, в крупнейших железнодорожных узлах все движение переведено на электротягу и лишь на маневровой работе используют тепловозы. Речные и морские порты, как правило, размещены за пределами жилых кварталов городов, а движение судов в районах портов практически незначительно. Аэропорты, как правило, относят от городов на 20...40 км. Кроме того, большие открытые пространства над аэродромами, как и над речными и морскими портами, не создают опасности высоких концентраций токсичных примесей, выделяемых двигателями. Следует отметить, что на железнодорожном, морском, речном и современном воздушном транспорте почти не используют карбюраторные бензиновые двигатели.

Наряду с загрязнениями окружающей среды вредными выбросами следует отметить физическое воздействие на атмосферу в виде образования антропогенных физических полей (повышенный шум, инфразвук, электромагнитные излучения). Из этих факторов наибольшее воздействие оказывает шум.

Транспорт - основной источник акустического загрязнения окружающей среды. В крупных городах уровень шума достигает 70...75 дБА, что в несколько раз превышает допустимые нормы. Основными источником акустического загрязнения окружающей среды является автомобильный транспорт: его вклад в акустическое загрязнение в городах составляет от 75 до 90 %.

Современный автомобиль - пример неэкологичного транспортного средства. Поэтому проблемы и пути повышения экологичности транспорта различных видов наиболее целесообразно рассмотреть на примере автомобильного транспорта.

Общий мировой парк автомобилей насчитывает 800 млн. единиц, из которых 83...85 % составляют легковые автомобили, а 15...17% - грузовые и автобусы. Если тенденции роста выпуска автотранспортных средств (АТС) останутся неизменными, то к 2015 г. число автомобилей может возрасти до 1,5 млрд шт.

Автомобильный транспорт, с одной стороны, потребляет из атмосферы кислород, а с другой - выбрасывает в нее отработавшие газы, картерные газы и углеводороды из-за испарения их из топливных баков и негерметичности систем подачи топлива.

Автомобиль отрицательно воздействует практически на все составляющие биосферы: атмосферу, водные, земельные ресурсы,

литосферу и человека. Масштабы этого воздействия схематично представлены на рис. 6.1.

Выхлопы от автотранспорта распространяются на улицах города вдоль дорог, оказывая вредное воздействие на пешеходов, жителей расположенных рядом домов и растительность. Выявлено, что зоны с превышением ПДК по диоксиду азота и оксиду углерода охватывают до 90 % городской территории.

Автомобиль - самый активный потребитель кислорода воздуха. Если человек потребляет до 20 кг (15,5 м³) воздуха в сутки и до 7,5 т в год, то современный автомобиль для сгорания 1 кг бензина расходует около 12 м³ воздуха, или, в кислородном эквиваленте, около 250 л кислорода. Так, весь автомобильный транспорт США потребляет в 2 раза больше кислорода, чем его регенерирует природа на всей их территории.

Таким образом, в крупных мегаполисах автомобильный транспорт поглощает кислорода в десятки раз больше, чем все их население. Исследования, проведенные на автомагистралях Москвы, показали, что при тихой, безветренной погоде и низком атмосферном давлении на оживленных автомобильных трассах объемная концентрация кислорода в воздухе нередко понижается до 15 %. Известно, что при концентрации кислорода в воздухе ниже 17 % у людей появляются симптомы недомогания, при 12 % и меньше возникает опасность для жизни, при концентрации ниже 11 % наступает потеря сознания, а при 6 % прекращается дыхание.

С другой стороны, на этих магистралях не просто мало кислорода, но воздух еще насыщен вредными веществами автомобильного выхлопа. Исследования НИИ нормальной физиологии показывают, что в Москве 92...95 % загрязнения воздуха дает автомобильный транспорт. Дым, выбрасываемый заводскими трубами, испарения химических производств, гарь от котельных и все прочие отходы деятельности большого города составляют примерно всего 7 % общей массы загрязнений.

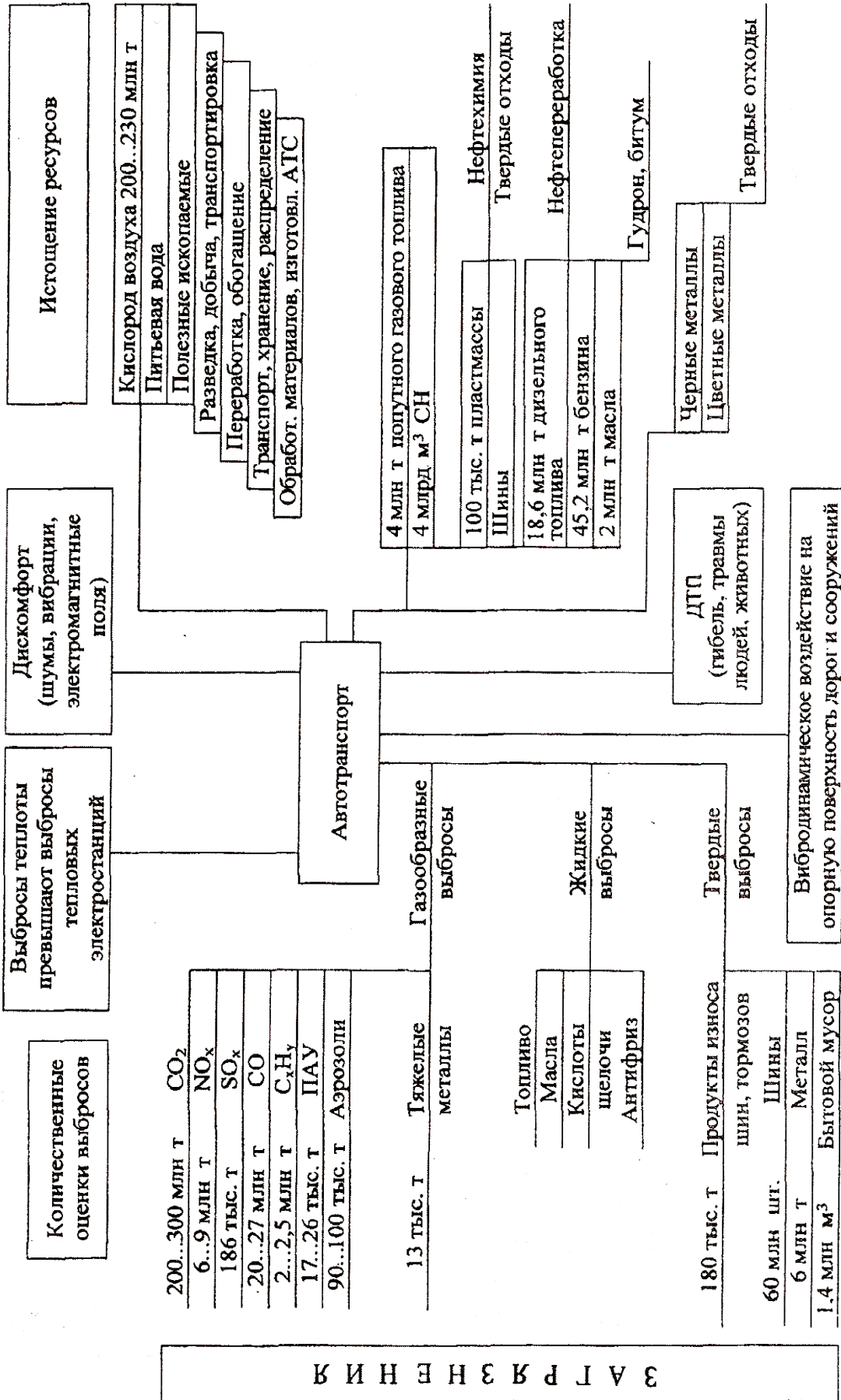


Рисунок 6.1.- Схема и масштабы воздействия автомобилей

Особенностью автомобильных выбросов является также то, что они загрязняют воздух на высоте человеческого роста, и люди дышат этими выбросами.

В табл.6.1 приведен состав основных примесей в выхлопных газах бензиновых и дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Таблица 6.1- Состав основных примесей в выбросах автотранспорта, кг/т топлива

| Компонент выбросов | Двигатель | |
|---------------------------------|------------|-----------|
| | бензиновый | дизельный |
| Оксиды: | | |
| углерода | 395,0 | 9,0 |
| азота | 20,0 | 33,0 |
| серы | 1,6 | 6,0 |
| Углеводороды | 34,0 | 20,0 |
| Альдегиды, органические кислоты | 1,4 | 6,0 |
| Твердые частицы (сажа) | 2,0 | 16,0 |

В состав выбросов от автомобилей входит около 200 химических соединений, которые в зависимости от особенностей воздействия на организм человека подразделяют на семь групп.

1. Химические соединения, содержащиеся в естественном составе атмосферного воздуха: вода (в виде пара), водород, азот, кислород и диоксид углерода. Автотранспорт выбрасывает в атмосферу такое огромное количество пара, что в Европе и европейской части России оно превышает по массе испарения всех водоемов и рек. Из-за этого растет облачность, а число солнечных дней заметно снижается. Серые, без солнца, дни, непрогретая почва, постоянно повышенная влажность воздуха - все это способствует росту вирусных заболеваний.

2. Оксид углерода (ПДК 20 мг/м³, 4-й кл.). Это бесцветный газ без вкуса и запаха, очень слабо растворимый в воде. Вдыхаемый человеком, он соединяется с гемоглобином крови и подавляет его способность снабжать ткани организма кислородом. В результате наступает кислородное голодание организма и возникают нарушения в деятельности центральной нервной системы. Последствия воздействия зависят от концентрации оксида углерода в воздухе; так, при концентрации 0,05 % через 1 ч появляются признаки сла-

бого отравления, а при 1 % наступает потеря сознания после нескольких вдохов.

3. Оксид азота (ПДК 5 мг/м³, 3-й кл.) - бесцветный газ - и диоксид азота (ПДК 2 мг/м³, 3-й кл.) - газ красновато-бурого цвета с характерным запахом. Указанные газы являются примесями, способствующими образованию смога. Попадая в организм человека, они, взаимодействуя с влагой, образуют азотистую и азотную кислоты (ПДК 2 мг/м³, 3-й кл.). Последствия воздействия зависят от их концентрации в воздухе. Так, при концентрации 0,0013 % происходит слабое раздражение слизистых оболочек глаз и носа, при 0,002 % - образование метгемоглобина, при 0,008 % - отек легких.

4. Углеводороды. К наиболее опасным из них относят 3,4-бенз(а)пирен (ПДК 0,00015 мг/м³, 1-й кл.) - мощный канцероген. При нормальных условиях это соединение представляет собой иглообразные кристаллы желтого цвета, плохо растворимые в воде и хорошо - в органических растворителях.

5. Альдегиды. Наиболее опасны для человека акролеин и формальдегид. Акролеин - альдегид акриловой кислоты (ПДК 0,2 мг/м³, 2-й кл.), бесцветная, с запахом пригорелого жира и весьма летучая жидкость, хорошо растворяющаяся в воде. Концентрация 0,00016% является порогом восприятия запаха, при 0,002 % запах труднопереносим, при 0,005 % непереносим, а при 0,014 % через 10 мин наступает смерть. Формальдегид (ПДК 0,5 мг/м³, 2-й кл.) - бесцветный, с резким запахом газ, легко растворяющийся в воде. При концентрации 0,007 % вызывает легкое раздражение слизистых оболочек глаз и носа, а также верхних дыхательных путей, при концентрации 0,018% осложняется процесс дыхания.

6. Сажа (ПДК 4 мг/м³, 3-й кл.) оказывает раздражающее воздействие на органы дыхания. Исследования, проведенные в США, выявили, что 50...60 тыс. человек умирают ежегодно от загрязнения воздуха сажей. Было выяснено, что частички сажи активно адсорбируют на своей поверхности бенз(а)пирен, вследствие этого резко ухудшается здоровье детей, страдающих респираторными заболеваниями, лиц, больных астмой, бронхитом, воспалением легких, а также людей престарелого возраста.

7. Свинец и его соединения. В бензин в качестве антидетонационной присадки вводят тетраэтилсвинец (ПДК 0,005 мг/м³, 1-й кл.). Поэтому около 80 % свинца и его соединений, загрязняющих воздух, попадают в него при использовании этилированного бензи-

на. Свинец и его соединения снижают активность ферментов и нарушают обмен веществ в организме человека, а также обладают кумулятивным действием, т.е. способностью накапливаться в организме. Соединения свинца особенно вредны для интеллектуальных способностей детей. В организме ребенка остается до 40 % попавших в него соединений. В США и в России применение этилированного бензина запрещено повсеместно.

Число автомобилей в городах и на автотрассах из года в год увеличивается. Экологи считают, что там, где плотность их превышает 1 тыс. на 1 км², среду обитания можно считать разрушенной. (Число машин берут в пересчете на легковые автомобили. Каждый грузовой автомобиль или автобус приравнивают к пяти легковым.)

6.2. Нормирование экологических качеств автомобилей

Существует два подхода к нормированию вредных выбросов от автомобильного транспорта.

Первый заключается в регламентировании концентрации или абсолютных величин выбросов отдельных токсичных компонентов отработавших газов на конкретном режиме(ах) работы двигателя без какого-либо последующего пересчета или с приведением в последствии этих выбросов к некоторому показателю, например, к единице мощности двигателя или пробега автомобиля. В данном случае очевидно, что нормируемый показатель не может отражать действительных выбросов в атмосферу и служит лишь качественным критерием для экологической оценки той или иной автотранспортной техники. Чем больше режимов работы двигателя рассматривается и чем ближе они к реальным в условиях эксплуатации, тем точнее такой нормативный показатель может отражать действительные выбросы от автомобиля в атмосферу. Такой подход обычно используют для диагностики технического состояния систем питания двигателей автомобилей.

Второй подход заключается в выборе так называемого ездового цикла (имитации движения автомобиля на специальном стендовом оборудовании с соблюдением последовательности и доли времени работы двигателя в реальных режимах работы: холостом ходу, ускорении, установившемся движении и торможении) и регламентации вредных выбросов за цикл или на соответствующий такому

циклу пробег автомобиля. В этом случае, естественно, нормируемые параметры более реально отражают выбросы автомобилей в атмосферу. Все зависит от степени соответствия выбранного ездового цикла существующим условиям эксплуатации автомобилей.

Согласно Женевскому Соглашению (1958 г.) в странах Западной Европы действуют единые предписания (Правила ЕЭК ООН), содержащие, в частности, требования и к экологическим параметрам автотранспортной техники. Это Правила 15, 49, 83 и др., а также различные поправки и дополнения к ним.

Правила ЕЭК ООН 15 и 83 распространяются на легковые и грузовые автомобили, а также автобусы полной массой не более 3,5 тонн (категории транспортных средств M_1 и N_1). Этими документами регламентируются предельные выбросы вредных веществ в атмосферу с отработавшими газами двигателей автомобилей (испытания типа I), концентрация оксида углерода в отработавших газах при работе двигателя на холостом ходу (испытания типа II), выбросы картерных газов (испытания типа III) и топливные испарения (испытания типа IV). В основе испытания типа I лежит так называемый европейский ездовой цикл. Он был разработан в середине 70-х годов на основе анализа движения легковых автомобилей в крупных немецких городах. Характерные параметры этого цикла: пробег автомобиля - 4052 метра, время - 780 секунд, максимальная скорость - 50 км/ч, средняя скорость - 19 км/ч. С 1992 года ездовой цикл был модернизирован путем добавления высокоскоростного режима движения автомобиля по автостраде. Такое дополнение продиктовано как изменившимися с 70-х годов условиями эксплуатации автомобилей, так и желанием сблизить условия испытаний автомобилей в Европе и США. Характерные параметры нового европейского ездового цикла составляют: пробег автомобиля - 11007 метра, время - 1180 секунд, максимальная скорость - 120 км/ч, средняя скорость - 34 км/ч.

В Соединенных Штатах Америки нормирование вредных выбросов от автомобилей производится по тем же показателям, что и в европейских странах:

- выбросы с отработавшими газами двигателей при испытании автомобиля по ездовому циклу, принятому в США;
- содержание оксида углерода при работе двигателя на холостом ходу;
- испарение топлива из системы топливоподачи;

- выбросы картерных газов.

Американский ездовой цикл, соответствующий федеральной процедуре US 75 FTP, имеет следующие характеристики: пробег автомобиля - 17860 метров, время пробега - 1877 секунд, максимальная скорость - 91,2 км/ч, средняя скорость - 34 км/ч. Данным ездовым циклом предусматривается 10-ти минутная остановка автомобиля.

В Соединенных Штатах Америки экологические нормативы для автомобилей разработаны на федеральном уровне и отдельно для штата Калифорния, что обусловлено напряженной экологической ситуацией на его территории. В последнем случае действуют более жесткие ограничения.

Кроме того, в Калифорнии дополнительно регламентируются выбросы для автомобилей, двигатели которых работают на смешанных, бензо-спиртовых топливах.

Нормирование экологических параметров автомобилей в Японии производится так же, как в Европе или Америке. Регламентации подлежат:

- выбросы с отработавшими газами двигателей при испытании автомобиля по ездовым циклам, принятым в Японии;
- содержание оксида углерода и углеводородов при работе двигателя на холостом ходу;
- испарение топлива из системы топливоподачи;
- выбросы картерных газов.

Для оценки экологических качеств легковых автомобилей в Японии применяют два вида ездовых циклов - с так называемым холодным (когда двигатель перед испытаниями имеет температуру окружающего воздуха) и горячим (когда двигатель перед испытаниями прогрет до рабочей температуры) стартами. Основные параметры такого цикла следующие: пробег автомобиля - 3980 метров, время - 135 секунд, максимальная скорость - 40 км/ч, средняя скорость - 24,15 км/ч. Параметры ездового цикла с холодным стартом следующие: пробег автомобиля - 4084 метров, время - 120 секунд, максимальная скорость - 60 км/ч, средняя скорость - 39,1 км/ч. Выбросы вредных веществ при испытании по ездовому циклу с холодным стартом более чем на порядок превышают выбросы по ездовому циклу с горячим стартом.

В бывшем СССР нормирование экологических параметров автомобилей осуществлялось на двух уровнях: отраслевом и государственном.

На отраслевом уровне действовали следующие нормативные документы:

- ОСТ 37.001.054-86 “Автомобили и двигатели. Выбросы вредных веществ. Нормы и методы определения” (для автотранспортных средств с полной массой не более 3500 кг);
- ОСТ 37.001.234-81 “Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы измерений” (для автотранспортных средств с полной массой более 3500 кг);
- ОСТ 37.001.070-75 “Двигатели бензиновых грузовых автомобилей и автобусов. Выделение вредных веществ. Методы определения” (для автотранспортных средств с бензиновыми ДВС и полной массой более 3500 кг).

Первые два документа разработаны в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН 15 и 49. Однако регламентированные ими параметры соответствуют нормативам европейских стандартов конца 80-х - начала 90-х годов. В ОСТ 37.001.070-75 оговорена только методика определения выбросов для бензиновых автомобилей полной массой более 3500 кг.

На государственном уровне в СССР действовали следующие стандарты:

- ГОСТ 17.2.2.03-87 “Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерения содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Требования безопасности”;
- ГОСТ 21393-75 “Автомобили с дизелями. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений”;
- ГОСТ 17.2.2.01-84 “Дизели автомобильные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений”.

Первые два стандарта были предназначены для контроля за экологическим состоянием автотранспортной техники, находящейся в эксплуатации; последний - для испытания автомобильных дизелей в стендовых условиях.

ГОСТ 17.2.2.01-84 регламентирует дымность отработавших газов автомобильного дизеля на режимах внешней скоростной характеристики в зависимости от условного расхода отработавших газов.

Из представленного выше материала вытекают следующие выводы.

Во-первых, существует, по крайней мере, три наиболее развитые системы нормирования вредных выбросов автомобилей. Это европейская (к ней наиболее тесно тяготеет система нормирования, принятая в бывшем СССР), американская и японская. Общие черты этих систем заключаются в том, что:

- экологические параметры автомобилей оценивают в испытаниях по ездовым циклам;
- дополнительно регламентируют выбросы отдельных вредных веществ, содержащихся в отработавших газах, при работе двигателя автомобиля на холостом ходу;
- нормируют топливные испарения и выбросы картерных газов.

Принятые в каждой из этих систем методы определения вредных выбросов несколько отличаются друг от друга, преимущественно применяемыми ездовыми циклами. В Японии регламентируется содержание углеводородов в отработавших газах при работе двигателя на холостом ходу. В США на федеральном уровне установлены различные нормативы выбросов для работы автомобилей в нормальных и горных условиях, а в Калифорнии дополнительно введены ограничения на выбросы формальдегида для автомобилей, работающих на смесевых топливах.

Второй вывод заключается в том, что нормы, установленные каждой из систем различны и зачастую трудно сопоставимы между собой. Нормы США и Японии выглядят несколько “жестче” по сравнению с европейскими. Это объясняется тем, что, например, в США применяют ездовой цикл с более благоприятными (с точки зрения выбросов вредных веществ) режимами работы двигателя. Есть сведения о том, что один и тот же автомобиль, соответствующий европейским стандартам и испытанный по американским правилам практически удовлетворяет последним и наоборот. Однако это может быть справедливо для какого-то одного типа автомобилей, а не для всего спектра подвижного состава автомобильного транспорта, что обусловлено различным подходом к делению автомобилей на группы (категории) в США и в Европе.

Существенны расхождения допустимого содержания оксида углерода при работе двигателя на холостом ходу между американскими (0,5 %), с одной стороны, европейскими и японскими нормативами (4,5 %) - с другой. Причина здесь кроется в том, что американские автомобили, в отличие от европейских и японских, уже с середины 80-х годов практически в объемах всего производства оснащаются электронными системами управления впрыском топлива и стандартными системами снижения токсичности отработавших газов, что позволяет применять столь жесткое ограничение.

Что касается нормативов, действовавших в бывшем СССР и используемых в настоящее время в качестве межгосударственных стандартов, то следует отметить следующее.

ОСТ 37.001.054-86 и ОСТ 37.001.234-81. Сравнение норм отраслевого стандарта ОСТ 37.001.054-86 с нормами Правил ЕЭК ООН 15 и 83 показывают, что их значения для 1990 года практически идентичны. ОСТ 37.001.234-81 предусматривает несколько более жесткие ограничения на выбросы оксида углерода, однако значительно более мягкие требования к выбросам углеводородов и оксидов азота по сравнению с соответствующими нормативами Правил ЕЭК ООН 49 для 1990 года.

Вместе с этим следует отметить, что за прошедшие десятилетия европейские стандарты претерпели значительное ужесточение в отношении экологических требований к автомобилям (может быть, только за исключением автомобилей, эксплуатирующихся на этилированных бензинах). С другой стороны, отраслевым стандартам не придавалось большого значения на государственном уровне, то есть удовлетворение заложенным в них нормативам считалось внутренней проблемой Минавтосельхозмаша СССР, а в настоящее время - производителей автотранспортной техники. Поэтому на практике автомобили российского производства не только не соответствуют требованиям международных стандартов, но и очень часто не удовлетворяют требования указанных выше нормативных документов.

ГОСТ 17.2.2.03 и ГОСТ 21393. Сложилось мнение, что данные стандарты определяют экологические качества автотранспортной техники. Однако это далеко не так. Первый стандарт регламентирует содержание объемной доли оксида углерода и углеводородов в отработавших газах при работе бензинового двигателя автомобиля на холостом ходу. При этом в рассмотрение принимают два режима

контроля состава отработавших газов - минимальная и повышенная частота вращения коленчатого вала двигателя.

Предельное содержание оксида углерода на минимальной частоте вращения коленчатого вала установлено на уровне 1,5 %. В свое время это было сделано головным разработчиком стандарта (НИИАТ Минавтотранса РСФСР) без какого-либо технического обоснования, путем простого и последовательного ужесточения ранее установленных норм - 4,5 % (ГОСТ 16533-70) и 3 % (ГОСТ 17.2.2.03, редакция 1977 года). Вероятнее всего эти действия аргументировались ошибочным принципом - "чем меньше содержание оксида углерода на холостом ходу, тем более "чистым" является автомобиль", а также относительной простотой достижения такой псевдоэкологической цели.

В действительности же работа автомобильного двигателя характеризуется очень широкими пределами изменения концентрации токсичных веществ, содержащихся в отработавших газах. Причем увеличение концентрации одних токсичных компонентов может сопровождаться уменьшением концентрации других и наоборот. В связи с этим установление зависимости между концентрацией какого-либо компонента на одном режиме работы двигателя с одной стороны и фактическим объемом выбросов вредных веществ с другой не представляется возможной, а сама по себе концентрация какого-то одного токсичного компонента не может служить объективным критерием экологических качеств автомобиля.

Относительно концентрации оксида углерода в отработавших газах двигателя можно констатировать следующее. Современные бензиновые двигатели с карбюраторными системами топливоподачи допускают регулировки, обеспечивающие содержание 1,5 и менее процентов оксида углерода в отработавших газах при его работе на холостом ходу. Однако эксплуатация автомобиля с такой силовой установкой крайне неэффективна ввиду ухудшения его ездовых качеств, повышения расхода топлива и увеличения выбросов других токсичных компонентов. Причины этого кроются в технических возможностях карбюраторных систем питания бензиновых ДВС [68].

Содержание оксида углерода в отработавших газах двигателя автомобиля характеризует точность дозирования топлива по его цилиндрам. Поскольку регулирование осуществляется в очень широких пределах, то всегда требуется определенный запас для обес-

печения надежного воспламенения топлива и обеспечения требуемых тягово-скоростных качеств. Добиться повышения точности дозирования топлива можно только путем принципиально иной схемы его подачи. На современных автомобилях этого добиваются путем впрыска топлива в цилиндры двигателя. Такая технология позволяет с помощью микропроцессорного регулирования и всевозможных сенсорных датчиков корректировать подачу топлива в зависимости от теплового состояния и режимов работы двигателя, атмосферных условий, а также ряда других факторов. Вот почему в странах Западной Европы, где еще велика доля автомобилей с карбюраторными системами питания, содержание оксида углерода на холостом ходу работы бензинового двигателя регламентируется с большим запасом. В Америке же, где примерно с середины 80-х годов XX-го века освоено полномасштабное производство автомобилей с впрыском бензина, такие нормы намного жестче - 0,5 %.

Для проверки работы главной дозирующей системы карбюратора в стандарте ГОСТ 17.2.2.03 предусмотрен контроль качества отработавших газов при работе двигателя на холостом ходу с повышенной частотой вращения коленчатого вала. Однако более детальными исследованиями было показано отсутствие существенной корреляции между концентрацией оксида углерода на данном режиме работы двигателя и выбросами вредных веществ при испытании автомобиля по ездовому циклу. Кроме того, всегда существовала проблема точной количественной интерпретации режима повышенной частоты вращения коленчатого вала для различных марок, моделей и модификаций двигателей автомобилей. Это связано с тем, что производители автомобилей различных марок и моделей, даже если последние оснащены одним и тем же двигателем, применяют разные регулировки топливоподающих систем. В результате начало работы главной дозирующей системы карбюратора может колебаться в пределах $\pm 500 \text{ мин}^{-1}$. Как показывает опыт, в Советском Союзе этот режим проверки автомобилей использовался исключительно редко.

Контроль содержания углеводородов в отработавших газах преследовал своей целью проверку работоспособности системы зажигания карбюраторного двигателя автомобиля. Регулировать концентрацию углеводородов в отработавших газах двигателя автомобиля какими-либо элементами топливоподающих систем практически невозможно, так как их содержание определяется преимущест-

венно конструкцией камеры сгорания, организацией рабочего процесса и видом используемого топлива. В связи с этим ограничения по углеводородам, принятые в стандарте ГОСТ 17.2.2.03, никак не являются экологическими параметрами.

Таким образом, можно констатировать, что параметры, регламентированные ГОСТ 17.2.2.03 (концентрация оксида углерода и углеводородов на режиме (холостого хода), являются лишь диагностическими, характеризующими техническое состояние двигателя автомобиля и, в частности, систем его питания и зажигания. Эти параметры не отражают действительных экологических качеств автомобиля.

Стандартом ГОСТ 21393-75 устанавливаются предельно допустимые нормы и методы определения дымности отработавших газов автомобильных дизелей при работе на холостом ходу в режиме свободного ускорения и на максимальной частоте вращения коленчатого вала. Подобные нормативы действуют на национальном уровне в некоторых европейских странах. Так на начало 90-х годов на режиме свободного ускорения максимальная дымность отработавших газов в Бельгии ограничивалась 60 %, в Англии – 75 %, во Франции - 58...67 %, в Италии - 70...80 % .

Данный стандарт, так же как и ГОСТ 17.2.2.03, регламентирует диагностические параметры, показывающие находится ли двигатель автомобиля в должном техническом состоянии, производится ли его техническое обслуживание в полном объеме или нет, и ни коим образом не характеризует экологические качества автомобиля.

Нормы дымности отработавших газов автомобильных дизелей, установленные стандартом ГОСТ 17.2.2.01-84, полностью соответствовали требованиям Правила ЕЭК ООН 24 на конец 80-х начало 90-х годов XX-го века.

Представленный выше анализ показывает, что в бывшем СССР, после его присоединения в 1987 году к Женевскому Соглашению, предпринимались усилия для доведения производимой автотранспортной техники до норм, удовлетворяющим мировым требованиям. Однако слабый успех таких попыток можно объяснить громоздкостью структуры советского автомобилестроительного производства. Вторым, не менее важным моментом, являлось ограниченное производство современных автотоплив - не содержащих свинцовые добавки, с заданным фракционным составом

и низким содержанием серы. Эти факторы не позволили Минавтосельхозмашу бывшего СССР внедрить передовые технологии в автомобилестроении, что было сделано в свое время в США и практически завершается сейчас в странах Западной Европы.

6.3. Основные экологические показатели качества моторного топлива

В настоящее время в России находится в эксплуатации более 40 млн единиц автомобильного транспорта. Большая часть парка машин оснащена бензиновыми (карбюраторными или инжекторными) двигателями внутреннего сгорания.

Современный автомобильный бензин должен удовлетворять требованиям, обеспечивающим экологичную и надежную работу двигателя:

- иметь хорошую испаряемость, позволяющую получить однородную топливовоздушную смесь оптимального состава при любых температурах;
- иметь групповой углеводородный состав, обеспечивающий устойчивый, бездетонационный процесс сгорания на всех режимах работы двигателя;
- не изменять своего состава и свойств при длительном хранении и не оказывать вредного воздействия на детали топливной системы, резервуары, резинотехнические изделия и т.п.

Автомобильный бензин - это легковоспламеняющаяся горючая жидкость, в состав которой входят углеводороды, выкипающие при температуре от 35 до 200 °С. Важнейшим свойством бензина является его способность в состоянии газообразной смеси воспламеняться и сгорать со скоростью распространения фронта пламени 25...35 м/с. В некоторых случаях процесс горения может приобрести взрывной, детонационный характер. Мгновенное сгорание рабочей смеси нежелательно, так как вызывает вибрацию и перегрев деталей двигателя, преждевременный их износ, снижение мощности.

Способность бензина противостоять взрывообразному горению называется детонационной стойкостью. Она оценивается октановым числом. Для любого бензина октановое число определяют путем подбора смеси из двух эталонных углеводородов: изооктана - октановое число 100, и нормального гептана с октановым числом,

равным 0, которая по детонационным свойствам эквивалентна испытуемому бензину. Процентное содержание в этой смеси изооктана принимают за октановое число.

Одним из принципов классификации различных марок бензина является октановое число. Существуют два метода его определения: исследовательский (ОЧИ - октановое число по исследовательскому методу) и моторный (ОЧМ - октановое число по моторному методу). Моторный метод лучше характеризует антидетонационные свойства бензина в условиях форсированной работы двигателя и его высокой теплонапряженности, исследовательский - при эксплуатации двигателя в городе, когда работа его связана с относительно невысокими скоростями, частыми остановками и меньшей теплонапряженностью.

В России производят автомобильные бензины марок А-72, А-76, АИ-91, АИ-93, АИ-95 и АИ-98 (рис. 6.2). Буква «И» в маркировке указывает на применение исследовательского метода при определении октанового числа, цифры - октановое число. Наиболее велика в производстве доля бензина марок А-92, который вырабатывается по ТУ 38.001 165 - 97. Кроме перечисленных в ГОСТ 2084 в России производятся также автомобильные бензины марок А-80, А-96 (по ТУ 38.001165-97).



Рисунок 6.2 - Обозначения марки бензина на заправочной колонке

Для повышения детонационной стойкости (повышения октанового числа) в процессе компаундирования можно увеличить в бензине долю высокооктановых компонентов. Однако это весьма дорогостоящий способ, поэтому используют более дешевый - введение в состав бензина специальных химических соединений - антидетонаторов. Наиболее эффективным антидетонатором является тетраэтилсвинец (ТЭС) - вещество крайне ядовитое. Чтобы предупредить образование в двигателе нагара, тетраэтилсвинец вводят вместе с выносителем. В результате образуются летучие вещества, которые удаляются из двигателя с отработавшими газами. При этом соединения свинца попадают в атмосферу, почву, воду, отравляя их.

Смесь тетраэтилсвинца с выносителем называется этиловой жидкостью. Бензин, содержащий этиловую жидкость, называется этилированным. Чтобы предупредить отравление им, этилированный бензин окрашивают в различные цвета.

Тetraэтилсвинец в качестве основного компонента антидетонатора (АД-ТЭС) используют уже 80 лет. Однако затраты на санитарно-гигиенические мероприятия, связанные с применением АД-ТЭС, более чем в 10 раз превышают экономический эффект от его применения. В США, ФРГ, Франции, Японии, Швеции и ряде других стран ТЭС запрещен. В России его перестали выпускать в 2001 г., и его применение тоже практически запрещено.

В настоящее время этилированный бензин заменяется неэтилированным. Это связано с использованием в автомобилях каталитических нейтрализаторов отработавших газов. Оксиды свинца разрушают нейтрализатор и выводят его из строя через несколько часов работы двигателя.

Нейтрализаторы обеспечивают соблюдение экологических требований к автотранспортным средствам, которые регламентируются Европейской экономической комиссией ООН (табл. 6.2).

Эти правила периодически пересматриваются в сторону ужесточения. Каждая новая модификация правил получает условное обозначение: Euro-1 (1993 г.), Euro-2 (1996 г.), Euro-3 (2000 г.), Euro-4 (в 2005 г.).

После того как правительство России подписало соглашения Euro-1 и Euro-2, был разработан ГОСТ Р 51105-97 на автомобильные бензины, требования которого соответствуют требованиям европейского стандарта EN 228. Единственное отличие в том, что в

ГОСТ введен низкооктановый бензин АИ-80 (А-76), необходимость производства которого вызвана наличием в стране большого парка устаревших автомобилей. ГОСТ Р 51105-97 вступил в силу с 1 января 1999 г. Он устанавливает следующие марки неэтилированных бензинов: «Нормаль-80», «Регуляр-91», «Премиум-95», «Супер-98». Разработан ГОСТ 51313-99 «Бензины автомобильные. Общие технические требования» - введен в действие с 1 июля 2000 г.

Таблица 6.2 - Требования Европейской экономической комиссии ООН к автомобильному бензину

| Параметры | Euro-2 | Euro-3 | Euro-4 |
|--|--------|-------------|-------------|
| Максимальное содержание, %: | | | |
| бензола | 5,0 | 1,0 | 1,0 |
| серы (для Euro -3, -4 в промилле, ‰) | 0,05 | 150 | 30 |
| ароматических углеводородов | - | 42 | 30 |
| олефиновых углеводородов | - | 18 | 14 |
| кислорода | - | 2,3 | 2,7 |
| Фракционный состав: | | | |
| до 100°С перегоняется, %, не менее | - | 46 | 46 |
| до 150°С перегоняется, %, не менее | - | 75 | 75 |
| Давление насыщенных паров, кПа, не более | - | 60 | 60 |
| Наличие моющих присадок | - | Обязательно | Обязательно |

Октановое число бензина можно повысить, вводя либо антидетонаторы, либо присадки (добавки).

Антидетонаторы увеличивают октановое число, действуя как катализаторы на процесс сгорания топлива, поэтому их применяют в очень малых количествах по отношению к единице топлива. В этом качестве используют производные ферроцена (торговое название ФК-4, в 1994 г. разрешен Госстандартом РФ). Около 10 % валового производства бензина составляет бензин, содержащий ФК-4. Однако повышение нормативного содержания этого антидетонатора в бензине приводит к отложению абразивных частиц оксида железа на деталях камеры сгорания двигателя, в том числе на свечах зажигания, что вызывает различные неполадки.

Очень эффективен антидетонатор на основе циклопентадиенилтрикарбонила марганца - АД-ЦТМ. При его использовании износ двигателей в 1,5 раза меньше, чем при применении АД-ТЭС. Недавно Госстандарт РФ разрешил использование АД-ЦТМ. Наиболее перспективными можно считать антидетонаторы на основе карбониллов металлов.

В отличие от антидетонаторов присадки увеличивают октановое число бензина за счет своего количества. Присадки, как правило, имеют собственное октановое число выше 100.

В качестве октаноповышающих добавок в настоящее время используются метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), этанол, метилциклопентадиэтилтрикарбонил марганца (МЦТМ) и этил-трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ). МТБЭ, например, повышает октановое число, а также снижает уровень СО в отработавших газах и способствует более полному сгоранию углеводородов.

Большие мощности по производству МТБЭ имеются в США, Индии, Тринидаде, Великобритании, во Франции, в последние годы в Китае. У нас в стране производство МТБЭ организовано на предприятии «Нижекамскнефтехим». Недостатком МТБЭ является гигроскопичность, усиленный износ двигателя вследствие образования нагара, плохая совместимость с резинами и другими эластомерами. Кроме того, его высокая концентрация в бензине приводит к увеличению в выбросах концентрации формальдегида, оксида азота, ацетальдегида. Поэтому в Японии установлен норматив введения МТБЭ - не более 7 %. Аналогичные ограничения существуют и в странах Западной Европы.

ЭТБЭ - наиболее устойчивая присадка, она может быть использована даже как альтернативное топливо, однако ее промышленное производство пока не налажено.

За рубежом для улучшения эксплуатационных свойств автомобильного бензина широко используют многофункциональные присадки, уделяя особое внимание моющим. Применение моющих присадок обеспечивает нормальную работу двигателя при его эксплуатации. Впервые бензин с моющими присадками был разработан фирмой SHEVRON в 1954 г., но широкое распространение они получили лишь с введением принудительной системы вентиляции картера.

В России промышленное производство моющих и многофункциональных присадок к автомобильному бензину до 90-х годов

XX-го века отсутствовало. В середине 90-х годов ВНИИ НП разработал бензольную многофункциональную присадку «Афен» - композицию аминоамидов с добавлением поверхностно-активного вещества и бинарного растворителя. «Афен» предотвращает образование льда и коррозию топливной системы, смывает смолистые отложения в карбюраторе автомобиля и предотвращает их образование, что обеспечивает экономию бензина до 5 % и в 1,5 раза снижает концентрацию оксида углерода в отработавших газах. По моющим свойствам «Афен» не уступает зарубежным аналогам. Позже тем же институтом была разработана модификация «Афена» - многофункциональная присадка «Автомат» на базе более доступного сырья. По результатам испытаний она допущена к применению. На бензин с этой присадкой получен гигиенический сертификат.

Ассортимент присадок (добавок) и антиокислителей, используемых в России:

Антидетонационные присадки (добавки)

Хайтек-3000 (фирма Ethyl) - До 50 мг/л Мп

АвтоВЭМ (ТУ 38.401-58-185-97) - До 1,3 %

Феррада (ТУ 38.401-58-186-97) - До 1,3 % (37 мг/л Fe)

АПК (ТУ 38.401-58-189-97) - До 0,3 % (37 мг/л Fe)

Феро3 (ТУ 38.401-58-83-94) - До 0,02 % (37 мг/л Fe)

АДА (ТУ 38.401-58-61-93) - До 1,3 %

БВД (ТУ 38.401-58-228-99) - До 1,9 %

БОКЭ (ТУ 38.401-58-244-99) - До 5 %

МАФ (ТУ 38.401-1045-96) - До 3,5 % (37 мг/л Fe)

Фэтерол ТУ 2421-009-04749189-95) - До 15 %

МТБЭ (ТУ 103704-90) - До 15 %

ДАКС (ТУ 0251-003-02066612-96) - До 3,5 %

Октан-Максимум (ТУ 38.401-144-97) - 3-7 мг/л Fe

Моющие и многофункциональные присадки

Хайтек 4449 (фирма Ethyl) - 0,035-0,06 %

Керопур 3222 (фирма BASF) - 0,035-0,06 %

SAP 9500 (фирма Shell) - 0,035 %

Автомат (ТУ 38.401-58-171-96) - 0,05 %

Афен (ТУ 38.401743-89) - 0,05 %

Антиокислители

Агидол-1 (ТУ 38.5901237-90) - До 0,1 %

Агидол-12 (ТУ 38.30216371-88) - До 0,3 %

Наряду с октановым числом качество бензина формирует его фракционный состав, то есть преобладание той или иной группы углеводородов в природной нефти или в нефтепродуктах, а также присутствие в них серо-, азот- и кислородсодержащих соединений.

Если, к примеру, в бензине есть примесь серы, то при его сгорании образуются сернистые соединения, которые загрязняют окружающую среду, вызывая появление «кислотных дождей». Водорастворимые кислоты и щелочи недопустимы, так как они вызывают коррозию двигателя.

Жидкие парафиновые углеводороды (от C_5 до C_{15}) почти все при перегонке нефти попадают в бензиновый дистиллят. Если в бензине присутствует значительное количество парафиновых углеводородов так называемого нормального строения, то есть таких, в которых атомы углерода соединены в виде прямой цепочки, качество бензина низкое. И наоборот, парафиновые углеводороды изомерного строения, с разветвленной цепочкой углеводородных атомов, имеют высокое октановое число, а бензин, содержащий такие углеводороды, отличается хорошей октановой характеристикой.

Содержание в бензине цикланов весьма желательно, так как они имеют более высокие октановые числа, чем парафиновые углеводороды нормального строения.

Ароматические углеводороды - бензол, толуол, ксилол, этилбензол и другие - являются ценным сырьем для производства высокооктанового бензина, они обладают высокими октановыми числами.

Однако усиленное применение ароматических компонентов вместо этиловой жидкости для повышения октановой характеристики бензина может привести к увеличению выбросов ароматических углеводородов, в частности бензола, с отработавшими газами. Поэтому применение неэтилированного бензина на автомобилях без каталитических нейтрализаторов недопустимо.

С фракционным составом бензина связаны такие характеристики двигателя, как его пуск, образование паровых пробок в системе питания, прогрев и приемистость, экономичность и долговечность работы.

Пусковые характеристики двигателя улучшаются по мере увеличения содержания в бензине низкокипящих фракций. Однако при этом увеличивается вероятность образования паровых пробок. При нагревании бензина в системе питания двигателя его низкокипящие

углеводороды испаряются, образуя пары, объем которых примерно в 150...200 раз больше объема жидкого бензина. Подача бензина в цилиндры из-за снижения массовой производительности уменьшается, горючая смесь обедняется, что приводит к потере мощности двигателя или даже к прекращению его работы.

Как устранить эти явления? Для бензина установлены ограничения на содержание низкокипящих фракций, регламентированы температура начала кипения бензина (для летних сортов), температура перегонки его 10 %, а также давление насыщенных паров. Кроме того, чтобы избежать образование паровых пробок, следует использовать марку бензина, соответствующую сезону.

Для бензина с высоким содержанием низкокипящих фракций характерны большие потери при хранении и транспортировании. Такой бензин может приводить к обледенению карбюратора, так как быстро испаряющиеся низкокипящие фракции отнимают теплоту из воздуха, в котором происходит испарение, и от металлических деталей впускной системы карбюратора. Чем больше низкокипящих фракций в бензине, тем ниже температура топливовоздушной смеси.

С учетом противоречивых требований к фракционному составу бензина у нас в стране вырабатывают два вида бензина - зимний и летний. Автомобильный бензин, за исключением марки АИ-98, подразделяют на летний - для применения во всех районах, кроме северных и северо-восточных, в период с 1 апреля по 30 сентября (в южных районах допускается применять летний вид бензина в течение всего года), и зимний - для применения в течение всех сезонов в северо-восточных районах, а в остальных районах с 1 октября по 31 марта. Эти виды бензина имеют оптимальный фракционный состав для определенных температурных условий и позволяют без осложнений эксплуатировать автомобили в различное время года в различных географических районах и климатических условиях.

От наличия в бензине тяжелых фракций углеводородов в значительной мере зависят долговечность двигателя и его экономичность. Количество тяжелых фракций углеводородов обуславливает температуры конца кипения и перегонки 90 % бензина. Если эти температуры достаточно высоки, то тяжелые фракции не успевают испаряться во впускной системе и поступают в цилиндры двигателя в жидком виде. В результате часть их не успевает сгорать - экономичность двигателя снижается.

Тяжелые фракции бензина, осевшие на стенках цилиндра, смывают масло с трущихся поверхностей и ухудшают условия их смазки. Попадают в картер двигателя также фракции и снижают вязкость масла, что также увеличивает износ двигателя. Несгоревшее в цилиндре топливо откладывается на поверхности камеры сгорания и поршней в виде нагара, который инициирует детонацию, калильное зажигание и другие нарушения в работе двигателя.

Поэтому, чем ниже температура конца кипения бензина и перегонки его 90 %, тем лучше бензин, двигатель долговечнее и экономичнее. Для бензина установлены нормы температуры перегонки его 90 % и конца его кипения: для летнего - соответственно не выше 180 и 195 °С, для зимнего - соответственно не выше 160 и 185 °С.

В процессе хранения бензин подвергается различным химическим превращениям, ведущим к ухудшению его эксплуатационных свойств. Способность бензина противостоять этим химическим превращениям называют химической стабильностью. Химическая стабильность бензина определяется главным образом содержанием в нем непредельных углеводородов, которые в силу их химической структуры легко взаимодействуют с кислородом воздуха, образуя высокомолекулярные смолистые вещества. На процесс окисления влияют также содержащиеся в бензине неуглеводородные соединения.

Оседая на штоках и тарелках клапанов, в камере сгорания при высокой температуре смолистые вещества превращаются в твердые отложения - нагары. Это приводит к нарушениям в работе двигателя и, как следствие, к снижению его мощности и экономичности. Поэтому необходимы ограничения на содержание в бензине высокомолекулярных смол.

Нагарообразование в двигателе возрастает также с увеличением содержания в бензине тетраэтилсвинца, серы и ароматических углеводородов. Содержание свинца и серы в бензине строго регламентировано. Ароматические углеводороды вследствие своей высокой детонационной стойкости являются желательной составляющей бензина, но из-за повышенного нагарообразования их количество в бензине следует ограничить.

Новыми нормативными документами предусмотрено ужесточение требований к показателям качества. Бензин с улучшенными экологическими свойствами должен содержать: бензола 1...3 %,

серы не более 0,03 %, ароматических углеводородов не более 45 %, олефиновых углеводородов не более 20 % и применяться только с моющими присадками. Кроме того, принято решение, что автомобильный бензин, выпускаемый не по ГОСТ, а по ТУ, проходит обязательную сертификацию на соответствие ГОСТ 51313-99.

В России эксплуатируется значительное число импортного дизельного автотранспорта. Предполагается, что дизели будут устанавливаться и на отечественных автомобилях УАЗ и «Газель». В Европе доля продаж машин, оснащенных дизелями, в среднем достигла почти 30 % (в Германии она составляет 85 %).

Дизельное топливо используется как на передвижных, так и на стационарных установках с дизелем, характеризующимся большими экономичностью, приемистостью, надежностью, долговечностью, меньшей пожароопасностью.

Работа дизеля существенно отличается от работы двигателя карбюраторного. Топливо подается в камеру сгорания через форсунки в капельно-жидком состоянии, смешивается с воздухом и воспламеняется от сжатия.

В качестве дизельного топлива используется нефтяная фракция, основу которой составляют углеводороды с температурой кипения 170...360 °С (против 35...200 °С для бензинов). В ней содержится по массе 87 % углерода, 13 % водорода, до 0,5 % серы, незначительное количество кислорода и азота. По внешнему виду дизельное топливо - это жидкость от желтого до темно-коричневого цвета с высокой удельной теплотой сгорания (примерно 43 МДж/кг), что позволяет автомобилям с дизельными двигателями иметь большой запас хода. По объемам производства дизельное топливо находится на втором месте, несколько уступая топочному мазуту и в 1,8 раза превосходя автомобильный бензин.

Дизельное топливо должно удовлетворять следующим требованиям:

- для обеспечения хорошего смесеобразования в цилиндрах двигателя иметь определенный фракционный состав. Так, 50 % зимнего дизельного топлива должны выкипать при температуре до 250 °С, летнего - до 280 °С. Чем больше в топливе легкокипящих фракций, тем быстрее оно испаряется после впрыска, обеспечивая лучшую полноту сгорания, малую дымность и более легкий пуск двигателя;

- хорошо течь, что необходимо для бесперебойной подачи в камеру сгорания, облегчения фильтрации и хорошего смесеобразования. Текучесть топлива характеризуется вязкостью при температуре 20 °С;

- температура застывания должна обеспечивать надежность работы двигателя зимой. При температуре ниже установленного значения нарушается прокачиваемость дизельного топлива и невозможна его подача в цилиндры двигателя. Температура застывания летнего топлива должна быть не выше минус 10 °С, зимнего - не выше минус 35 °С, арктического - не выше минус 55 °С;

- быстро воспламеняться и плавно сгорать. Воспламенение топлива, поданного в камеру сгорания, происходит не сразу. Между моментом впрыскивания и воспламенением происходит распыление топлива, перемешивание его с воздухом, нагревание, испарение и окисление. В результате накапливается теплота, повышается температура - топливо воспламеняется. Температуру, до которой нужно нагреть топливо в смеси с кислородом воздуха, чтобы началось его горение, называют температурой самовоспламенения. Чем ниже температура самовоспламенения, тем легче запускается холодный двигатель;

- иметь диапазон цетанового числа (ЦЧ) 45...50 единиц. Чем короче период задержки самовоспламенения, тем плавнее и эффективнее сгорает топливо. Этот период оценивается цетановым числом, т.е. процентным содержанием (по объему) цетана (ЦЧ-100) в искусственно приготовленной смеси с α -метилнафталином (ЦЧ-0). Для повышения ЦЧ, особенно для топлива, используемого при низких температурах, к нему добавляют специальные присадки — изопронитраты.

Кроме того, дизельное топливо должно обладать способностью обеспечивать чистоту топливоподающей системы, деталей двигателя, не вызывать их коррозии, полностью сгорать, не образуя дыма, быть стабильным при хранении. Эти свойства в стандартах нормируются такими показателями качества, как коксовое число, температура вспышки, фильтруемость, наличие механических примесей и воды, содержание серы, кислотность.

Коксовое число характеризует способность топлива при температуре 800...900 °С без доступа воздуха образовывать твердый остаток - кокс. Коксуемость зависит от наличия в топливе смолистых соединений, его вязкости и фракционного состава.

Температура вспышки определяет степень пожароопасности топлива при его транспортировании, хранении и применении. Желательно, чтобы она была как можно более высокой.

Фильтруемость дизельного топлива показывает его способность предотвращать засорение фильтров и характеризуется специальным коэффициентом. Чем ближе коэффициент фильтруемости к единице, тем выше качество дизельного топлива.

Содержание механических примесей и воды в дизельном топливе приводит к износу деталей и образованию ледяных пробок в зимнее время года.

Отечественная нефтеперерабатывающая промышленность в соответствии с ГОСТ 305-82 вырабатывает дизельное топливо трех марок:

Л - летнее, применяется при температуре окружающего воздуха выше 0 °С;

З - зимнее, применяется при температуре до минус 30 °С;

А - арктическое, применяется при температуре до минус 50 °С.

Содержание серы в дизельном топливе марок Л и З не должно превышать 0,2 %, марки А - 0,4 %. Для экспорта в соответствии с ТУ 38.401-58-110-94 производится дизельное топливо с содержанием серы 0,2 %.

Коррозионные свойства (кислотность) топлива зависят от содержания в нем органических кислот и серы, содержание их строго ограничивается.

Дизельные топлива, как и бензины, имеют условные обозначения. Например, Л-0,2-40: летнее, содержание серы 0,2 %, температура вспышки 40 °С; З-0,4-35: зимнее, содержание серы 0,4 %, температура застывания минус 35 °С. В обозначение арктического топлива входит только содержание серы.

В последние годы получило распространение наиболее эффективное в условиях России дизельное топливо. Зимнее дизельное топливо с депрессорными присадками (ТУ 38.101889-81) марки ДЗп получают на базе летнего дизельного топлива путем добавления присадки на основе сополимеров этилена с винилацетатом. Присадка обеспечивает снижение температуры застывания до минус 30 °С. В районах с холодным климатом (температура до минус 45 °С) используют топливо, вырабатываемое по ТУ 38.401-58-6-92. Экологически чистое дизельное топливо (ТУ 38.1011348-89) имеет показатель содержания серы 0,05 и 0,1 %. Такое топливо получают

гидроочисткой дизельного топлива. Городское дизельное топливо (ТУ 38.401-58-170-96) предназначено для использования в Москве. Оно отличается от экологически чистого пониженными дымностью и токсичностью отработанных газов на 30...50 %. Низкотемпературные свойства этого топлива также улучшены.

С 1 июля 2012 года все нефтеперерабатывающие заводы ЛУКОЙЛа в России перешли на производство автомобильных бензинов АИ-92 и АИ-95, соответствующих только классу 5 (Евро 5). Выпуск бензинов класса 4 (Евро 4) с этого момента прекращается.

Первая партия бензина АИ-98 класса 5 (Евро 5) была выпущена на нефтеперерабатывающем заводе "ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез" в мае 2011 года.

Таким образом, ЛУКОЙЛ значительно опережает требования государственного технического регламента по срокам начала производства моторных топлив, соответствующих классу 5.

Бензины класса (Евро 5) поступят в розничную продажу на автозаправочные станции ЛУКОЙЛа (рис. 6.3.) и оптовым покупателям по мере исчерпания остатков бензинов класса 4 (Евро 4).



Рисунок 6.3 - Топливозаправочная станция

Таким образом, введение в спецификации на автомобильные бензины ограничений по содержанию вредных соединений стало практикой для ведущих мировых производителей нефтепродуктов.

6.4. Воздействие автомобильных дорог и дорожного движения на окружающую среду

Автомобильная дорога - комплекс сооружений и устройств, который обеспечивает движение автотранспортных потоков (АТП). Сооружение и эксплуатация автомобильных дорог связаны с серьезными вредными воздействиями на окружающую среду. Эти воздействия имеют комплексный характер, как от АТП, так и от элементов инфраструктуры автомобильной дороги, связанный с природными экосистемами и близлежащей жилой застройкой. Перечень техногенных воздействий автомобильных дорог приведен на рис. 6.4. Это воздействие *на атмосферу* - акустическое загрязнение, запыленность, загрязнение вредными веществами (ВВ), химическое загрязнение и электромагнитные поля; загрязнение *гидросферы* - сточные воды, и, наконец, *литосферы* - вредные вибрации и загрязнение вредными веществами.

К основным видам воздействия автомобильных дорог на окружающую среду (ОС) следует отнести:

- нарушение экосистем и территорий (изменение ландшафтов, изменение гидрологического режима территорий, нарушение почв, изменение естественных ареалов распространения растительности и обитания диких животных, уничтожение биоты);
- загрязнение окружающей среды во всех трех средах обитания (атмосфере, гидросфере и литосфере).

Наиболее интенсивные и разнообразные воздействия дорожного движения оказывает на *атмосферу*. В числе основных факторов загрязнения окружающей среды здесь следует отметить:

- вредные химические вещества - продукты выхлопа отработавших газов автомобилей (диоксид азота, оксид и диоксид углерода, диоксид серы, углеводороды, бенз(а)пирен и др.);
- пыль - твердые частицы (продукт стирания шин и перевозимых грузов) и сажа (продукт выхлопа дизельных двигателей);
- физические поля (акустическое, инфразвуковое и электромагнитное).

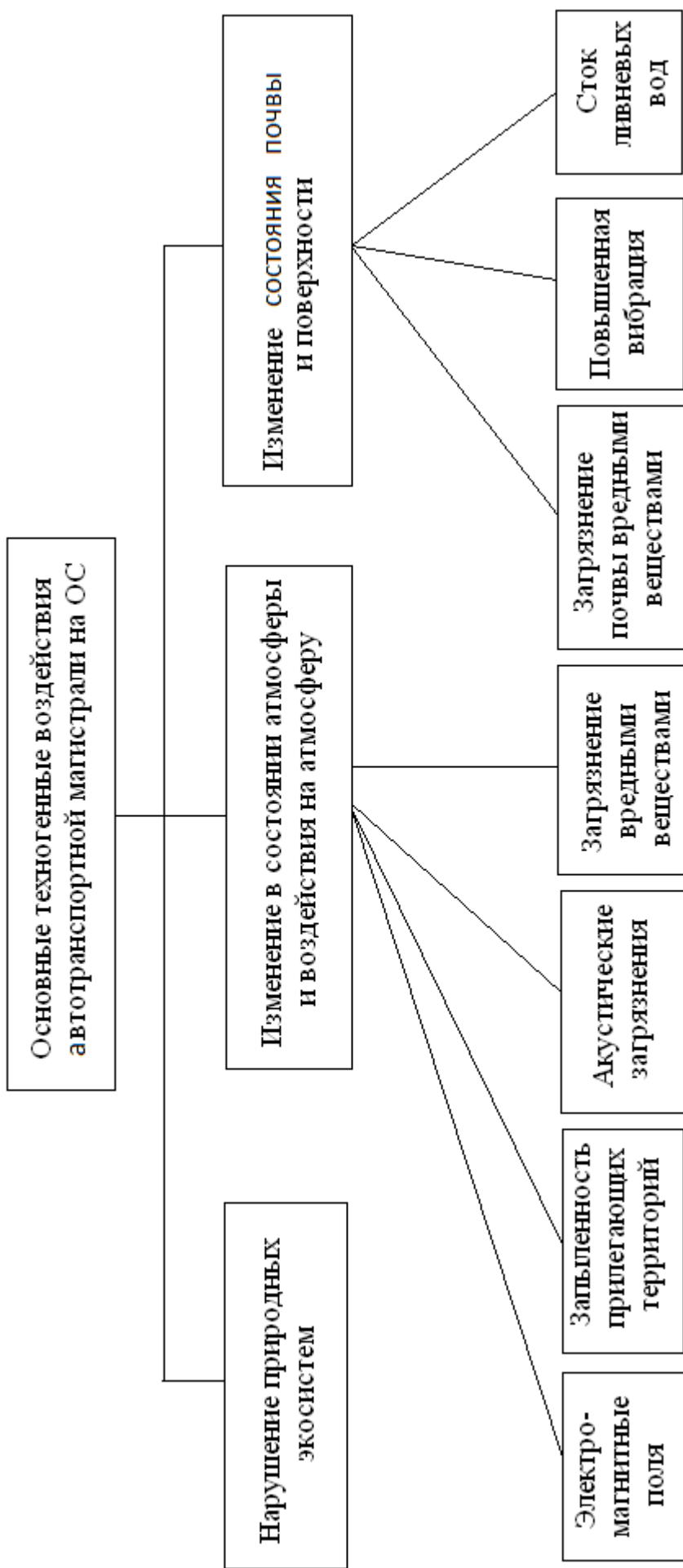


Рисунок 6.4 - Технологические воздействия автомобильной дороги на окружающую среду

Характер и интенсивность этих воздействий зависят от интенсивности, скорости движения и состава транспортного потока, рядности движения и пр. Учитывая разнообразный характер этих факторов, универсальным показателем, указывающим на опасность вредного воздействия на ОС, является предельное расстояние, на котором рассматриваемый фактор не превышает предельно допустимых уровней (ПДУ) или предельно допустимых концентраций (ПДК). Это расстояние можно условно назвать санитарно-защитной зоной (СЗЗ) по рассматриваемому фактору. В качестве примера воздействия в табл. 6.3. приведены расчетные значения воздействий на атмосферу для 8-полосного движения с ориентировочной скоростью 100 км/ч. Эти расчеты были выполнены при проектировании восточного полукольца автодороги вокруг С.-Петербурга.

Таблица 6.3 - Воздействие вредных факторов на атмосферу

| Вредный фактор | Нормируемая характеристика | СЗЗ, м |
|---|----------------------------|------------|
| Вредные химические вещества, например диоксид азота | ПДК, мг/м ³ | 30...60 |
| Пыль, сажа | ПДК, мг/м ³ | 20...30 |
| Повышенный шум | ПДУ, дБА | 600...1000 |
| Электромагнитные поля (от линии электроосвещения) | | 20...30 |
| Инфразвук | ПДУ, дБ | 40...70 |

Таким образом, основным фактором, обеспечивающим наибольшую ширину зоны сверхнормативного воздействия, является акустическое загрязнение - повышенный шум, который распространяется с превышением в 10 раз и более на большие расстояния, чем другие вредные факторы.

Воздействие на *гидросферу* выражается в сбросах неочищенных ливневых стоков с поверхности в канализацию или водоемы. Уровни этого загрязнения могут составлять 2...3 ПДК в воде.

Воздействие на *литосферу* характеризуется загрязнением тяжелыми металлами (особенно свинцом), вредными химическими веществами, применяемыми при тех или иных технологических

процессах (например, соль), нефтепродуктами и эксплуатационными жидкостями и, наконец, воздействием вибрации (табл. 6.4).

Таблица 6.4 - Воздействие вредных факторов на литосферу

| Вредные факторы или вещества | Нормируемая характеристика | C33,м |
|------------------------------|----------------------------|---------|
| Вибрация | ПДУ, дБ | 35...60 |
| Свинец | ПДК, мг/м ³ | 20...30 |

Анализируя данные приведенные в таблицах, можно утверждать, что основные вредные факторы затухают до ПДУ и ПДК на расстояниях 20...70 м. Превалирующим является шум, распространение которого с превышением ПДУ отмечается на расстояниях в десятки раз больших, чем для других факторов. Это объясняется двумя основными причинами:

- очень высокими уровнями шума, генерируемыми транспортными потоками с высокоинтенсивным движением;
- весьма специфичными особенностями затухания звука в атмосфере, в особенности от транспортных магистралей (здесь транспортный поток должен рассматриваться как линейный источник цилиндрических звуковых волн, что предполагает на расстояниях до нескольких сот метров наличие затухания всего 3 дБА при удвоении расстояния, например с 10 до 20 м или со 100 до 200 м и т.д.).

Интенсивность шума в жилой застройке зависит от:

- скорости транспортного потока (увеличивается на 6...7 дБА при каждом удвоении скорости движения).

6.5. Снижение воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду

Приоритетными направлениями снижения загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом являются:

- применение новых видов автотранспорта, минимально загрязняющих окружающую среду (например, электромобилей);
- рациональная организация и управление транспортными потоками;

- использование более качественных или экологически чистых видов топлива (например, газа);
- применение совершенных систем - катализаторов топлива - и систем шумоглушения - глушителей шума.

Все мероприятия по снижению выбросов автотранспорта подразделяют на технологические, санитарно-технические, планировочные, административные (рис. 13.5).

Можно выделить два основных направления повышения экологичности автомобильного транспорта. Первое связано с техническим совершенствованием двигателей внутреннего сгорания и организацией рационального дорожного движения, а второе - с разработкой гибридных транспортных средств, электромобилей и автомобилей, оснащенных инерционными накопителями.



Рисунок 13.5 - Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта

Техническое совершенствование ДВС автомобилей идет по следующим направлениям: экономия топлива, введение присадок в топливо, использование комбинированных и новых видов топлива, очистка отработавших газов.

В комплексе технологических мер по снижению вредных выбросов от автотранспорта важное место занимает разработка технологий глубокой очистки бензина и дизельного топлива от серы и некоторых тяжелых металлов, в частности ванадия, непосредственно на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности. Следующей самостоятельной задачей является регулировка двигателей. Известно, что хорошо отрегулированный двигатель на 30...40 % улучшает характеристики сгорания топлива, что приводит к сокращению выбросов вредных веществ. Регулировку двигателей выполняют в процессе специализированных работ в стационарных условиях.

Исходя из изложенного, следует подчеркнуть, что суть экологической безопасности автотранспорта - в экологически безопасном топливе, высоком КПД его использования на всех режимах работы двигателя, качестве дорожного покрытия, опыте водителя и оптимальном регулировании дорожного движения.

Важную роль в системе снижения вредных выбросов играют нейтрализаторы. В комплексе с бензином с улучшенными экологическими характеристиками, системами диагностики и регулировки двигателей нейтрализаторы завершают набор необходимых технических систем экологической безопасности автотранспортных средств.

Другим важным аспектом (с эколого-экономической точки зрения) рассматриваемой проблемы является переработка отходов автотранспортных средств, так как, нанося ущерб окружающей среде, они одновременно являются ценным вторичным продуктом.

6.5.1. Совершенствование конструкции двигателей

Совершенствование конструкции современного ДВС с искровым зажиганием является одним из основных мероприятий снижения токсичности ОГ до величин, регламентированных существующими стандартами. Наибольшее влияние на токсичность ОГ оказывают изменения, вносимые в систему питания и зажигания ДВС, поскольку эти системы во многом определяют процесс воспламенения

и сгорания рабочей смеси, совершенствование системы питания ДВС, позволяющее добиться более равномерного распределения рабочей смеси по цилиндрам, обеспечить ее оптимальный состав для каждого режима работы и возможность работы на бедных смесях, влияет в основном на количество продуктов неполного сгорания в ОГ.

Работы ведутся в следующих направлениях:

-улучшение качества процесса смесеобразования во впускной системе;

-улучшение распыливания топлива;

-применение регуляторов принудительного холостого хода;

- обеспечение равномерного распределения смеси до цилиндров.

Улучшение качества процесса смесеобразования и распыливания топлива позволяет повысить предел обеднения рабочей смеси и увеличить полноту ее сгорания. При использовании карбюраторов, в которых распыливание топлива происходит при высоких (близких к звуковым) скоростях движения воздуха, значительно улучшается процесс смесеобразования, особенно в режимах холостого хода. При этом снижается содержание C_nH_m в ОГ, двигатель устойчиво работает на х. х., а содержание CO в этом режиме находится в пределах 0,2... 0,3 % по объему.

Подогрев выпускного трубопровода тоже приводит к улучшению процесса смесеобразования, так как при этом быстрее и полнее происходит испарение топлива: выделение CO и C_nH_m уменьшается, но выделение NO_x увеличивается. Подогрев смеси целесообразно вводить при работе ДВС на х.х. и малых нагрузках. Особенно необходим подогрев смеси при эксплуатации автомобиля в зимнее время года.

В случае отключения жиклера х.х. снижается расход топлива и выброс CO, но увеличивается выброс C_nH_m , так как часть топлива из каналов х.х. уносится воздухом. При переходе с режима принудительного х.х. наблюдаются «провалы», неустойчивая работа двигателя на х.х. Поэтому применяется, как правило, одновременное отключение подачи топлива и воздуха в режиме принудительного х.х. При этом снижаются выбросы CO и C_nH_m .

В многоцилиндровых карбюраторных двигателях нередко наблюдается неравномерное распределение рабочей смеси по цилиндрам, что вызывает повышенное содержание продуктов неполного сгорания в ОГ. Эффективный метод снижения неравномерности

распределения смеси по цилиндрам - *применение систем непосредственного впрыска топлива*. Впрыск бензина обычно осуществляется во впускной коллектор и бывает одноточечным (с одной форсункой, установленной вместо карбюратора) и многоточечным, или распределенным, когда форсунки ставят непосредственно перед впускными клапанами. Первое время широко применялся механический впрыск, но сейчас он повсеместно вытеснен электронным. Такие двигатели даже без нейтрализаторов ОГ с запасом укладываются в отечественные нормы и не требуют каких-либо регулировок во время эксплуатации, как карбюраторные. Содержание СН в ОГ двигателей составляет 0,8...1 % от объема. При этом возрастает мощность двигателя и снижается расход топлива. Наилучшие результаты получены при электронном управлении впрыском топлива. Легкий пуск в любую погоду, разгон без «провалов» на непрогретом моторе. Легкость перенастройки электронной системы; для этого достаточно заменить или перепрограммировать микросхему в бортовом компьютере - и можно, например, перевести мотор с 95-го на 93-й бензин или из «экологичного» режима в «мощностной» или «экономичный». Но многоточечный впрыск гораздо дороже одноточечного. Недостатком впрыска является его требовательность к качеству топлива, а любая неисправность такой системы требует диагностики и ремонта только в специализированных технических центрах.

Существенное влияние на состав ОГ оказывает также, как отмечалось выше, регулировка системы х.х. Оптимальная регулировка позволяет снизить содержание СО на 30 % и C_nH_m на 15 % при некотором увеличении (до 5 %) NO_x . В конструкциях современных карбюраторов, сейчас применяют различные ограничивающие устройства, исключающие перерегулировку системы х.х. в больших пределах в процессе эксплуатации.

Совершенствование системы зажигания играет большую роль в процессе сгорания рабочей смеси в цилиндрах. На многих автомобилях в системе зажигания предусмотрены устройства, обеспечивающие установку поздних углов опережения зажигания, иногда даже после верхней мертвой точки (ВМТ). При этом процесс сгорания смеси затягивается на такте расширения, нередко до открытия выпускного клапана. Концентрация СО и NO_x в ОГ ДВС практически не меняется, а концентрация C_nH_m уменьшается. Это объясняется увеличением температуры ОГ и догоранием C_nH_m в выпускной системе. Отрицательным последствием работы ДВС при позднем

зажигания является снижение КПД и некоторое увеличение расхода топлива.

Второе направление совершенствования системы зажигания - обеспечение стабильной мощной искры на свече. Это привело к появлению систем зажигания с увеличенным временем разряда или подачей серии искр. Применение транзисторных систем зажигания, обеспечивающих мощный разряд, позволяет снизить содержание C_nH_m в ОГ до 10 % с одновременным повышением надежности системы [5].

Как уже отмечалось, ОГ ДВС являются не единственным источником загрязнения атмосферы C_nH_m . Около 35 % C_nH_m попадают в атмосферу с картерными газами и при испарении топлива из карбюратора и топливного бака.

Самым распространенным способом предотвращения попадания в атмосферу C_nH_m с картерными газами является использование замкнутой системы вентиляции картера.

ОГ (C_nH_m), попавшие в картер ДВС, очищаются в маслоотделителе от капелек масла, поступают в воздушный фильтр, а затем в карбюратор, и сгорают в цилиндре.

При замкнутой системе вентиляции картера выброс уменьшается на 10...50 %, но приблизительно в 2 раза увеличивается содержание бенз(а)пирена в ОГ. Это объясняет тем, что во впускную систему вместе с ОГ опадают пары масла, которые затем сгорают в ДВС.

Для уменьшения испарения топлива на автомобили устанавливают - систему улавливания паров бензина (СУПБ). СУПБ работает следующим образом: при неработающем ДВС в случае достижения определенного давления паров в топливном баке они через трехпозиционный клапан поступают в адсорбер, представляющий собой емкость с активированным углем.

В адсорбере пары топлива накапливаются. При работающем ДВС через адсорбер просасывается воздух, который уносит накопившиеся пары топлива во впускную систему двигателя. При работающем двигателе магистраль, связывающая топливный бак и адсорбер, перекрыта. У автомобиля, оборудованного СУПБ, количество C_nH_m , попадающее в атмосферу при испарении топлива, уменьшается в 5 раз.

Состав ОГ в наибольшей степени определяется техническим состоянием ДВС. На ДВС приходится 84 % неисправностей,

влияющих на выброс токсичных веществ. Очевидно, что старые автомобили в эксплуатации имеют значительно более высокую токсичность ОГ, чем новые. Это объясняется изменением в результате эксплуатации технического состояния, регулировок систем питания, зажигания и газораспределительного механизма, износом цилиндропоршневой группы, отложением нагара на стенках камеры сгорания, увеличением потерь в трансмиссии и сил сопротивления движению.

Поддержание технического состояния автомобиля в период его эксплуатации позволяет значительно уменьшить загрязнение атмосферы продуктами неполного сгорания топлива (в среднем на 30...40 % для одного автомобиля). В итоге цифра получается очень значительная, поскольку основную часть парка составляют автомобили со средними и большими пробегами [5].

Токсичность двигателя с искровым зажиганием можно существенно уменьшить путем совершенствования конструкции и формы камеры сгорания, впускной и выпускной систем двигателя, введения оптимальных регулировок состава смеси и угла опережения зажигания, применения непосредственного впрыска топлива, организации послойного смесеобразования, перепуска ОГ во впускную систему, впрыска воды, поддержания двигателя в должном техническом состоянии, рациональной его эксплуатации.

На выделение токсичных веществ двигателем с искровым зажиганием большое влияние оказывает состав смеси и угол опережения зажигания. Подбирая оптимальные в отношении токсичности регулировки указанных параметров, можно значительно уменьшить выделение токсичных веществ. Это в равной мере относится и к карбюраторным, и дизельным двигателям.

Наибольшее количество токсичных веществ двигатель выделяет при ускорении и замедлении автомобиля, а также на режиме холостого хода. Поэтому в первую очередь указанные выше параметры регулируют на этих режимах. Влияние регулировок состава смеси и угла опережения зажигания Q на концентрацию токсичных веществ в ОГ карбюраторного двигателя при разгоне автомобиля приведено в табл. 6.5.

Признанным методом уменьшения выделения оксидов; азота с ОГ является перепуск части газов во впускную систему двигателя. Концентрация NO_x в ОГ двигателя зависит от максимальной температуры и наличия свободного кислорода в продуктах сгорания.

Таблица 6.5 - Количество токсичных веществ в зависимости от скорости движения автомобиля

| Скорость автомобиля, км/ч | Количество токсичных веществ | | Скорость автомобиля, км.ч | Количество токсичных веществ | |
|---------------------------|------------------------------|-------|---------------------------|------------------------------|-------|
| | СН, млн ⁻¹ | СО, % | | СН, млн ⁻¹ | СО, % |
| 0-40 24-48 | $\alpha=0,87^*$ | | 0-40 24-48 | Q=10° после В. М. Т** | |
| | 520 | 3,1 | | 205 | 0,4 |
| | 590 | 3,1 | | 235 | 0,3 |
| 0-40 24-48 | $\alpha=1,0$ | | 0-40 24-48 | Q=5° после В. М. Т** | |
| | 205 | 0,4 | | 145 | 0,6 |
| | 235 | 0,3 | | 185 | 0,4 |

* Величина $\alpha = 0,87$ и $Q = 10^\circ$ до В. М. Т. соответствует заводским регулировкам;

** Угол опережения зажигания для режимов холостого хода. Оптимальные регулировки двигателя являются эффективным средством уменьшения токсичности двигателей (по продуктам неполного сгорания).

Уменьшение выделения NO_x с помощью рециркуляции части ОГ объясняется понижением максимальной температуры процесса сгорания из-за уменьшения количества топлива, поступающего в цилиндр при рециркуляции, и большей теплоемкости продуктов сгорания по сравнению с теплоемкостью воздуха.

Введение системы рециркуляции несколько ухудшает динамические качества автомобиля. При работе двигателя на этилированном бензине в системе рециркуляции и камере сгорания образуются отложения, которые содержат в основном свинец. Это приводит к нарушению ее нормальной работы.

Впрыск воды во впускной трубопровод двигателя приводит к понижению максимальной температуры цикла и, следовательно, к снижению концентрации NO_x при работе с различными α . Наибольший эффект достигается при отношении количества воды к количеству топлива равном 1,25, и $\alpha = 0,925$. Впрыск воды несколько улучшает мощностные и экономические показатели двигателя. Только при $\alpha = 0,925$ и больших подачах воды показатели начинают ухудшаться.

Однако для массового автомобиля система вряд ли найдет применение из-за усложнения конструкции и необходимости иметь запас воды, соизмеримый с запасом топлива.

Относительное изменение выделения оксидов азота в зависимости от коэффициента избытка воздуха, полученное обработкой опытных данных по различным двигателям, показывает, что уменьшение концентрации оксидов азота возможно при обогащении смеси до $\alpha = 0,6 \dots 0,8$ или обеднении до $\alpha > 1,15$. Работа двигателя на обогащенных смесях приводит к резкому повышению концентрации продуктов неполного сгорания (СО и СН), а при обеднении смеси двигатель начинает работать неустойчиво. Для уменьшения выделения всех основных токсичных компонентов (NO_x , СО, СН) целесообразно применять глубокое расслоение смеси, при котором в первой стадии процесс сгорания происходит в зоне обогащенной смеси, а во второй стадии - в зоне обедненной смеси. Выход оксидов азота в первой стадии ограничивается недостатком кислорода, а во второй - низкой температурой. При послойном смесеобразовании обогащенная смесь находится в зоне расположения свечи зажигания. Это создает благоприятные условия для воспламенения смеси электрической искрой и формирования начального очага пламени, что обеспечивает устойчивую работу двигателя на обедненных смесях и уменьшение цикловой неравномерности. В настоящее время известно много способов послойного смесеобразования и сжигания неравномерно распределенной смеси. *Основные из них:* бесфоркамерно-факельное дожигание рабочей смеси, форкамерно-факельное сжигание, расслоение смеси внутри цилиндра с помощью вихревого движения воздуха и впрыска топлива в воздушный поток, подача дополнительного воздуха в цилиндр, применение разделенных камер сгорания.

На выделение токсичных веществ двигателями влияет большое число различных эксплуатационных факторов: режим работы, температура деталей камеры сгорания, нагарообразование, износ цилиндропоршневой группы, состояние топливоподающей системы и системы зажигания.

Уменьшение выделения токсичных веществ с картерными газами может быть достигнуто двумя методами: уменьшением прорыва газов в картер двигателя и предотвращением попадания картерных газов в атмосферу.

К системам, разрабатываемым в соответствии с этими методами, предъявляют следующие требования: высокая эффективность, простота конструкции и надежность ее работы, большой срок службы. Кроме того, применяемые устройства не должны ухудшать эксплуатационные показатели двигателя и увеличивать токсичность ОГ.

Более рациональным представляется первый метод, однако второй легче реализовать. Поэтому в настоящее время более разработанными являются системы, предотвращающие попадание картерных газов в атмосферу.

Уменьшение выброса углеводородов в атмосферу вследствие испарения топлива из карбюратора и топливного бака возможно различными способами: применением топлива меньшей испаряемостью; адсорбцией паров топлива в специальных фильтрах; герметизацией топливного бака; сбором паров топлива в специальную емкость (или картер) при неработающем двигателе; конденсацией паров топлива; вентиляцией топливного бака во впускную систему двигателя, вентиляцией топливного бака для уменьшения колебаний температуры топлива в нем.

К системе, предотвращающей образование паров топлива или улавливающей их, предъявляют следующие требования: значительное уменьшение потерь топлива за счет испарения, универсальность, т.е. возможность применения системы на различных автомобилях, простота конструкции компактность и большой срок службы. Кроме того, систем не должна увеличивать выделение токсичных веществ с ОГ (через воздействие на процесс сгорания) и ухудшать эксплуатационные показатели двигателя.

Выше было рассмотрено большое количество различных способов воздействия на рабочий процесс и конструкцию двигателя с искровым зажиганием с целью уменьшения выделения токсичных веществ. Поскольку эти способы являются или специфическими для отдельных токсических компонентов, или оказывают различное воздействие на выделение разных компонентов, представляется целесообразным обобщить способы воздействия на основные компоненты и рассмотреть некоторые комбинации из них. Их можно сгруппировать так: уменьшение токсичности двигателей путем усовершенствования рабочего процесса и конструкции; регулировка угла опережения впрыска топлива и подбор топливной аппаратуры.

В ОГ дизелей доминируют такие токсичные вещества, как ок-

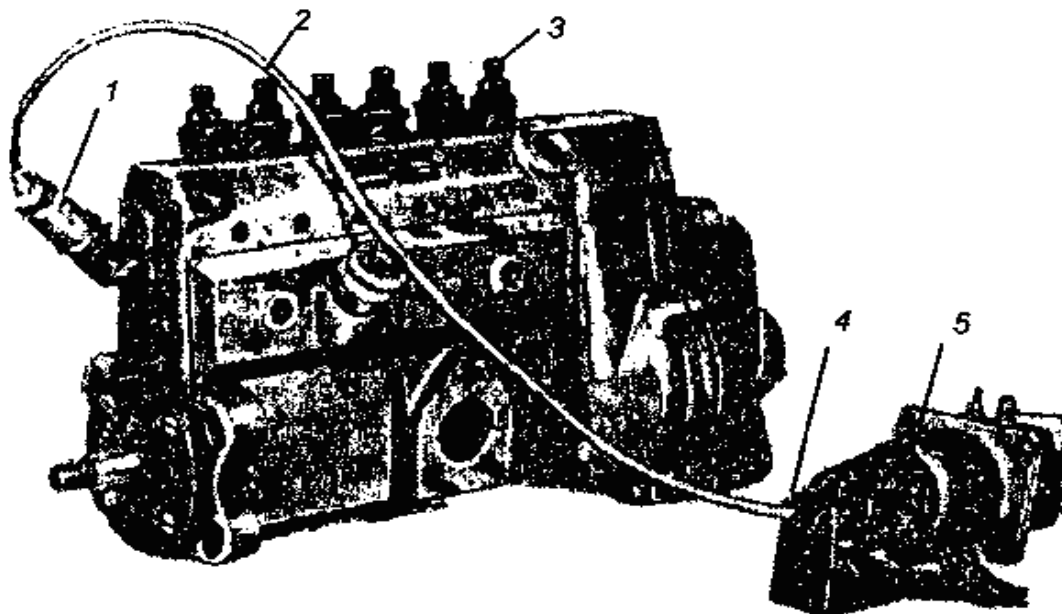
сиды азота и сажа; кроме того, также необходимо обращать внимание на дымность и запах. Запах ОГ дизелей, связан с присутствием в них ряда веществ (альдегидов и др.). В настоящее время проводятся работы по установлению связи между запахом и химическим составом ОГ. Борьба с запахом может проводиться как в направлении его устранения, так и превращения его из неприятного в приятный (ловка присадок).

Уменьшение угла опережения впрыска топлива на 1 градус снижает концентрацию NO_x в ОГ на 150...200 млн⁻¹. Содержание сажи в ОГ уменьшается с увеличением угла опережения впрыска. Таким образом, уменьшая угол опережения впрыска топлива, можно существенно снизить выделение оксидов азота дизелями, но при этом выделение сажи заметно возрастает, и для его уменьшения необходимо принимать специальные меры. Большое влияние на токсичность дизелей оказывают характеристики топливной системы: продолжительность впрыска и размеры сопловых отверстий распылителя. Следовательно, подбирая топливную аппаратуру, можно влиять на токсичность ОГ дизеля, особенно на их дымность.

Большое влияние на выделение токсичных веществ с ОГ дизелей оказывает организация процессов смесеобразования и сгорания. Установлено, что двухкамерные (вихрекамерные и предкамерные) дизели выделяют примерно 50 % оксидов азота от выбрасываемых однокамерными. Одним из средств уменьшения выделения NO_x с ОГ дней является применение рециркуляции ОГ. Дымность ОГ двигателей может быть уменьшена применением специальных устройств, корректирующих работу циркулятора. Эти устройства часто выполняют в виде амортизатора, который ограничивает скорость перемещения рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД) относительно положения, соответствующего максимальной подаче [3].

Например, оснащение ТНВД автобусов «Икарус» устройством, ограничивающим пусковую подачу на работающем двигателе, дает возможность существенно снизить общее дымление автобусов. Значение дымности ОГ при этом приближается к значениям, предписанным отечественными нормами. Такое устройство представляет собой двухпозиционный ограничитель 1 хода рейки топливного насоса, размещенный в месте выхода рейки из корпуса 5 ТНВД. Ограничитель соединяется с соленоидом 5 посредством гибкой тяги 2. Соленоид включается параллельно стартеру, что обеспечивает

его срабатывание только в момент запуска двигателя (рис. 6.6). Такая компоновка позволяет удовлетворить жесткие ограничения на габариты и массу устройства. Соленоид при запуске двигателя, получив электропитание, посредством гибкой тяги перемещает шток и освобождает рейку, которая может теперь перейти в положение пусковой подачи.



1 - ограничитель хода рейки; 2 - гибкая тяга; 3 - ТНВД;
4 - кронштейн; 5 - соленоид.

Рисунок 6.6 - Устройство для ограничения хода рейки ТНВД двигателя РАБА-МАН

После запуска двигателя цепь питания соленоида разрывается и ограничительный шток под действием пружины возвращается в положение, ограничивающее перемещение рейки, что обеспечивает цикловую подачу топлива, не превышающую номинальной во всем диапазоне работы насоса.

Определенное снижение дымности АТС можно получить и более простым способом, ограничив ход рейки установкой постоянного упора простейшей конструкции (прокладка, шайба, ограничительный винт). Величину снижения пусковой подачи подбирают из условий нормального запуска двигателя. Такого рода регулировка должна иметь сезонный характер [3].

Исследования колесных тракторов Т-150К показали, что дымность ОГ новых тракторных дизелей при разгоне без нагрузки от минимальной до максимальной частоты вращения на х.х. достигает 96...100 %, что в 2 раза превышает нормы, установленные стандартами. Решить эту проблему можно с помощью усовершенствования топливной аппаратуры энергонасыщенных тракторов Т-150К, которые широко используются на транспортных работах. Универсальный регулятор скорости для топливных насосов этих тракторов позволяет переключать режимы работы дизеля в зависимости от условий эксплуатации машины. Перспективны также исследования по разработке и изготовлению пневматических и механических корректоров подачи топлива автотракторных дизелей с турбонаддувом. Эксплуатационные испытания таких опытных топливных насосов показали, что дымность тракторов Т-150К на переменных режимах работы снизилась с 99...100 % до 45...50 %, а расход топлива уменьшился на 8...10 %. Кроме этого, топливный насос с корректированием подачи топлива по давлению наддува позволяет защитить двигатель от тепловых перегрузок и аварийных ситуаций при падении или отсутствии давления наддува.

Новые автотракторные дизели имеют повышенную дымность на переменных режимах работы из-за несовершенстве процесса смесеобразования и сгорания топлива, а также из-за рассогласования подачи топлива и воздуха в цилиндры двигателя. Повышенная дымность появляется у новых дизелей также и при перегрузках. Одна из причин повышенной дымности - недостаточное согласование скоростных характеристик топливных насосов с характеристиками дизелей по пределу дымления. Топливные насосы имеют чрезмерное корректирование цикловой подачи топлива в области перегрузочных режимов. Внедрение автоматических устройств (обратных корректоров) для уменьшения подачи топлива по пределу дымления на режиме перегрузки (от режима максимального крутящего момента до минимальной устойчивой частоты вращения под нагрузкой) позволяет уменьшить дымность ОГ до норм, установленных стандартами.

Нейтрализация вредных веществ в выпускной системе. Разработка различного вида нейтрализаторов - насущная необходимость. Она

продиктована двумя основными причинами: довольно высокими темпами роста количества транспортных машин и, вследствие этого, большим объемом вредных выбросов, сильно загрязняющих атмосферу,

По *принципу работы* нейтрализаторы подразделяют на каталитические и термические - дожигатели и жидкостные.

По *количеству компонентов* нейтрализаторы могут быть однокомпонентные (реагируют только на выбросы NO_x); двухкомпонентные (реагируют на два элемента - CO, CH); трехкомпонентные (реагируют на три самых распространенных элемента: CO, CH, NO_x) и др.

По *количеству ступеней*, в которых происходит очистка: одной двухступенчатые.

Нейтрализаторы бывают восстановительные и окислительные.

В мировой практике широкое применение находят нейтрализаторы тройного действия (CO/CH/ NO_x). Максимальная эффективность таких нейтрализаторов достигается при их работе в контуре автоматической системы управления подачей топлива, содержащей помимо непосредственно нейтрализатора кислородный датчик и электронный блок управления.

В дизелях применяют только окислительные нейтрализаторы. Принцип их работы заключается в том, что ОГ, проходя по нейтрализатору, вступают в реакцию с расположенными там гранулами дорогих металлов (платина, палладий) и превращаются в нетоксичные вещества.

Различные типы нейтрализаторов размещают в выпускном тракте ДВС и там, в зависимости от принципа работы (каталитический, термический, механический, водяной), они выполняют свои функции.

Дожигание вредных компонентов в самой системе выпуска автомобилей является наиболее доступным, достаточно эффективным и распространенным способом.

Дожигание ВВ (оксида углерода, несгоревших углеводородов) проходит при участии катализаторов - ускорителей химических реакций в процессе многократного промежуточного химического взаимодействия с веществами, участвующими в реакции.

Особенность этих реакций заключается в том, что катализаторы не входят в состав конечных продуктов и теоретически могут слу-

жить неопределенно долго, хотя на самом деле в результате побочных процессов происходят изменения катализатора, его отравление продуктами, сопутствующими реакции, унос с конечными веществами и т. д.

Дожигание происходит в специальных камерах-дожигателях, обеспечивающих необходимый контакт с катализатором.

Дожигание ОГ автомобилей относится к особым случаям в области катализа. Автомобильные дожигатели (или реакторы) - единственные каталитические системы, работающие в очень тяжелых условиях (температура изменяется от 20° С до 700 и возможны пики до 1000° С, объемная скорость истечения газов колеблется от 15 000 до 200 000 л/ч). Кроме того, реакции проходят при механических ударах, вибрациях. Это разнообразие и жесткость условий требуют особых свойств от катализатора и его носителей:

В качестве носителей катализатора используют шарики из оксида алюминия с сильно развитой пористостью, обладающие высокой механической прочностью (на стирание, раздавливание, стойкость против термических ударов), оптимальной текстурой, термической выносливостью. Этим требованиям отвечают шариковые оксидаалю-миниевые носители, изготавливаемые французской фирмой «Рон-Пуленк».

Катализаторы полного окисления несгоревших углеводородов, находящихся в ОГ двигателей, должны отвечать весьма необычным для классического промышленного катализа требованиям: активность при малых температурах (200...300° С), чтобы их действие было гарантировано даже при холодном пуске, когда в ОГ содержится наибольшее количество вредных примесей, обеспечение высокой конверсии (до 95 %) газов при объемных скоростях, превышающих 200 000 л/ч; сохранение активности после работы при высокой температуре; стойкость к «отравлению» бензином, маслом, свинцом, галогенами, серой, фосфором и, наконец, - высокая механическая прочность.

Существует два типа катализаторов полного окисления простые оксиды (ванадия, марганца, хрома, церия) и металлы платиновой группы. Катализаторы из простых оксидов обладают хорошей начальной активностью окисления СО, (оксида кобальта и меди) и углеводородов (оксида хрома), но теряют свою активность при низких температурах. Более устойчива активность у катализаторов из сложных оксидов, но и они не выдерживают предъявляемых к ним тре-

бований. Для дожигания ОГ лучше подходят катализаторы на основе драгоценных металлов. Палладиевые катализаторы более активны и стойки против термического спекания, чем платиновые, но более чувствительны к отравлению серой, свинцом и фосфором.

Катализаторы «Прокатализ», разработанные Французским обществом продуктов для катализа на основе драгоценных металлов, малочувствительны к старению и после 1000 ч испытания на стенде и 80 000 км пробега сохраняют работоспособность и хорошую механическую прочность.

Особенность работы катализатора в системах дожигания ОГ заключается в том, что к бензинам для повышения их октанового числа добавляют антидетонаторы, в которые входят тетраэтилсвинец и галогеносодержащие органические вещества для выноса осадков свинца с ОГ. Свинец, а главным образом галогены, снижают активность действия катализатора. Поэтому сокращение или упразднение галогено-содержащих веществ из антидетонатора очень полезно при условии, что работа двигателя не будет нарушена (при содержании свинца 0,15 г/л бензина нет необходимости в добавке галогенных присадок). Опыты показали хорошую стойкость катализаторов «Прокатализ» при работе на бензине с содержанием свинца 0,15 г/л.

Однако полное обезвреживание ОГ двигателя не ограничивается дожиганием СО и несгоревших углеводородов. Необходимо удаление всех трех токсичных веществ, включая и оксиды азота (NO_x), причем СО и углеводороды нужно окислить в углекислый газ и воду при одновременном восстановлении NO_x в азот и воду.

Ранее был разработан принцип, по которому все три загрязняющих вещества удаляются одновременно на одном полифункциональном или трехпутевом катализаторе. Для того чтобы действие катализатора было эффективным, состав ОГ должен быть стехиометрическим, т. е. в нём должно поддерживаться постоянное оптимальное весовое соотношение веществ, участвующих в реакции на всех режимах движения автомобиля. На практике это условие приводит к необходимости оборудовать автомобиль тремя элементами контроля и регулирования: датчиком, непрерывно измеряющим парциальное давление кислорода в ОГ, микропроцессором регулирования подачи воздуха и бензина и управляемыми микропроцессором элементами системы питания (карбюратор или электронная система впрыска бензина).

Полифункциональная активность катализаторов с драгоценными металлами (платина, палладий, родий) в таких условиях очень велика: обезвреживается до 90% загрязнений. Однако даже самые эффективные на сегодняшний день системы контроля регулирования не приводят к точно стехиометрическому составу ОГ. Только в течение коротких, но частых периодов удается обеспечивать восстановительный состав ОГ, при котором разлагаются оксиды азота на свободный азот и воду. В другие периоды, когда смесь бедна и состав ОГ - окислительный, происходит окисление СО и несгоревших углеводородов. При этом процессе возникают трудности своевременной очистки ОГ от продуктов распада NO_x и главным образом от азота, который в окислительный период может снова переходить в NO_x .

Сущность процессов каталитической нейтрализации заключается во взаимодействии токсичных компонентов ОГ между собой или с избыточным кислородом в присутствии катализатора, ускоряющего реакции окисления СО и C_nH_m до CO_2 и восстановления NO_x до N. Особенность каталитических реакций заключается в том, что катализаторы не входят в состав конечных продуктов и теоретически могут служить достаточно долго.

Наиболее универсальными являются катализаторы на основе благородных металлов (рутений, родий, палладий, платина) и некоторых окислов металлов (оксиды меди, хрома, никеля).

Катализаторы на основе благородных металлов наиболее широко распространены в практике обезвреживания ОГ автомобилей. По сравнению с окисными эти катализаторы характеризуются низкой температурой начала эффективной работы, достаточной температуростойкостью и долговечностью. Основным их недостаток - высокая стоимость, но несмотря на это в США ежегодно расходуется до 40 т платины на изготовление каталитических нейтрализаторов [3].

В последние годы очень широкое распространение получили окисные катализаторы, в состав которых введены небольшие добавки (до 0,1 %) благородных металлов. Эти катализаторы по активности и долговечности занимают промежуточное положение между окисными катализаторами и катализаторами на основе благородных металлов.

Каталитические нейтрализаторы состоят из устройств подвода и вывода нейтрального газа, корпуса и установленного внутри него реактора, где протекают каталитические реакции.

Реакции в катализаторах протекают при частых механических ударах и вибрациях в условиях агрессивности среды. Все это определяет повышенные требования к катализатору и его носителю.

Наибольшее распространение получили носители двух типов: гранулированные и монолитные.

Гранулированные носители представляют собой сферы, кольца, пирамиды и т. п., на поверхность которых нанесен катализатор. Размеры гранул составляют 2...5 мм, причем чем меньше размеры гранул, тем эффективнее идет процесс нейтрализации, но при этом возрастает сопротивление прохождению газов.

Основная трудность при каталитической нейтрализации ОГ обусловлена разным характером возникновения продуктов неполного сгорания и оксидов азота, а, следовательно, многообразием процессов нейтрализации.

Для снижения концентрации всех трех загрязняющих веществ применялись двухкамерные нейтрализаторы. В первой камере NO_x восстанавливались до азота, а во второй камере - в присутствии дополнительно вводимого воздуха CO и C_nH_m окислялись до CO_2 .

Применение систем каталитической нейтрализации на дизельном двигателе позволяет лишь снизить содержание продуктов неполного сгорания, что связано с высоким содержанием кислорода в ОГ дизеля. Кроме того, необходима тщательная очистка ОГ от сажи, которая, покрывая поверхность катализатора, значительно снижает его эффективность.

На дизельных автомобилях, эксплуатируемых под землей и в карьерах, устанавливают нейтрализаторы с двумя плоскими или цилиндрическими реакторами и катализатором ШПК-1,2 на шариковом носителе. Так, на автосамосвалах БелАЗ-540А (548А) устанавливают 2 нейтрализатора типа НКД-241 или НД-31 (ВД-38). В рабочем диапазоне температур нейтрализаторов 250...500 °С степень очистки по CO составляет 75...95 %. Эффективная очистка по CO и CH сохраняется до 20 тыс. километров пробега. Газодинамическое сопротивление нейтрализаторов не превышает 65 % предельно допустимого.

Для карьерных самосвалов, двигатели которых работают на полной нагрузке до 40 % времени, в отмеченных конструкциях нейтрализаторов происходит не только окисление CO , CH и альдегидов, но и самоочищение его поверхностей от сажи и смолистых отложений.

При очистке ОГ дизелей от сажи используют мокрые способы очистки (поверхностные, барботажные, распыливающие и насадочные), а также электрофильтры.

В настоящее время освоено мелкосерийное производство лишь распыливающих жидкостных филеров нейтрализаторов - скрубберов Вентури для малотоксичной модификации двигателей КамАЗ. В стадии НИОКР находятся работы по созданию комплексных антитоксичных систем автомобильных дизелей, предусматривающих на первом этапе рециркуляцию ОГ (снижение NO_x на 30 %) и их нейтрализацию (снижение CO, CH на 50 %), с катализаторами на блочном металлическом и керамическом носителе.

Начаты поисковые работы по созданию сажевых фильтров с системой регенераций, обеспечивающих снижение выбросов твердых частиц на 80...90 %. За рубежом такие системы находятся уже в опытно-серийном производстве.

Данные табл. 6.6 наглядно показывают эффективность применения нейтрализаторов, установленных на дизельных ТС.

Таблица 6.6 - Относительные величины пробеговых выбросов и расхода топлива дизельными ТС, оснащенными системами нейтрализации ОГ

| Наименование устройства | Выбросы вредных веществ, % | | | | |
|-------------------------|----------------------------|-----|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| | CO ₂ | CO | C _x H _y | NO _x | SO ₂ |
| Дизель | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Нейтрализатор | 98,1 | 5,6 | 90 | 100 | 98,1 |

Каталитическая нейтрализация - весьма эффективный способ снижения токсичности ОГ. Разработанные в настоящее время лучшие образцы обеспечивают удаление из ОГ 96 % CO, 97 % C_nH_m и 90 % NO_x. Однако применение систем нейтрализации не должно: сказываться на рабочем процессе двигателя, на его мощностных и экономических показателях, ухудшать параметры его надежности, и т. д.

Принципиальная схема каталитического нейтрализатора ОГ двигателя показана на рис. 6.7.

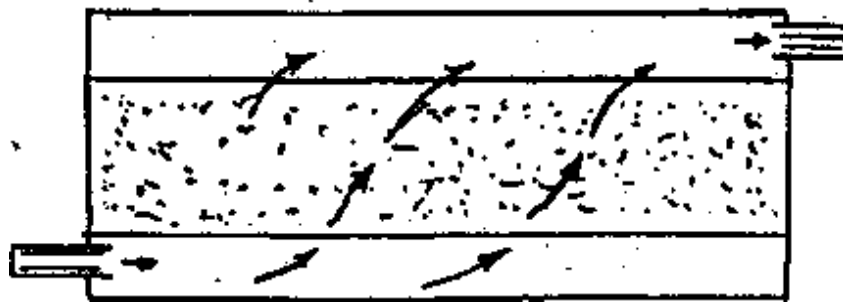


Рисунок 6.7 - Принципиальная схема каталитического нейтрализатора ОГ двигателя

ОГ проходят через слой катализатора. Существует большое разнообразие конструктивных схем каталитических нейтрализаторов.

Нейтрализаторы для автопогрузчиков моделей 40917, 40926, 4022М, автобусов ЛиАЗ, карьерных самосвалов БелАЗ-75402 — окислительного типа и обеспечивают нейтрализацию СО и C_nH_m на 80...90 %. Они могут устанавливаться на АТС как с бензиновыми, так и с дизельными двигателями. Для нейтрализации ОГ в них применяются гранулированные катализаторы марок ШПК-1, ШПК-2, ШПАК-0,5 и ШПК-0,5. Их достоинство возможность замены отработавших катализаторов. Принцип работы таких нейтрализаторов следующий. В момент прохождения продуктов неполного сгорания через катализатор за счет кислорода воздуха (дополнительно подаваемого только для бензиновых двигателей) идет экзотермическая реакция окисления компонентов ОГ. Однако еще до её начала происходит прогрев нейтрализатора до определенной температуры за счет теплоты ОГ. Количество же подаваемого в нейтрализатор дополнительного воздуха регулирует специальная система, которая обеспечивает контроль за режимом и эффективность работы нейтрализатора, защищая его от возможного перегрева. Рассмотрим конструкцию некоторых типов нейтрализаторов.

Нейтрализатор типа Н-13 (рис. 6.8) предназначен для снижения СО и углеводородов в ОГ как бензиновых двигателей (катализатор ШПАК-0,5), так и дизелей (катализатор ШПК-1) мощностью до 37 кВт, устанавливаемых на автопогрузчиках грузоподъемностью до 5 т, которые работают в закрытых помещениях и выделяют до 210 кг/ч ОГ. Корпус 1 нейтрализатора выполнен из двух одинаковых деталей - верхней и нижней крышек, а также имеет входной и вы-

ходной патрубки, через которые подводятся от двигателя и отводятся в атмосферу ОГ [3].

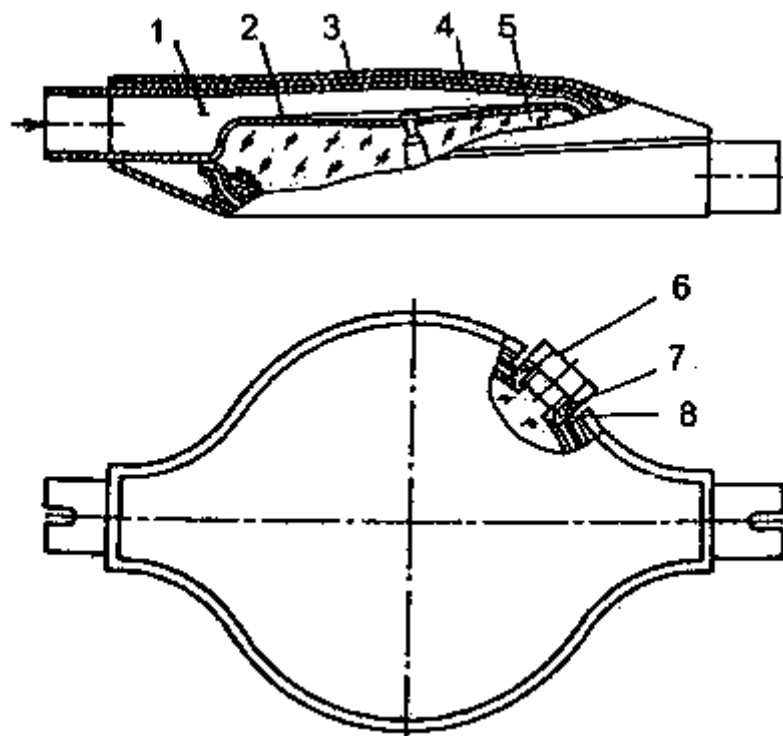


Рисунок 6.8 - Нейтрализатор Н-13 (обозначения в тексте)

Внутри корпуса расположен реактор 2, который изготовлен также из двух одинаковых деталей - верхней и нижней решеток, соединенных между собой в центральной части штырем. Решетки реактора по своей профилированной части имеют сквозные просечки, через которые в полость реактора попадают ОГ двигателя, поступающие в нейтрализатор через входной патрубков. Пройдя слой катализатора 5, где происходит химический процесс дожигания продуктов неполного сгорания, ОГ выходят через выходной патрубков в атмосферу. Для снижения температуры наружных стенок нейтрализатора последний закрыт сверху и снизу экранами с прослойкой теплоизоляции 3 из листового асбеста. Полость реактора заполняется гранулированным катализатором через втулку 5 и закрывается пробкой 6. Диаметр корпуса - 258 мм, высота - 95 мм, объем реактора - $1,8 \text{ дм}^3$, масса сухого катализатора - $1500 \pm 50 \text{ г}$, масса заправленного нейтрализатора - 5,7 кг, газодинамическое сопротивление при расходе ОГ 210 кг/ч - 5,33 кПа, степень очистки на свежем катализаторе при достижении температуры отработавших газов 573 К и выше: от СО - не менее 85 %, от углеводородов - не менее 80 %.

Допустимая температура длительной работы нейтрализатора - 1073 К. Моторесурс нейтрализатора - 4000 ч работы двигателя, периодичность замены катализатора - через 2000 ч, при этом необходимо через каждые 500 ч работы проводить регенерацию катализатора. Основные детали нейтрализатора изготовлены из листовой нержавеющей стали ввиду того, что они подвержены кратковременному воздействию высоких температур - до 1270 К и агрессивной среды ОГ.

Эффективная работа нейтрализатора этого типа начинается после прогрева катализатора ОГ до температуры выше 523 К.

Для замены катализатора необходимо демонтировать нейтрализатор с транспортного средства. Вывернуть пробку 6, высыпать катализатор и засыпать в реактор нейтрализатора свежий или регенерированный катализатор.

При этом плотность засыпки катализатора в реактор обеспечивается постукиванием по круглому торцу деревянным молотком. После засыпки устанавливают пробку 6, которая контряется шайбой 7.

Нейтрализатор типа Н-42 (рис. 6.9) предназначен для эксплуатации на автопогрузчиках модели 40916 с бензиновыми двигателями, имеющими расход ОГ до 120 кг/ч. Помимо каталитической очистки ОГ этот тип нейтрализатора улавливает и раскаленные частицы, выходящие из реактора, устанавливается он вертикально, вместо глушителя.

Нейтрализатор этого типа состоит из двух реакторов 8, корпуса 9, искрогасителя 7 и выходного патрубка 6. Реактор 8 изготовлен из двух одинаковых деталей - верхней и нижней решеток, соединенных между собой в центральной части штырем. Решетки имеют сквозные просечки, через которые в полость реактора попадают ОГ двигателя, поступающие в нейтрализатор через входной патрубок 10. Пройдя слой катализатора 5, где происходит процесс окисления продуктов неполного сгорания, и через искрогаситель 7, где улавливаются возможные раскаленные частицы из реакторов, ОГ выходят в атмосферу через выходной патрубок 6.

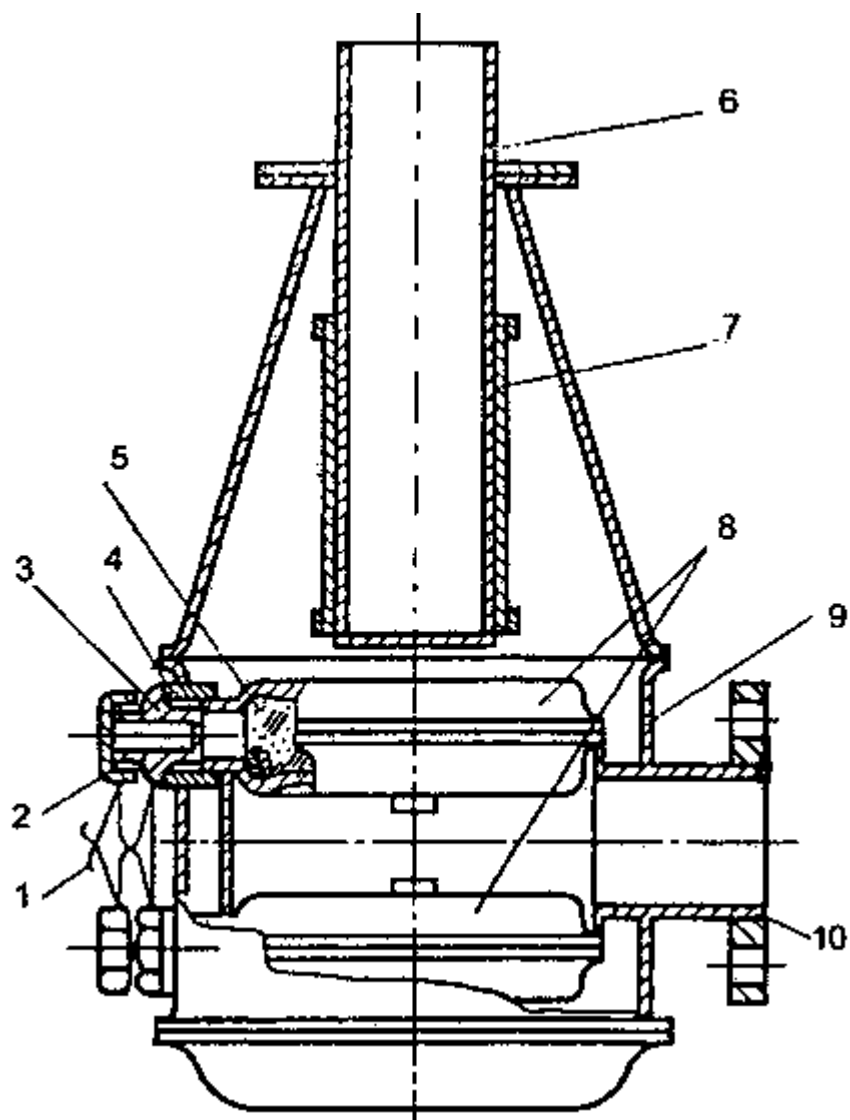


Рисунок 6.9 - Нейтрализатор Н-42 (обозначения в тексте)

Основные детали нейтрализатора изготовлены из листовой нержавеющей стали. Полость реакторов заполняется катализатором через втулку 4. Для контроля температуры в слое катализатора в штуцер 3 устанавливают термоэлектрический датчик.

Для засыпки свежего катализатора нейтрализатор демонтируют с автопогрузчика, предварительно сняв термоэлектрический датчик, выворачивают переходной штуцер 3, высыпают использованный катализатор через втулку 4, засыпают не менее 600 г свежего катализатора, постукивая по корпусу нейтрализатора деревянным молотком. После засыпки катализатора устанавливают штуцер 3 и заглушку 2 (или термоэлектрический датчик), которые конрят проволокой 1. Нейтрализатор после замены катализатора желательно устанавливать на тот же автопогрузчик.

Технические данные нейтрализатора: диаметр корпуса - 150 мм, высота - 357 мм, ширина - 220 мм, объем реактора - 0,6 дм³, катализаторы - ШПК-0,5 или ШПАК-0,5, масса заправленного нейтрализатора - 4 кг, газодинамическое сопротивление нейтрализатора при суммарном расходе ОГ и дополнительного воздуха 120 кг/ч - 2 кПа. Степень очистки ОГ при температуре катализатора 573 К и выше, при коэффициенте избытка воздуха рабочей смеси 0,9 и суммарном коэффициенте избытка воздуха (с учетом подачи дополнительного воздуха) $\alpha = 1,0 \dots 1,05$ по СО не менее 85, по углеводородам - не менее 70 %. Допустимая температура длительной работы нейтрализатора - 1073 К; ресурс - 2000 моточасов с заменой катализатора через 1000 моточасов.

Нейтрализатор типа Н-32 (рис. 6.10.) предназначен для эксплуатации на автобусах ЛАЗ-695Н и ЛИАЗ-677М с бензиновыми двигателями, имеющими расход ОГ до 700 кг/ч.

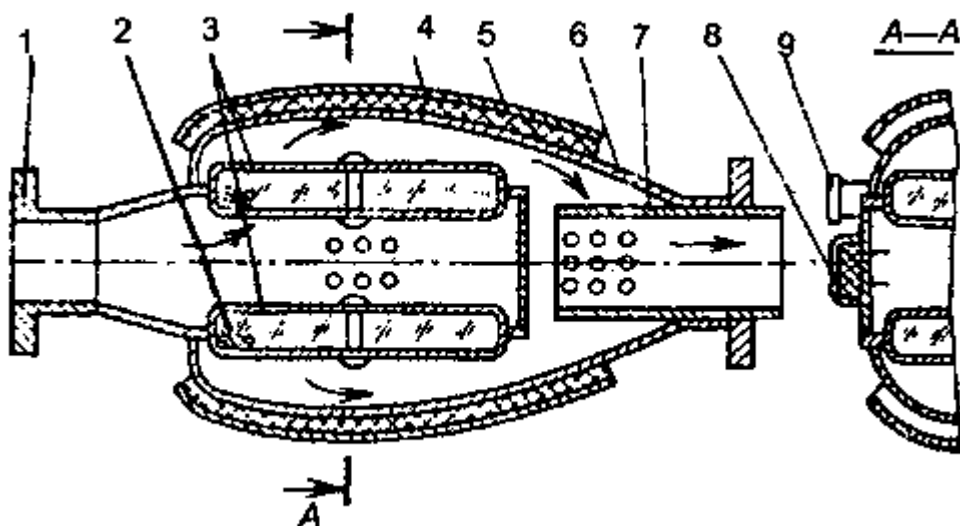


Рисунок 6.10 - Нейтрализатор Н-32 (обозначения в тексте)

Нейтрализатор состоит из двух основных частей: корпуса 6 и двух параллельных реакторов 3. Корпус изготовлен из одинаковых верхней и нижней крышек, имеет впускной и выпускной 7 патрубки, через которые подводится в атмосферу ОГ. Каждый реактор также изготовлен из двух одинаковых деталей - верхней и нижней решеток, соединенных между собой в центральной части штырем. Решетки своей профилированной части имеют сквозные отверстия,

через которые в полость реакторов попадают ОГ. Основные детали нейтрализатора изготовлены из коррозионностойкой стали.

Технические данные нейтрализатора: длина - 530 мм, ширина - 307 мм, высота - 243 мм. Диаметр патрубков - внутренний (впускного) - 71 мм, наружный (выпускного) - 70 мм. Суммарный объем реакторов - 5 дм³, катализатор - ШПК-0,5 или ШПАК-0,5. Масса заполненного нейтрализатора - 22 кг, газодинамическое сопротивление при расходе ОГ 500 кг/ч - 4,66 кПа, степень очистки ОГ при температуре катализатора выше 573 К и суммарном коэффициенте избытка воздуха (с учетом дополнительной подачи воздуха) $\alpha = 1 \dots 1,05$ по СО - не менее 85, по углеводородам - не менее 70 %. Допустимая температура, длительной работы нейтрализатора - 1073 К; ресурс - 220 тыс. км пробега автобуса с заменой катализатора через 60...70 тыс. км.

Для контроля температуры катализатора вместо пробок 9 можно устанавливать датчики температуры. Нейтрализатор снабжен защитными экранами 5 с теплоизоляцией 4 из листового асбеста и шумопоглощающими элементами 8, закрывающими внутреннюю перфорированную поверхность корпуса нейтрализатора.

Нейтрализатор устанавливают в систему выпуска ОГ возможно ближе к выпускному коллектору двигателя.

Для замены катализатора нейтрализатор снимают с транспортного средства, вывинчивают пробки 9, высыпают отработанный катализатор и заменяют новым до плотной упаковки. Далее затягивают и контрят пробки 9. Применение системы нейтрализации ОГ этого типа обеспечивает снижение выброса СО на 80...90 %, углеводородов - на 70...90 %.

Нейтрализатор типа НД-31Б (рис. 6.11) предназначен для установки на дизели мощностью до 184 кВт, с расходом ОГ до 950 кг/ч. На карьерных автомобилях-самосвалах БелАЗ грузоподъемностью 30т, которые оборудованы двигателями мощностью 331 кВт, устанавливают (в горизонтальном положении) по два нейтрализатора - по одному на каждый блок цилиндров.

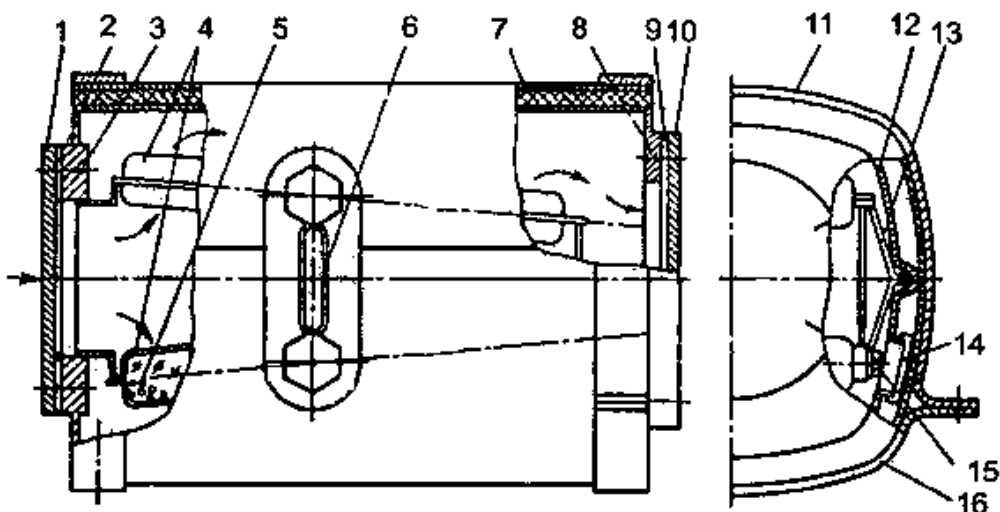


Рисунок 6.11 - Нейтрализатор типа НД-31Б (обозначения в тексте)

Нейтрализатор работает следующим образом; ОГ из двигателя поступают во внутренние полости блока реакторов, из которых через слой катализатора 5 проходят в пространство, ограниченное внутренней обечайкой корпуса 12 и блоком реакторов, и через отверстие фланца 8 на выпуск. Блок реакторов состоит из двух реакторов 4, наклоненных друг к другу под углом. К блоку по бокам приварены опоры 13, которые могут перемещаться по направляющим внутренней обечайки корпуса. Корпус состоит из внутренней и наружной обечаек, между которыми расположен теплоизолирующий слой 7 из листового асбеста. Внутренняя обечайка опирается на фланцы 1 и 8, к наружной (кожуху) приварены по концам два полухомота 11 из толстолистовой стали. Съемные полухомоты 16 используют для установки нейтрализатора на автомобиль. Через заглушки 14 обеспечивается доступ к засыпным отверстиям реакторов. Заглушки контрят проволокой 6. Показанные на рисунке заглушки 1 и 10 с прокладками 2 и 9 - транспортировочные. Их посадочные места используют как соединительные фланцы при монтаже нейтрализаторов на автомобиле.

Для замены катализатора 5 нейтрализатор демонтируют с транспортного средства, снимают заглушки 14 и пробки 15, высыпая катализатор из обоих реакторов и плотно засыпают свежий, затем устанавливают заглушки и контрят их проволокой 6.

Технические данные нейтрализатора: длина - 650 мм, ширина - 380 мм, высота - 314 мм, диаметры входного и выходного отвер-

стей соответственно 136 и 210 мм, объем реактора - 7 дм³, катализатор - ШПК-1 или ШПК-2, масса сухого катализатора - 14±0,5 кг, масса заправленного нейтрализатора - 50 кг, газодинамическое сопротивление при расходе ОГ 950 кг/ч - 4,66 кПа, допустимая температура длительной работы катализатора - 1073 К. Степень очистки на свежем катализаторе при достижении температуры ОГ 573 К и выше по СО - не ниже 60, по углеводородам - не ниже 50 %, а при температуре газов 673 К и выше - соответственно не ниже 90 и 80 %. Ресурс нейтрализатора - 40 тыс. км пробега автомобиля с заменой катализатора через 20 тыс. км.

Как показал опыт эксплуатации этих каталитических нейтрализаторов, их конструкция и эффективность работы не хуже, чем у лучших мировых образцов [3].

Проблема нейтрализации ОГ актуальна и при проведении технического обслуживания и текущих ремонтов АТС. При постановке АТС на посты ТО и ТР и проведении различных регулировочных, диагностических и других работ выбросы ВВ в рабочих зонах превышают ПДК в несколько раз.

Это касается и двигателей АТС, работающих в помещениях (например, автопогрузчики) с недостаточной вентиляцией.

Один из способов - нейтрализация продуктов неполного сгорания путем дожигания их в выпускной системе в присутствии дополнительного воздуха, добавляемого к ОГ. На практике для этого применяют термические реакторы.

Второй способ частично рассмотрен выше - это каталитические дожигатели ОГ в выпускной системе, позволяющие окислять продукты неполного сгорания и восстанавливать оксиды азота.

Термическая нейтрализация. Окисление продуктов неполного сгорания происходит и в выпускной системе обычного двигателя. Но окисление СО и С_nН_m может быть значительно усилено с помощью термического реактора. Его функции заключаются в быстром перемешивании горячих ОГ с кислородом воздуха, дополнительно подаваемого в выпускную систему, а также поддержании высокой температуры в течение времени, необходимого для окисления большей части СО и С_nН_m, содержащихся в ОГ.

Процесс дожигания продуктов неполного сгорания во многом определяется количеством дополнительного воздуха, подаваемого в реактор. Наилучшие результаты получены при 20 % избыточного воздуха в смеси газов, проходящих через реактор. Количество по-

даваемого воздуха постоянно меняется в зависимости от режима работы двигателя. При работе двигателя на богатых смесях подачу воздуха увеличивают, при работе на бедных смесях - уменьшают.

Объем реактора определяет продолжительность реакции. Чем выше объем, тем эффективнее протекает процесс окисления.

Лабораторные исследования и опыт эксплуатации термических реакторов показали, что у оборудованных ими автомобилей содержание CO в ОГ не превышает 0,5 %, а содержание C_nH_m - 50...80 млн⁻¹. Однако 100 %-ное окисление CO и C_nH_m недостижимо из-за неполного перемешивания смеси ОГ с воздухом.

Термические реакторы отличаются большим сроком службы, и эффективность их работы по мере увеличения пробега автомобиля не снижается. Еще одно важное достоинство термической нейтрализации заключается в том, что термический реактор невосприимчив к ОГ двигателя, работающего на этилированном бензине.

К основным недостаткам этого метода уменьшения токсичности ОГ можно отнести необходимость применения специальных жаропрочных материалов для изготовления реактора, некоторое уменьшение мощности двигателя и увеличение удельного расхода топлива (до 16 %) вследствие возрастания сопротивления выпуска. Установка термического реактора требует также довольно много места в моторном отсеке, так как он должен располагаться рядом с головкой блока цилиндров двигателя.

В табл. 13.7 указаны выбросы ВВ АТС с бензиновыми двигателями.

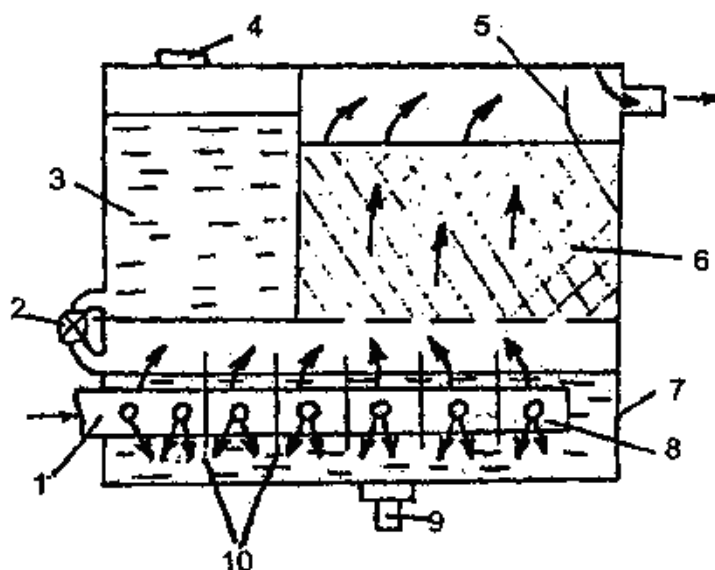
Таблица 6.7 - Пробковые выбросы и расход топлива легковыми ТС с бензиновыми двигателями, оснащенными различными системами нейтрализации

| Тип устройства | Расход топлива, % | Выбросы вредных веществ, в % | | | | |
|--------------------------------|-------------------|------------------------------|-------|-------------------------------|-----------------|-----------------|
| | | CO ₂ | CO | C _x H _y | NO _x | SO ₂ |
| Карбюраторный ДВС (базовый) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Система рециркуляции ОГ | 98,5 | 98,5 | 114,3 | 103,7 | 51,4 | 98,5 |
| Трехкомпонентный нейтрализатор | 100 | 11,0 | 46,4 | 13,3 | 16,0 | 110 |

Жидкостная нейтрализация. Принцип работы жидкостных нейтрализаторов основан на растворении или химическом связывании токсичных компонентов при пропускании ОГ через жидкость соответствующего состава.

Устройство и принцип работы жидкостного нейтрализатора приведены на рис. 6.12. ОГ из выпускной трубы 1 поступают в коллектор 8 и через отверстия в нем выходят в нейтрализующую жидкость, в которой происходит очистка газа от токсичных компонентов. Затем газы через фильтрующий слой (из брикетированной металлической стружки 6) и сепаратор 5, в которых задерживается влага, захваченная газом при проходе через жидкость, поступают в атмосферу. Раствор в рабочий бак 7 заливают из дополнительного бака 3.

Существуют различные схемы жидкостных нейтрализаторов, но принцип работы тот же, что описан выше. В качестве рабочей жидкости в этих нейтрализаторах применяют воду и водные растворы различных веществ.



1 - выпускная труба; 2 - перепускной кран; 3 - дополнительный бак; 4 - заливная горловина; 5 - сепаратор; 6 - металлическая стружка; 7 - рабочий бак; 8 - коллектор; 9 - пробка сливного отверстия; 10 – перегородки

Рисунок 6.12 - Схема жидкостного нейтрализатора НТЖ-2

Благодаря жидкостным нейтрализаторам в ОГ уменьшается содержание оксидов азота (до 30 %), альдегидов (до 50 %), сажи (60...80 %), бенз(а)пирена, снижается интенсивность запаха.

Применяются и жидкостные нейтрализаторы, действие которых основано на поглощении токсичных компонентов жидкостью. Но в

связи с болящими размерами, необходимостью частой замены жидкости и малой эффективностью жидкостные нейтрализаторы распространения не получили. Наряду с вышеуказанными применяют также и различные комбинированные системы нейтрализации ОГ.

Комбинированные системы нейтрализации. Различия в механизме образования и нейтрализации основных токсичных веществ (CO , CH , NO_x , сажа и т.д.), содержащихся в ОГ двигателей, приводят в большинстве случаев к тому, что как воздействие на рабочий процесс и конструкцию двигателей, так и применение определенных систем нейтрализации вызывают уменьшение выделения одних и увеличение выделения других токсичных веществ. Поэтому для существенного уменьшения токсичности по всем этим токсичным компонентам целесообразно применять различные комбинации рассмотренных выше способов уменьшения токсичности двигателей. При этом могут сочетаться как устройства для уменьшения токсичности воздействием на рабочий процесс и конструкцию двигателя, так и различные нейтрализаторы ОГ, встраиваемые в его выпускную систему.

В зависимости от конкретных требований, определяемых назначением автомобиля, в комбинированную систему могут входить различные устройства.

Перечисленные способы нейтрализации ОГ в выпускной системе отличаются значительной сложностью конструкции и высокой стоимостью из-за того, что в них используют драгоценные металлы. Катализаторы «отравляются» всеми газами и веществами, проходящими через них (свинец, ртуть, фосфор, вода, кислород и др.), что уменьшает и без того малый срок службы катализаторов.

В отличие от зарубежных стран, в России автомобили общего транспортного назначения с системами нейтрализации ОГ, сажевыми фильтрами, как наиболее эффективными средствами снижения выбросов, в настоящее время серийно для внутреннего рынка не производят, хотя налажен выпуск каталитических нейтрализаторов для тяжелых дизельных автотранспортных средств, работающих в карьерах, шахтах, рудниках.

Зарубежный парк бензиновых автомобилей, оснащенных системами нейтрализации ОГ (СНОГ) с нейтрализаторами окислительного типа или трехкомпонентными нейтрализаторами с кислородным датчиком обратной связи, в настоящее время превышает 100 млн. штук.

В нашей стране, прежде всего из-за отсутствия в достаточных объемах неэтилированного бензина и экономической незаинтересованности владельцев ТС в использовании СНОГ, такие системы (окислительного типа) находятся только в опытной эксплуатации. Отечественные конструкции трехкомпонентных каталитических нейтрализаторов, без которых невозможно выполнение сегодняшних норм США и перспективных норм выбросов в других развитых странах, проходят стадию лабораторных испытаний.

Поэтому устанавливать на ДВС дополнительные устройства для уменьшения токсичности ОГ следует только при крайней необходимости, в случае, если исчерпаны все возможности достижения удовлетворительного состава путем конструктивных доработок и регулировок двигателя [3].

6.5.2 Техническое совершенствование автомобилей с двигателями внутреннего сгорания

Экономия топлива. В мире ежегодно добывают примерно 3 млрд т нефти. Из них более 2 млрд т уходит на топливо для бензинового и дизельного транспорта. Средний КПД двигателя автомобиля всего 23 % (для бензиновых – 20 %, для дизельных 35 %). Значит, 77 % из 2 млрд т нефти сжигается впустую, идет на нагрев и загрязнение атмосферы.

Снижать топливопотребление можно на каждой стадии превращения химической энергии топлива сначала в механическую и энергию движения автомобиля, а затем в кинетическую. Потери начинаются в двигателе, где часть энергии идет на преодоление трения, нагревание выхлопных газов и т.д. На следующей стадии в коробке передач и в трансмиссии на ведущие колеса - еще часть энергии двигателя теряется на трение. Наконец, часть энергии расходуется на преодоление сопротивления качению колес и аэродинамического сопротивления кузова.

Существуют различные технические средства для снижения потерь энергии на каждой из указанных стадий. На первой стадии основными являются соответствующая подготовка топливной смеси и обеспечение оптимальных условий ее сжигания. На второй, где потеря энергии происходит в трансмиссии, необходимо как можно дольше держать двигатель под высокой нагрузкой, сохраняя выбранную водителем скорость. Работа под высокой нагрузкой,

при которой мощность двигателя используется наиболее полно, является самой эффективной, напротив, работа при частичных нагрузках (например, на холостом ходу) в высшей мере расточительна.

В условиях города двигатель автомобиля работает 30 % времени на холостом ходу, 30...40 % - с постоянной нагрузкой, 20...25 % - и 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, помимо прочего, по существу, означает сокращение выброса токсичных примесей в атмосферу.

Введение присадок в топливо. Большое внимание уделяется попыткам разработать присадки к обычному топливу, которые могли бы снизить токсичность отработавших газов автомобилей. Большинство применяемых ныне сортов бензина содержат в качестве антидетонационной присадки тетраэтилсвинец (0,41...0,82 г/л), починающий повысить степень сжатия рабочей смеси в цилиндрах двигателя и тем самым - его топливную экономичность. Однако наличие такой присадки приводит к тому, что свыше 60 % загрязнений почвы и растений приходится на долю автотранспорта.

В Финляндии разработана специальная добавка к бензину «Футура», которая не содержит соединений свинца. На ее основе производится бензин с октановым числом 95, обладающий следующими достоинствами. Бензин с присадкой «Футура» эффективно очищает двигатель, уменьшает загрязнение клапанов, защищает топливную систему от коррозии, повышает морозостойкость карбюратора, обеспечивает равномерный режим сгорания топлива и уменьшает выбросы. При пользовании таким бензином воздух в городе может стать значительно чище, вредное воздействие автомобилей на окружающую среду заметно уменьшится.

Из отечественных разработок следует отметить антидетонационную присадку на марганцевой основе ЦТМ, которая в 50 раз менее токсична, чем тетраэтилсвинец. Добавка 2 % ЦТМ существенно повышает октановое число бензина.

Для дизельных ДВС наиболее эффективны присадки на основе металлокомплексных соединений, особенно содержащие барий. Так, присадка ИХП-706 снижает в отработавших газах дизельных двигателей содержание сажи на 85...90 %, а также содержание такого сильнейшего канцерогена, как бенз(а)пирен.

Использование комбинированных и новых видов топлива. В качестве комбинированного топлива наиболее употребительны смеси на основе бензина и спиртов (метанол, этанол). При содержании в топливе до 10 % спирта не требуется изменять конструкции ДВС. Введение спирта способствует повышению октанового числа с 88 до 94 при одновременном снижении содержания в отработавших газах оксидов азота и углеводородов. Наибольший интерес вызывает использование в качестве топлива метилового (метанола) и этилового (этанола) спиртов. Плотность метанола несколько больше плотности бензина, но его энергоемкость в 2 раза меньше. Следовательно, для сохранения дальности пробега по топливу бак для метанола должен быть в 2 раза больше по объему. Важное качество метанола состоит в том, что в отработавших газах в 2...3 раза меньше токсичных компонентов, чем при использовании бензина. Этанол имеет энергоемкость на 25...30 % выше, чем метанол, и, следовательно, требует пропорционально менее вместительного топливного бака. Экологические характеристики этанола и метанола аналогичны.

В Бразилии, например, серийно выпускаются и широко эксплуатируют автомобили, использующие в качестве топлива чистые спирты. Их эксплуатация показала, что в отработавших газах резко снижено содержание оксидов азота и углеводородов.

В настоящее время в качестве основного газового топлива используют смесь нефтяных газов - пропана и бутана. Октановое число пропанбутана превышает 100, что позволяет применить высокие степени сжатия. Работающий на пропан-бутане ДВС на холостом ходу дает в отработавших газах в 4 раза меньше оксида углерода, чем бензиновый, а на рабочем режиме - в 10 раз меньше. Основными недостатками использования пропан-бутановой смеси в качестве топлива являются следующие:

- необходимость установки на автомобиле баллонов для сжиженного газа, находящихся под давлением 1,6 МПа;
- опасность растекания смеси (она тяжелее воздуха) в местах нахождения человека (салоне автомобиля, гараже и т.д.), что может привести к взрыву;
- необходимость создания разветвленной сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций, время заправки на которых одного автомобиля составляет 10...15 мин.

Некоторые из существенных недостатков смеси пропан-бутана можно устранить, используя природный газ, состоящий на 90...98 % из метана с примесью этана. По теплотворной способности природный газ близок к пропан-бутану, однако его октановое число выше. Но самое главное - он легче воздуха, что значительно повышает его безопасность.

Наиболее активно переводятся на использование природного газа автомобили в Канаде, Италии и США. Их эксплуатация показала, что в отработавших газах резко снижается содержание сажи, оксида углерода и ряда органических соединений.

Исследования показывают, что 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.

Очистка отработавших газов. Для снижения токсичности отработавших газов применяют нейтрализаторы наиболее эффективными из которых являются каталитические. Внедрение каталитической очистки отработавших газов связано с подбором катализаторов, обладающих высокой активностью, и с созданием конструкций, имеющих небольшое аэродинамическое сопротивление. В настоящее время 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. Следует отметить, что если для бензиновых двигателей проблема очистки отработавших газов решена вполне удовлетворительно, то для дизельных двигателей она до сих пор актуальна. Это объясняется иным компонентным составом отработавших газов дизельных двигателей по сравнению с бензиновыми. Поэтому выхлопные газы дизельных ДВС очищают от сажи с помощью механических и элект-

трических (питаемых от бортовой сети автомобиля) сажеуловителей. Их испытания показали, что в атмосферу попадает не более 25 % первоначального объема сажи.

Организационные мероприятия. Современный город представляет собой сложный механизм, жизнедеятельность которого обеспечивается взаимодействием множества функциональных систем. Работа автомобильного транспорта как составляющей транспортной системы тесно связана с большим числом жизненно важных для города процессов. Задача оптимизации работы автотранспорта в экологическом аспекте представляет собой одну из составляющих регулирующей деятельности человека, направленной на оздоровление городской среды.

В городских условиях автомобильный транспорт используется чрезвычайно неэффективно из-за низкого коэффициента его загрузки (табл.13.8), причем коэффициент загрузки тем выше, чем меньше масса транспортного средства.

Таблица 6.8 - Коэффициенты загрузки транспортных средств различных видов

| Транспортное средство | Коэффициент загрузки, % | |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| | номинальный | статистический по Москве |
| Дизельный грузовик | 50 | 10 |
| Бензиновый грузовик | 50 | 15 |
| Автобус | 30 | 20 |
| Легковой автомобиль | 30 | 10 |
| Мотоцикл | 40 | 40 |
| Велосипед | 80 | 80 |

Разумно построенное транспортное средство должно перевозить груз больше собственной массы, именно в этом заключается его эффективность. На практике же этому требованию соответствуют лишь велосипед и легкие мотоциклы, остальные машины в основном возят сами себя. Получается, что КПД нефтяного транспорта не более 3...4 %. Сжигается огромное количество нефтяного топлива, а энергия расходуется чрезвычайно нерационально. Так, КамАЗ расходует столько энергии, что ее было бы достаточно для обогрева зимой 50 квартир.

Для пассажирских перевозок весьма важным показателем является расход топлива на одного пассажира. Так, для доставки одного

пассажира на расстояние 100 км водитель автобуса затрачивает лишь 1 л топлива, в то время как при путешествии по железной дороге этот показатель удваивается, а при поездках на легковом автомобиле с дизельным двигателем возрастает почти в 6 раз. Наиболее расточителен в этом смысле самолет: чтобы перевезти по воздуху одного пассажира, необходимо израсходовать 9 л горючего. Таким образом, самым оптимальным с экологической точки зрения средством перевозки пассажиров оказывается автобус. Подкрепляя данное утверждение, союз немецких автобусных предприятий подчеркивает, что именно этот вид транспорта потребляет меньше всего первичных энергоносителей и дает самый низкий выброс в атмосферу вредных веществ. Кроме того, автобус наиболее безопасен для пассажиров, о чем свидетельствует статистика дорожных происшествий.

К важным организационным мероприятиям также относят: синхронные сигналы светофоров, рассчитанные на то, чтобы при известной скорости не терять времени, дожидаясь разрешающего сигнала, - так называемая зеленая волна; специальные полосы для движения общественного транспорта; развитие системы движения в одном направлении; полосы реверсивного движения; ограничение въезда в город грузовых автомобилей в определенные часы или дни и др.

Другим направлением является применение радикальных градостроительных мероприятий, позволяющих максимально изолировать автомобиль как источник неблагоприятного воздействия на жилую среду, и в первую очередь непосредственно на человека. К таким мероприятиям относится вынесение источника загрязнения за пределы селитебной территории, а может быть, и всего города, что достигается рациональным трассированием городских магистралей.

6.5.3. Разработка альтернативных видов автотранспорта

К основным альтернативным видам автомобильного транспорта относятся электромобиль, солнечный электрический автомобиль, автомобиль с инерционным двигателем.

Идеальный автомобиль для города - электромобиль. Его приводит в движение электродвигатель, который, в свою очередь,

получает энергию от аккумуляторных батарей. Основные преимущества электромобиля перед автомобилем следующие:

- он почти не дает выбросов вредных веществ, токсичность газов, попадающих в атмосферу при зарядке и разрядке аккумуляторных батарей, несравнимо меньше, чем при работе ДВС;
- у него большой крутящий момент на малых скоростях вращения, что очень важно, когда нужно тронуться с места или преодолеть трудный участок дороги; кроме того, он предпочтительнее с точки зрения удельной мощности и более компактен;
- не нуждается в столь тщательном уходе, как обычный автомобиль: требует меньше регулировок, не потребляет много масла, проще система охлаждения, а топливная вообще отсутствует;
- излучает значительно меньший шум, чем автомобили с дизельным или бензиновым приводом.

Гибридную модель автомобиля разработали шведские автостроители и назвали ее «Вольво ЕСС». Последние буквы расшифровываются как концепция экологического автомобиля. У него два двигателя: электрический, питаемый от аккумулятора, и газотурбинный, потребляющий дизельное топливо. На городских улицах «Вольво ЕСС» использует электричество, а на загородных шоссе - солярку, причем водитель при необходимости может использовать и смешанную тягу: бортовой компьютер включает газотурбинную установку, как только запас энергии в аккумуляторе снизится до 20 %. А поскольку с турбиной соединен мощный электрогенератор, он тотчас начнет подзаряжать батарею. Для этой же цели можно использовать энергию, получаемую при торможении автомобиля или при движении под уклон. Таким образом, при одной заправке бака 35 л солярки «Вольво ЕСС» способен преодолеть 670 км. Максимальная скорость - 175 км/ч, причем разгон с места до 100 км/ч занимает 13 с. Если использовать лишь электромотор, динамика и прочие показатели оказываются несколько хуже. Так, пробег без подзарядки аккумулятора составляет 150 км. Но эффективность новой конструкции ее создатели видят как раз в гибридности.

Главными недостатками современного электромобиля, особенно со свинцово-кислотными аккумуляторными батареями, являются ограниченный ресурс пробега, большая масса, малый срок службы источника тока и общая высокая стоимость. Все указанные

недостатки связаны преимущественно с применением свинцово-кислотных аккумуляторов.

Для электромобиля, эквивалентного современному массовому автомобилю с ДВС, необходима мощность двигателя 10... 15 кВт, по обеспечивает аккумуляторная батарея массой 250...300 кг, позволяя выполнить до перезарядки батареи пробег 60...80 км со скоростью 40...60 км/ч, тогда как автомобиль с ДВС с одной заправкой 30...40 кг бензина проходит 400...500 км со скоростью 80...100 км/ч. Таким образом, чтобы иметь запас хода электромобиля 400 км, на нем необходимо разместить батарею массой 1250...1500 кг, что весьма неэффективно. В общем случае эксплуатационные расходы электромобиля зависит от энергоемкости батарей, стоимости и срока их службы. Отметим, что энергоемкость бензина равна примерно 11 тыс. Втч/кг, а свинцово-кислотного аккумулятора - 35...50 Втч/кг.

Различные фирмы мира ведут разработки перспективных типов батарей, превосходящих по энергоемкости наиболее распространенные свинцово-кислотные, и новых накопителей энергии - ультраконденсаторов, а также топливных элементов.

В табл. 6.9 приведены сравнительные характеристики накопителей энергии по трем основным характеристикам.

Таблица 6.9 - Сравнительные характеристики накопителей электроэнергии

| Типы накопителей энергии | Удельная энергоемкость, Вт ч/кг | Удельная мощность, Вт/кг | Ресурс, циклы заряда |
|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Аккумуляторные батареи: | | | |
| свинцово-кислотные | 35...50 | 250...400 | 500 |
| никель-кадмиевые | 50...65 | 200 | 1000 |
| никель-металлгидридные | 70...90 | 200 | 1000 |
| натрий/никель-хлоридные | 90...100 | 130 | 1000 |
| литий-ионные | 100...150 | 300 | 1200 |
| натриево-серные | 100 | 120 | 800 |
| Ультраконденсаторы | 4 | 8000 | >100 000 |

Некоторые фирмы для получения электричества используют fuel cells - топливные элементы, которые преобразуют водород в

электричество путем каталитического окисления, но без сгорания. Они практически не выделяют вредных веществ и обладают относительно небольшой массой. Проблема состоит в том, что используемые лишь в аэрокосмической индустрии топливные элементы дороги, а водород для них очень сложно хранить в автомобиле. Идея одного из таких проектов состоит в следующем. Бензин из бензобака попадает в подогреваемый испаритель, а потом сгорает в первом реакторе. Благодаря ограниченному доступу воздуха топливо частично окисляется, образуя водород и оксид углерода CO. Во втором промежуточном реакторе CO взаимодействует с водяным паром и в присутствии катализатора превращается в углекислый газ CO₂ и дополнительный водород. А завершается процесс риформинга в третьем реакторе. В результате из бензина получается водород, преобразуемый топливными элементами в электричество, а попутно - углекислый газ, вода и азот. Рабочая температура системы 80 °С, избыточная теплота удаляется обычным автомобильным радиатором. Расход бензина не должен превышать 3 л на 100 км.

В городских условиях весьма перспективным считается использование полуавтономных троллейбусов. Такой троллейбус оснащен аккумуляторами, позволяющими преодолевать до 10 км автономно. Этого вполне достаточно, чтобы доехать до другой контактной сети и зарядить аккумуляторную батарею в процессе движения.

Солнечный автомобиль представляет собой комплекс, включающий электрический автомобиль и солнечный коллектор, который обеспечивает перезарядку аккумуляторной батареи во время его движения или стоянки. Автомобили, работающие на солнечной энергии, пока еще являются предметом экспериментальных разработок, при этом разные модели значительно отличаются по конструкции, дизайну и рабочим характеристикам. Но все они имеют солнечные коллекторы, которые поглощают солнечный свет и превращают его в электричество. Затем электричество хранится в

батареи до тех пор, пока не потребуются для приведения в действие электродвигателя. С теоретической точки зрения солнечный автомобиль должен бы двигаться вечно, так как единственным необходимым для него топливом является солнечный свет. Однако серьезным недостатком остается невозможность движения ночью или днем в условиях сплошной облачности. Автомобиль «Санрайдер», спроектированный и собранный на факультете механики и энергетики Кардиффского университета (Великобритания), весит около 90 кг, развивает скорость до 30 км/ч и работает на электричестве, вырабатываемом 300 солнечными батареями.

В автомобиле с инерционным двигателем в качестве накопителя энергии используется не аккумулятор, а маховик. Такое нововведение позволяет обойтись без двигателя, коробки скоростей, радиатора, стартера и выхлопной трубы. Идея конструкторов такова. 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. Эксперименты в этой области показывают, что автомобиль с супермаховиком способен разогнаться до 96,5 км/ч всего за 6,5 с. Пробег без подзарядки также обещает быть впечатляющим – до 600 км.

6.6. Обращение с отходами автотранспортных средств

К числу объектов, отрицательно влияющих на окружающую среду, относят отходы автотранспортных средств (ОАТС): изношенные автомобили и их заменяемые детали (шины, аккумуляторы, корпуса, рамы, агрегатные узлы и др.). Известно, что основа отходов легкового автомобиля, например, массой 800 кг - черные и

цветные металлы, составляющие соответственно 71,1 и 3,4 % его масса, полимерные материалы - 8,5 %, каучук - 4,7 %, стекло – 4 %, бумага и картон - 0,5 %, прочие материалы, в том числе и опасные химические соединения, - 7,8 %.

Проблема переработки ОАТС стоит остро для многих стран. В странах Евросоюза отходы автотранспортных средств формируются в самостоятельный поток. Обращение с ними четко регламентируется нормативно-правовыми актами и контролируется государственными органами, регулируется экономически - предприятия несут ответственность за переработку выпущенной ими продукции. Необходимые средства на переработку отходов выделяются государством (за счет сбора налогов с владельцев автомобилей и фирм-импортеров) и аккумулируются в специальных экологических фондах на местном и федеральном уровне.

Среди экономически развитых стран не существует единства мнений о выборе путей решения данной проблемы. Одни, например, Швейцария, считают экономически целесообразной схему обращения с ОАТС, основанную на селективном сборе и переработке легкоутилизируемых материалов. Это позволяет перерабатывать до 75 % ОАТС, оставшиеся 25 % отходов размещаются на свалках или сжигаются вместе с твердыми бытовыми отходами. Другие страны (Германия, Италия) добиваются максимальной переработки ОАТС (по отдельным материалам до 99 %), используя рециклинг, внедрение новых безотходных технологий и стандартизации производимой продукции.

По международным нормам допустимым сроком эксплуатации легковых автомобилей считаются 10 лет, после чего они должны направляться на переработку. В Швейцарии, где ежегодно образуется порядка 250 тыс. старых легковых автомобилей, схема организации потоков ОАТС (рис. 6.13), как правило, начинается с площадок сбора отходов.

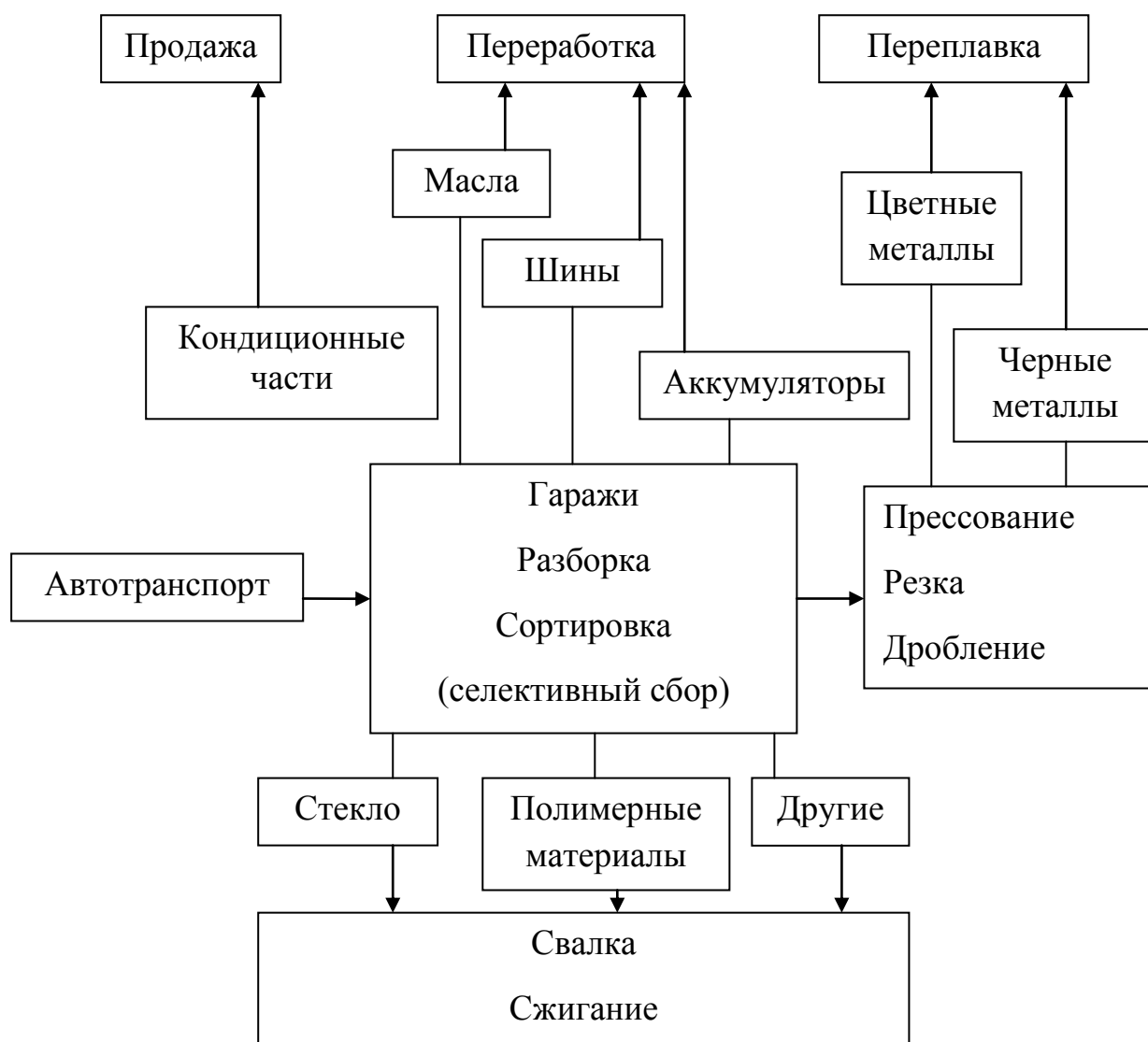


Рисунок 6.13 - Схема организации потоков ОАТС в Швейцарии

Демонтаж автомобилей и селективный сбор материалов с выделением опасных отходов производят ремонтные мастерские, имеющие государственную лицензию на выполнение работ данных видов. Из общего потока ОАТС отбирают кондиционные узлы и детали (для рециклинга или продажи), аккумуляторы, изношенные шины. Остальные отходы (кузова, рамы и другие крупногабаритные части автомобиля) последовательно обрабатывают с помощью прессования, резки, дробления, получаемую при этом измельченную фракцию подвергают сепарации магнитными улавливателями для отделения металлолома. Далее собранные в отдельные потоки ОАТС направляются на переработку.

Металлолом сортируют на черные и цветные металлы, которые в дальнейшем поступают на переплавку. Таким образом перераба-

тывают 114 тыс. т черных и 12 тыс. т цветных металлов в год, что составляет 15 % всего объема выплавляемого металла в Швейцарии. Ежегодно на внутренний рынок Швейцарии поступают 3,5 млн новых шин. Ресурс пробега каждой шины составляет 40 тыс. км, после чего она изымается из дальнейшей эксплуатации. Такая ситуация способствует накоплению 50...60 тыс. т изношенных шин, из которых 21 тыс. т экспортируют для переработки в другие страны, 17 тыс. т сжигают на асфальтобетонных заводах, 12 тыс. т после измельчения используют в качестве шумопоглощающего материала при строительстве автодорог, укладке железнодорожных и трамвайных путей, и только небольшую часть из них рециклируется.

В Швейцарии ежегодно образуется около 700 тыс. т отработанных аккумуляторов. Содержащиеся в них кислоты (4 тыс. т) подвергают нейтрализации. Свинец, связанный с сурьмой (8 тыс. т), вывозят для переработки в другие страны, а полимерные отходы (1,4 тыс. т) уничтожают путем высокотемпературного сжигания.

Измельченный остаток ОАТС размещают на городских свалках или сжигают, добавляя к ТБО в количестве, равном 5 % их общей массы. Образующиеся при этом шлаки содержат большое количество тяжелых металлов. Для снижения токсичности отходов все больше внимания при разборке автомобилей уделяют извлечению опасных химических материалов (например, тяжелых металлов, хлорсодержащих полимеров и др.). Этому способствует соответствующая стандартизованная маркировка деталей на стадии их изготовления.

Одной из перспективных целей ЕС до 2015 г. в обращении с ОАТС являются максимальное применение рециклинга материалов и наиболее полная утилизация отходов (до 80 % общей массы автомобиля).

6.6.1. Организационно-технологическая схема утилизации отходов

В общем виде схема утилизации представляет собой систему мер по управлению движением потоков ОАТС и комплексной их утилизации (рис. 6.14). Движение ОАТС начинается с площадок сбора отходов. Часть этих площадок, оснащенных резательным и прессовым оборудованием для предварительной обработки отходов

(для повышения эффективности их хранения и транспортировки), может быть преобразована в сортировочно-накопительные склады.



Рисунок 6.14 - Организационно-технологическая схема утилизации отходов автотранспортных средств и транспортно-бытового обслуживания

Далее с помощью региональной биржевой системы инвентаризации и перераспределения вторичных ресурсов производится управление потоками собранных отходов по направлениям их технологической переработки.

Разборка автотранспортных средств может рассматриваться как самостоятельное направление переработки ОАТС, особенно когда имеются постоянные потоки изношенных или некондиционных АТС. Все работы по разборке АТС на составные части (раму,

кабину, двигатель, агрегаты, колеса и др.) должны проводиться на специализированных предприятиях.

Перед разборкой АТС целесообразно разделять на 4 технологических потока, различающихся конструктивным исполнением и возможностью использования специализированных постов их разборки: легковые автомобили, автобусы, грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы. Указанные потоки неодинаковы по количеству, поэтому участки разборки, наряду со специализацией должны обладать и определенной универсальностью. Достаточная универсальность должна быть главным принципом организации работ и оснащения технологическим оборудованием всех разборочных участков предприятия. Например, на участке разборки прицепов и полуприцепов при незначительном его дооснащении можно разбирать и грузовые автомобили. Дооснащение касается лишь вспомогательного оборудования, и прежде всего дополнительного комплектования подъемно-транспортными средствами со специальными захватами для снятия двигателя, кабины и др.

Разбираемые изделия можно подавать на участки и перемещать по ним пластинчатыми конвейерами, наиболее удобными для данного вида работ. Конвейеры разборочных цехов целесообразно оборудовать приводом с периодическим действием (перемещением). Это связано с возможностью достаточно широкого разброса трудоемкостей операций демонтажа.

Рабочие посты разборочных участков должны быть оснащены опрокидывателями, консольными, поворотными кранами, гайковертами различных мощностей и размеров, аппаратами резки металла. Последние используют, если резьбовые соединения не поддаются разборке с помощью гайковертов. Опрокидыватели необходимы для обеспечения доступа к АТС при снятии с них мостов, коробок передач, рулевых управлений и др.

Восстановление изношенных шин. В настоящее время в большинстве развитых стран проблемы рециклинга изношенных шин (ИШ) привлекают все большее внимание (табл. 6.10).

Таблица 6.10 - Годовое количество изношенных шин
в различных странах

| Страна | Количество изношенных шин, тыс. т |
|----------------|-----------------------------------|
| США | 2300 |
| Япония | 750 |
| Германия | 450 |
| Франция | 425 |
| Великобритания | 400 |
| Россия | 1000 |

Так, в странах Евросоюза восстанавливают около 15 % ИШ для легковых машин и более 50 % - для грузовых, что на 20 % дешевле производства новых шин, без ухудшения их эксплуатационных характеристик. Особенно эффективно многократное восстановление крупногабаритных шин, поскольку эксплуатационные затраты на них часто превышают начальную стоимость автотранспорта.

Использование целых ИШ и их кусков. Зарубежные исследования показали, что шины практически не загрязняют воду и их прогнозируемая долговечность в спокойной воде достигает сотен лет, поэтому их применяют даже при создании искусственных нерестилищ для рыбы, а во Франции и для усиления грунта (успешно функционируют несколько сотен таких инженерных сооружений). При эколого-экономической экспертизе проектов следует рекомендовать проектировщикам использовать ИШ и их куски, что позволит добиться экономии финансовых средств в несколько раз, а первичных стройматериалов (цемента, щебня и др.) - в десятки раз. Особенно перспективны ИШ:

- для защиты от эрозии почвы и берегов (рекультивация оврагов, строительство дамб и других ограждающих сооружений);
- при строительстве мостов и водопропускных коллекторов в дорожной индустрии;
- при создании звукоизолирующих ограждений - экранов на автодорогах;
- для усиления слабых грунтов в инженерных сооружениях широкого профиля.

В комбинации с пластмассами из кусков ИШ можно изготавливать специальные маты и рукава для подпочвенных оросительных систем и сельскохозяйственного дренажа.

Использование измельченных вулканизаторов (в данном случае вулканизатор – вещество которое в соединении с каучуком образует резину). Измельченные вулканизаторы (ИВ) используют в полимерных смесях для строительных и технических материалов, как добавки в дорожных покрытиях и в различных технологических процессах.

Измельченные вулканизаторы дисперсностью от 0,007 до 1,5 мм широко используют при изготовлении обуви, шин, резиновых покрытий, спортивных матов и дорожек, линолеумов, плиточных материалов, композитных материалов с термопластами, бикомпонентных наполнителей резинотехнических изделий (РТИ) и в качестве адсорбентов. В России потребляется около 74 тыс. т/год ИВ, при расширении работ по их поверхностной модификации объемы применения значительно увеличатся.

Несмотря на увеличение стоимости работ от 10 до 100 %, резиноасфальт имеет большую износо- и морозостойкость, снижает шум и тормозной путь автомобиля. Билль о транспорте (США) поддержал применение резиноасфальта, что позволило использовать до 30 % ИШ из накапливаемых ежегодно в США.

Крупнодисперсные и смешанные ИВ могут широко применяться в качестве мульчи для сельского хозяйства, поскольку лучше, чем органика, сохраняют влагу, и как добавка к компосту. Добавки ИВ перспективны при формировании поверхности искусственных и травяных спортивных полей с заданной эластичностью. Расширяется использование ИВ как сорбентов для химических и горючесмазочных отходов и загрязнителей.

Температурная деструкция ИШ и РТИ. Температурная деструкция имеет ограниченное применение, к ее основным видам относят пиролиз (высокотемпературный процесс деструкции молекул исходных веществ) и деструктивную гидронизацию (переработку в присутствии катализаторов при реакции гидрирования - расщепления молекул сырья с присоединением к ним водорода).

Использование отходов РТИ и шин в качестве энергоносителей. Сжигание ИШ энергетически неперспективно, так как для изготовления легкой шины требуется энергия, содержащаяся в 35 л нефти, а при ее сжигании возвращается энергия, эквивалентная лишь 8 л нефти, т.е. затраты на полимеризацию не восполняются. Однако сжигание шин в цементных печах снижает загрязнение окружающей среды и в ряде случаев экономически выгодно. В Японии переработку ИШ применяют на 20 из 45 цементных заводов, а в США

планируется более 50 % шин использовать с утилизацией теплоты со средней эффективностью 8600 ккал/кг. Схема управления движением отходов РТИ показана на рис. 6.15.



Рис. 6.15 - Схема управления движением отходов РТИ

Использование отсортированных термопластов. Рациональная организация заготовки вторичных термопластов должна отвечать следующим требованиям: четким ограничениям по ассортименту заготавливаемых отходов (при обеспечении допустимой загрязнен-

ности и соблюдении требований здравоохранения, охраны труда и пожарной безопасности); регламентации ответственности, прав и обязанностей всех участников процесса заготовки и переработки отходов, в том числе регламентации необходимых и стабильных экономических параметров.

В первую очередь необходим селективный сбор экологически опасных хлорированных термопластов (ПВХ), которые при некалцифицированном сжигании являются очагами диоксинового заражения и плохо совместимы по технологическим режимам переработки с другими полимерами. Практически любые отходы ПВХ можно считать вторичным сырьем, поскольку при длительном старении ПВХ изменению подвергаются лишь тонкие слои (до 0,5 мм), а основная масса ПВХ сохраняет свои свойства.

Разделение смешанных отходов термопластов по видам производят следующими способами: флотационным разделением в тяжелых средах, аэросепарацией и химическими методами. Наиболее распространена флотация, позволяющая выделить ПВХ.

Использование смесей термопластов. Переработка смесей вторичных термопластов экономически обусловлена трудностью очистки и сортировки смешанных отходов, а также возможностью найти сбыт дешевых изделий из дешевого несортového сырья, имеющего большие колебания по составу.

Типичным сырьем этого вида являются, например, отходы искусственной кожи, многослойные упаковки, изношенные изделия, изготовленные из разных материалов, и т.п.

Смеси термопластов можно перерабатывать на стандартных литьевых машинах при соблюдении следующих условий:

- вторичное сырье должно иметь хорошую сыпучесть, чтобы гарантировать равномерное питание перерабатывающего оборудования;
- смесь термопластов не должна содержать металлических включений и жестких посторонних тел;
- для смесей термопластов, содержащих ПВХ, должно применяться оборудование в коррозионно-стойком исполнении.

Использование отходов реактопластов. Отходы реактопластов в общем объеме вторичных пластиков занимают небольшую часть, но ввиду особенностей своей переработки и использования выделены в отдельное направление. Из способов переработки реактопластов и полимерных композитных материалов (ПКМ) на

их основе преимущество отдается измельчению на различных агрегатах. Применение дезинтеграторов-активаторов для переработки отходов ПКМ позволит получать порошки размером до 70 мкм, содержащих активные функциональные группы, что улучшает их совместимость с полимерными и минеральными композициями. Измельченные на дезинтеграторах отходы находят применение:

- в эпоксидных порошковых красках (замена оксида титана) для улучшения адгезионных и деформационно-прочностных характеристик покрытий;
- в составе фенопластов;
- в составе композиций для декоративных строительных плит и полимербетонов;
- в качестве добавок в полимерные связующие (до 7 %).

Термодеструкция полимерных отходов. Совершенствование установок для сжигания бытового мусора позволило разработать методы пиролиза, позволяющие получать горючие и безвредные для окружающей среды газы с малыми объемами выбросов. Однако получаемые при этом пиролизные масла имеют очень сложный и нестабильный состав, содержат много воды и, следовательно, неконкурентоспособны.

Для получения высококачественных пиролизных масел необходимо выдерживать стабильные требования к отсортированному сырью с высоким содержанием углеводородов. Например, при переработке полимерных материалов применяют низкотемпературный жидкофазный пиролиз (500 °С), а при переработке смесей термопластов, кабельной изоляции и РТИ — высокотемпературный пиролиз (600...800 °С), при этом оптимальная производительность обеспечивается лишь непрерывными методами.

Первичная переработка металлолома. Использование металлолома существенно снижает стоимость всей металлопродукции. По усредненным данным, при переплавке стального металлолома требуется только 25 % энергии, затрачиваемой на выплавку стали из руды в домнах (конвертерах).

Для достижения наибольшего эффекта при использовании металлолома АТС, в первую очередь дорогостоящих легированных сплавов, необходима тщательная его сортировка на определенные группы, в которых все детали должны быть максимально близки по

химическому составу металла. Такая сортировка достаточно сложна, но ее можно значительно упростить, соответствующим образом маркируя каждую деталь на стадии ее изготовления. Маркировка должна означать марку или шифр материала, из которого деталь изготовлена, по существующему стандарту на момент изготовления. Нанесение подобных меток на детали обязательное условие производства на многих зарубежных фирмах, и не только автомобилестроительных. В результате при сортировке металлолома можно точно разделять детали по всем необходимым видам и маркам используемых материалов. Введение в процесс изготовления деталей сплошной их маркировки, безусловно, несколько удорожает продукцию, однако при этом снижаются последующие расходы на использование металлолома.

Первичное разделение металлолома АТС и других транспортно-бытовых отходов (ТБО) по группам сортов и марок металла целесообразно проводить в определенной последовательности, выполняя следующие вспомогательные виды работ: разборка, резка, прессование.

6.6.2. Регулирование процесса обращения с отходами

Как известно, ведущую роль в совершенствовании системы обращения с ОАТС отводится экономическим методам управления. Согласно предлагаемой схеме формирования бюджета системы управления обращением с ОАТС и организационно-экономических отношений между ее элементами (рис. 6.16) финансовые поступления в систему обращения с ОАТС составят перечисления залоговой стоимости экологической безопасности производителями и продавцами изделий, дотации из бюджета, кредиты, инвестиции из фондов, программ, от коммерческих структур и частных лиц, продажа акций. Центральным (системообразующим) звеном системы является Управление проблемными отходами (УПО), аккумуля-

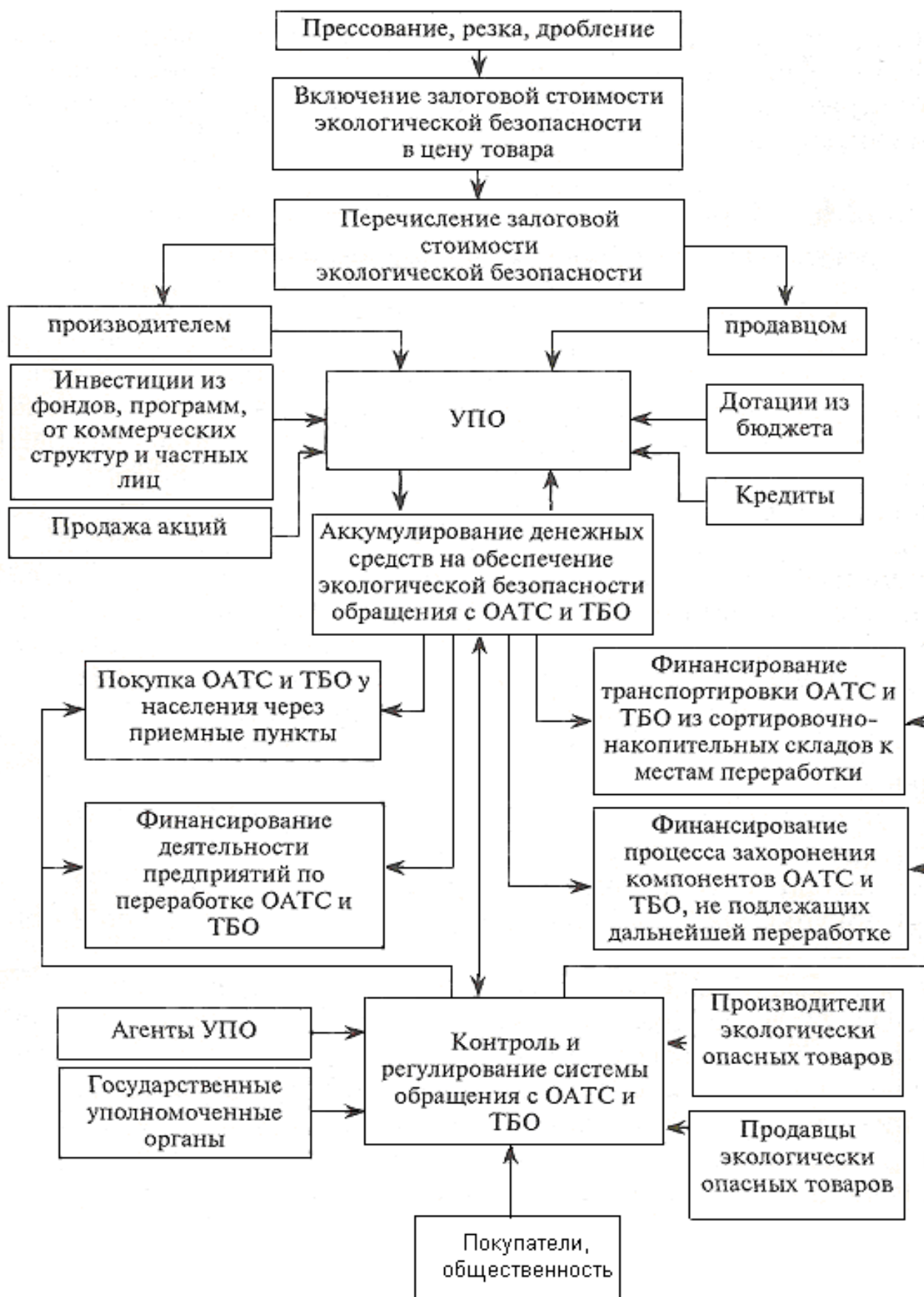


Рисунок 6.16 - Экономический метод регулирования процесса обращения с ОАТС и ТБО

рующее все финансовые поступления и распределяющее их по следующим направлениям финансирования:

- транспортировки ОАТС и ТБО из сортировочно-накопительных складов к местам их переработки;
- процесса захоронения компонентов ОАТС и ТБО, не подлежащих дальнейшей переработке;
- деятельности предприятий по переработке ОАТС и ТБО;
- покупки ОАТС и ТБО у населения и сборщиков через приемные пункты.

Проблема обращения с опасными веществами, входящими в состав ОАТС, должна рассматриваться в контексте общих мер по переработке ТБО и обеспечению экологической безопасности промышленных изделий, содержащих токсичные компоненты. Например, изделия из ПВХ должны иметь соответствующую маркировку, а их отходы выделяться из остальных отходов и перерабатываться отдельно по специально разработанным технологиям. Наиболее рациональным способом уничтожения ПВХ является их сжигание при соответствующей очистке отходящих газов. Отходы, содержащие тяжелые металлы и их соединения (аккумуляторы, ртутные лампы, батарейки), следует собирать отдельно и направлять в переработку или захоранивать в соответствии с нормативными требованиями на полигоне опасных промышленных отходов.

Основной задачей совершенствования системы обращения с ОАТС и ТБО следует считать развитие комбинированного производства, в котором комплексно используется сырье и утилизируются отходы ОАТС и ТБО, включенные в состав сырьевой базы региона. В конечном счете это позволит сократить объемы бюджетных дотаций, переключив их на финансирование мероприятий по предотвращению образования отходов. В этих целях необходимо использовать весь диапазон методов экономического стимулирования, включая преимущественное инвестирование, льготное кредитование и налогообложение.

В стратегии социально-экономического развития региона ОАТС следует рассматривать как часть его ресурсного потенциала, учитывая при этом возможности использования отходов в сложившихся ресурсных циклах или формирования новых циклов.

Для эффективного использования экономических механизмов совершенствования системы обращения с ОАТС и ТБО необходимо:

- включать залоговую стоимость экологической безопасности в цену продукции;
- экономически стимулировать восстановление ранее существовавших и создание новых производств, использующие вторичное сырье из состава ОАТС и ТБО;
- инвестировать научно-исследовательские, проектные и конструкторские работы, направленные на совершенствование технологической базы системы обращения с потоками ОАТС и ТБО и развитие их рециклизации.

Особое внимание необходимо уделять выявлению и реализации возможностей формирования добавленных стоимостей в процессе рециклинга ОАТС и ТБО, что даст, наряду с экологическим и экономическим, определенный социальный эффект, так как создаются дополнительные рабочие места.

Рециклизация - наиболее экономически и экологически эффективный способ решения проблемы ОАТС и ТБО. Процесс рециклизации отходов в законченном виде должен охватывать стадии их сбора, переработки и ликвидации свалок. В настоящее время рециклизация ОАТС и ТБО ограничена техническими возможностями перерабатывающих предприятий и потребностью региона во вторичном сырье. Следовательно, ее развитие связано с созданием современной инфраструктуры по переработке ОАТС и ТБО и расширением рынка вторичного сырья.

Таким образом, достижение финансовой устойчивости системы обращения с ОАТС и ТБО связано прежде всего с развитием рынка вторичных ресурсов, совершенствованием технологии сбора, транспортировки и особенно переработки отходов, ориентированной на их максимальную утилизацию с постепенным переходом на этой основе к полной самокупаемости и отказу от бюджетного дотирования.

Раздел 7. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

7.1. Контроль загрязнения окружающей среды

Для решения этой задачи используют инструментальные методы современной аналитической химии, основанные на измерении различных физических свойств определяемых веществ или продуктов химических превращений с помощью физических и физико-химических приборов. Результат измерения, несущий химико-аналитическую информацию, часто называют аналитическим сигналом.

Спектроскопические методы анализа основаны на использовании взаимодействия атомов или молекул определяемых веществ с электромагнитным излучением широкого диапазона энергии. Это могут быть гамма-кванты, рентгеновское излучение, ультрафиолетовое и видимое инфракрасное и радиоволновое излучение. Сигналом может быть испускание или поглощение излучения. Важнейшими для экологического мониторинга, по-видимому, являются нейтронно-активационный, рентгеноспектральный и атомно-эмиссионный анализы.

Ценную информацию в анализе вод представляют электрохимические методы анализа: потенциометрия, полярографические и кулонометрические методы.

Исключительно мощное средство контроля загрязнения различных объектов окружающей среды - хроматографические методы, позволяющие анализировать сложные смеси компонентов. Наибольшее значение приобрели тонкослойная газожидкостная и ионная хроматография. Будучи несложной по технике выполнения, тонкослойная хроматография хороша при определении пестицидов и других органических соединений-загрязнителей. Газожидкостная хроматография эффективна при анализе многокомпонентных смесей летучих органических веществ. Применение различных детекторов, например малоизбирательного детектора по теплопроводности - катарометра и избирательных - пламенно-ионизационного, электронного захвата позволяет достигать высокой чувствительности при определении высокотоксичных соединений. Высокоэффективную жидкостную хроматографию применяют при анализе смесей многих загрязняющих веществ. Используя высокочувствитель-

ные детекторы, спектрофотометрические, флуориметрические, можно определять очень малые количества веществ. При анализе смеси сложного состава особенно эффективно сочетание хроматографии с инфракрасной спектрометрией и особенно с масс-спектрометрией. В последнем случае роль детектора играет подключенный к хроматографу масс-спектрометр. Обычно приборы такого типа оснащены мощным компьютером.

Для определения содержания SO_2 , NO_2 , CO и других газов в атмосферном воздухе применяют отечественные газоанализаторы различных типов: «Платон-1» (AsH_3); «Гамма-М» (бензол); «Палладий-МЗ» (CO); «Нитрон» (NO_2); «Сирена-2» (NH_3) и др.

Чтобы контролировать концентрацию загрязнителей меньше ПДК, необходимы мощные информативные и чувствительные методы анализа, ибо «отсутствие компонента» еще не означает его действительное отсутствие. Возможно, концентрация настолько мала, что традиционными методами его определить невозможно.

Количественная оценка транспортных воздействий. Количественная оценка транспортных воздействий на окружающую среду необходима для:

- определения значимости отдельных факторов и выявления соответствующих закономерностей;
- разработки эффективных механизмов управления природоохранной деятельностью и рациональным использованием природных ресурсов в промышленности и на транспорте.

Её осуществляют в результате мониторинга транспортных объектов и окружающей среды, т.е. слежения за транспортными объектами как источниками загрязнений и изменением состояния окружающей природной среды, а также предупреждения о создающихся критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов.

Особенности мониторинга объектов транспорта, диктующие требования к измерительным приборам, оборудованию, программным средствам и расчетным методикам, связаны с:

- множественностью подвижных источников загрязнения переменной интенсивности выбросов во времени и в пространстве;
- распределенностью источников загрязнений на значительной площади территории;
- наличием большого числа параметров, которые необходимо

измерять регулярно или непрерывно с высокой степенью достоверности.

В связи с этим возникают особые требования к конструкции приборов, использованию специальных методов измерений и оценки экологически значимых показателей транспортных средств, материалов, технико-эксплуатационного состояния инженерных сооружений, параметров состояния окружающей среды. Речь идет о создании комплексной системы мониторинга на основе аэрокосмического зондирования и наземного оперативного сопровождения с использованием стационарных и передвижных постов наблюдений. Обязательным условием успешной работы такой системы является широкое использование специальных программных средств и математических методов обработки, анализа массивов текущей информации о промышленно-транспортных объектах и изменении состояния окружающей среды, восстановления информации о характеристиках транспортных потоков, уровнях загрязнения воздуха, воды, почвы, растительности на значительной площади территории (до 1000 км²), используя в качестве исходных данных результаты измерений этих параметров в отдельных (репрезентативных) точках пространства. Эти методы и средства необходимы для визуализации и представления результатов мониторинга в форме, удобной для принятия эффективных управляющих решений.

7.2. Контроль выбросов загрязняющих веществ автотранспортом

Для определения концентраций вредных примесей в атмосферном воздухе вблизи автомагистралей и в отработавших газах двигателей используют разные методы оценки, когда анализируют индивидуальные пробы газа, взятые дискретно и при непрерывных измерениях.

Основные требования к отбору проб газа и его анализу следующие:

- все части системы отбора должны быть инертны по отношению к исследуемому компоненту;
- температура системы отбора проб должна поддерживаться на уровне, исключающем конденсацию паров или взаимодействие компонентов исследуемой газовой смеси друг с другом;
- объем пробы должен быть точно измеренным и достаточным

для обеспечения требуемой точности измерений.

Автоматические приборы непрерывного действия используют для оперативного контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха вблизи интенсивных источников выбросов (объектов энергетики, автомагистралей, химических производств и др.). Для определения токсичности автомобилей (двигателей) используют приборы анализа индивидуальных проб на определенном режиме работы двигателя или при испытаниях по ездовым циклам, а также приборы непрерывного действия.

В газоаналитической аппаратуре реализуются следующие методы измерений.

1. Непосредственное измерение показателя, характеризующего вредное вещество, без изменения химического состава пробы газа.

Используют приборы, построенные на принципах избирательной абсорбции света в инфракрасной, ультрафиолетовой и видимой частях спектра, парамагнетизма, изменения плотности, теплопроводности, показателя преломления света.

2. Вредное вещество, подлежащее измерению, переводят путем химических реакций в состояние, обладающее свойствами, доступными автоматическому измерению. Используются приборы фотометрического, гальванометрического, потенциометрического, термохимического принципов действия.

В конструкциях наиболее распространенных анализаторов различных газов используются разнообразные методы (табл. 7.1).

Таблица 7.1 - Методы анализа загрязнения воздуха

| Метод анализа | Вредное вещество |
|---|--|
| Абсорбционный метод спектрального анализа (инфракрасная и ультрафиолетовая области спектра) | СО, Оз |
| Пламенно-ионизационный | Углеводороды (C _n H _m), органические вещества |
| Хемилюминесцентный | NO, NO ₂ , O ₃ |
| Флуоресцентный, пламенно-фотометрический | SO ₂ , H ₂ S |
| Радиометрический, гравиметрический | Пыль |
| Электрохимический | СО, SO ₂ , H ₂ S |

Абсорбционный метод спектрального анализа газов основан на свойстве веществ избирательно поглощать часть проходящего че-

рез них электромагнитного излучения. Специфичность спектра поглощения позволяет качественно определять состав газовых смесей, а его интенсивность связана с количеством поглощающего энергию вещества. Каждому газу присуща своя область длин волн поглощения. Это обуславливает возможность избирательного анализа газов.

Сущность метода заключается в следующем: если поочередно (путем обтюрации) пропускать поток монохроматического инфракрасного (ИК) излучения, образованный после прохождения им интерференционного фильтра, через кювету с используемой газовой смесью и без нее, то на приемнике ИК-излучения будет регистрироваться переменный сигнал, который несет информацию о количестве ИК-энергии, поглощенной анализируемым газом с частотой обтюрации и, следовательно, о концентрации анализируемого газа. Анализаторами этого типа производят в частности оценка концентрации СО в атмосферном воздухе.

Недисперсионные оптико-акустические (инфракрасные) газоанализаторы широко применяют при контроле содержания СО отработавших газов бензиновых двигателей при работе на холостом ходу и под нагрузкой. Разработаны и комбинированные приборы для одновременного определения содержания суммарных углеводородов, СО в отработавших газах и частоты вращения коленчатого вала в двигателях автомобилей и мотоциклов.

Автомобильные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) загрязняют атмосферу вредными веществами, выбрасываемыми с отработанными газами (ОГ), картерными газами и топливными испарениями. При этом 95...99 % вредных выбросов приходится на ОГ, представляющие собой аэрозоль сложного состава, зависящего от режима работы двигателя.

Определение содержания ОГ. Элементарный состав автомобильного топлива - это углерод, водород, в незначительных количествах кислород, азот и сера. Атмосферный воздух, являющийся окислителем топлива, состоит в основном из азота (79 %) и кислорода (около 21 %). При идеальном сгорании смеси углеводородного топлива с воздухом в продуктах сгорания должны присутствовать лишь N_2 , CO_2 , H_2O . В реальных условиях ОГ содержат также продукты неполного сгорания (окись углерода, углеводороды, альдегиды, твердые частицы углерода, пероксидные соединения, водород и избыточный кислород), продукты термических реакций взаимо-

действия азота с кислородом (оксиды азота), а также неорганические соединения тех или иных веществ, присутствующих в топливе (сернистый ангидрид, соединения свинца и т. п.).

Всего в ОГ обнаружено около 280 компонентов. По своим химическим свойствам, характеру воздействия на организм человека вещества, содержащиеся в отработанных и картерных газах, подразделяют на несколько групп. В группу нетоксичных веществ входят азот, кислород, водяной пар, а также углекислый газ. Группу токсических веществ составляют: монооксид углерода CO , оксиды азота NO_x , многочисленная группа углеводородов C_nH_m , включающая парафины, олефины, ароматические соединения и т.п. Далее следуют альдегиды, сажа. При сгорании сернистых видов топлива образуются неорганические газы.

Особую группу составляют канцерогенные полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), в том числе наиболее активный - бензопирен, являющийся индикатором присутствия канцерогенов в ОГ. В случае применения этилированного бензина образуются токсичные соединения свинца.

Состав ОГ основных типов двигателей - бензинового двигателя с искровым зажиганием и дизеля с воспламенением от сжатия, существенно различается, прежде всего по концентрации продуктов неполного сгорания, а именно монооксида углерода, углеводородов и сажи. Основными токсичными компонентами ОГ бензиновых двигателей являются CO , C_nH_m , NO_x и соединения свинца, дизелей - NO_x , сажа [49].

Концентрации токсических веществ в ОГ изменяются в больших пределах. Количество токсичных выбросов зависит от конструкции двигателя, в частности, от топливной системы.

Дизель менее токсичен, чем бензиновый двигатель. Наиболее полно проявляются положительные качества дизеля в режиме городского движения с большим процентом малых нагрузок и холостого хода.

Нормируемыми компонентами ОГ автомобильных двигателей являются монооксид углерода, оксиды азота и углеводороды, как обладающие наибольшей токсичностью.

Нормы и методы измерений CO и C_nH_m в ОГ автомобилей с бензиновыми двигателями установлены ГОСТ 17.2.03. Эти требования распространены на автомобили с бензиновыми двигателями, изготавливаемые и эксплуатируемые в России. Для ана-

лиза СО в ОГ применяются в основном методы инфракрасной спектроскопии (ИКС). При определении содержания NO_x наибольшее распространение получили химические методы, основанные на специфических реакциях NO_2 с некоторыми реактивами, а также инструментально-аналитические методы (ИК - спектроскопии, хемилюминесцентные).

Для анализа в ОГ суммарных углеводородов широко применяются методы ИКС и пламенно-ионизационное детектирование (ПИД). В ПИД анализаторах используется эффект изменения электрической проводимости водородного пламени при добавлении углеводородов.

Чаще всего содержание СО определяют на газоанализаторах ИНФРАЛИТ 1100 или 121 ФА-01, содержание углеводородов газоанализатором 123 ФА-01. Определение этих компонентов ведут одновременно. Приборы измеряют объемные доли СО и объемные доли углеводородов в газовой пробе.

Принцип работы газоанализаторов основан на адсорбционном методе анализа с использованием интерференционных фильтров в инфракрасной области спектра.

В основу принципа положен оптико-адсорбционный метод: измерение поглощения инфракрасной (ИК) энергии излучения анализируемым компонентом. Степень поглощения ИК энергии излучения зависит от концентрации анализируемого компонента в газовой смеси. Каждый газ поглощает излучение определенной длины волн. Это обуславливает возможность проведения избирательного анализа газов.

Поток монохроматического ИК излучения пропускается поочередно через каналы кювет с анализируемой газовой смесью и без нее. На приемнике ИК излучения регистрируется переменный сигнал, дающий информацию о концентрации компонента.

Газ из выхлопной трубы автомобиля засасывается в трубопровод, где охлаждается и поступает в фильтр. В результате охлаждения газа образуется конденсат, который также попадает на фильтр.

Осушенный газ через фильтр, где задерживаются частицы пыли, поступает в измерительный преобразователь. Здесь концентрация анализируемого компонента преобразуется в электрический сигнал. Результаты измерения оценивают визуально по шкале прибора.

Приборы применяют при температуре окружающей среды: от 0 °С до 45 °С, относительной влажности до 98 %, атмосферном давлении от 84,0...106,7 кПа (631,6...802, 3 мм рт.ст.). Время прогрева газоанализатора не более 20 мин.

Стандарт устанавливает нормы предельно допустимого содержания оксида углерода и углеводородов в отработанных газах автомобилей на режимах холостого хода, а также методы их измерения (табл. 7.2).

Содержание оксида углерода и углеводородов определяют при работе двигателя для двух частот вращения коленчатого вала, установленных предприятием-изготовителем: минимальной (n_{\min} и повышенной ($n_{\text{пов}}$).

Содержание CO и C_nH_m должно быть в пределах значений, установленных предприятием-изготовителем, но не выше приведенных в табл.14.2. значений предельно-допустимого содержания (ПДС).

Таблица 7.2 - Нормы предельно допустимого содержания оксида углерода и углеводородов в отработанных газах автомобилей на режимах холостого хода

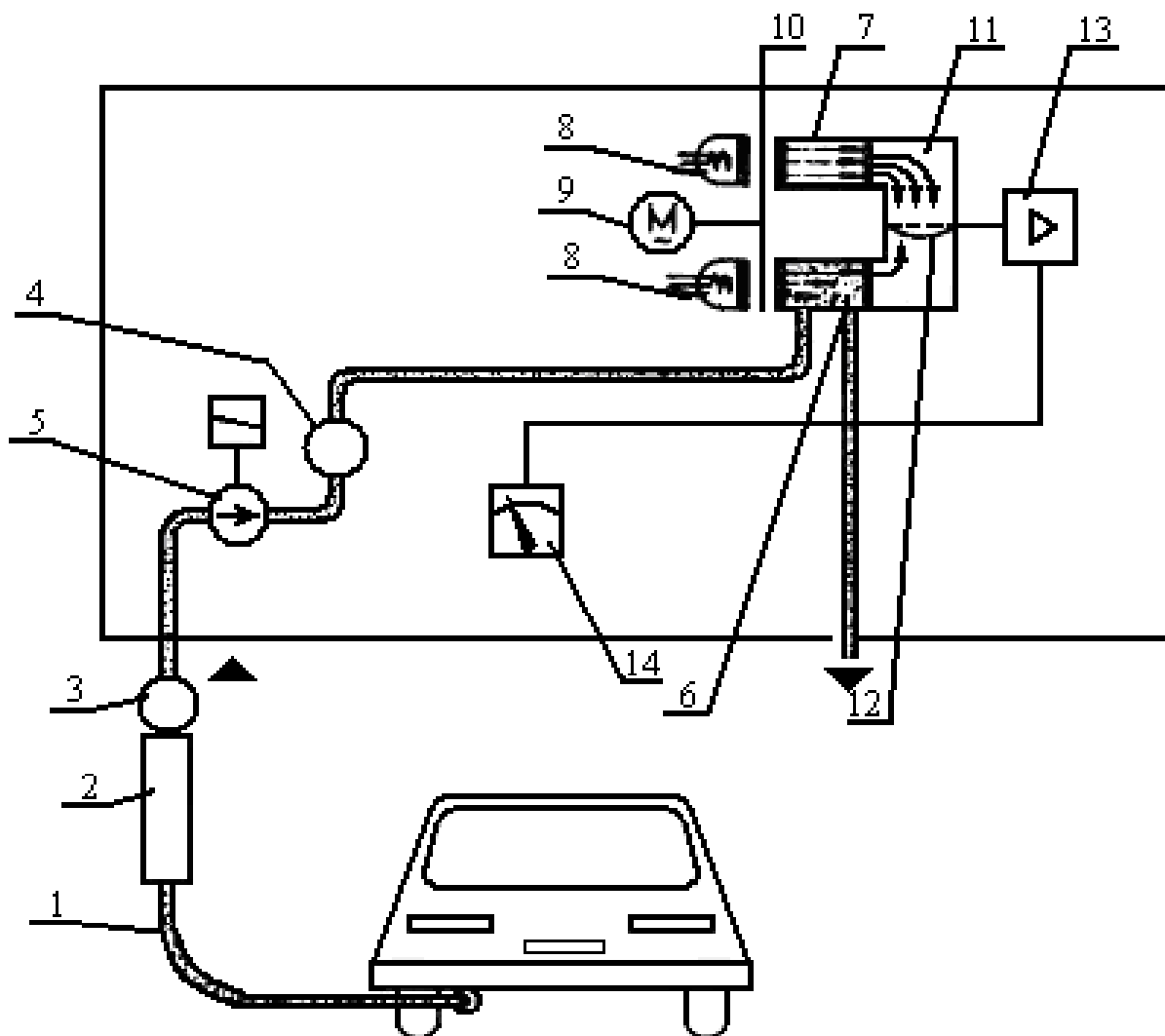
| Частота вращения коленчатого вала | ПДС CO объемная доля, % | ПДС углеводородов для двигателей с числом цилиндров, мин ⁻¹ | |
|-----------------------------------|-------------------------|--|---------|
| | | 4 | более 4 |
| n_{\min} | 1,5 | 1200 | 9000 |
| $n_{\text{пов}}$ | 2,0 | 600 | 1000 |

При контрольных проверках автомобилей в эксплуатации органами Росконтроль, ГИБДД допускает содержание CO на частоте вращения n_{\min} до 3 %.

Для определения содержания CO и C_nH_m по стандарту следует применять газоанализаторы непрерывного действия, работающие на принципе инфракрасной спектроскопии с погрешностью не более 5 % верхнего предела измерений для каждого диапазона и времени работы газоанализатора не более 60 с.

Выпускная система автомобиля должна быть исправна (определяется внешним осмотром). Перед измерением двигатель должен быть прогрет до температуры, указанной в инструкции по эксплуатации автомобиля.

Устройство и принцип работы газоанализатора инфралит 1100. ИНФРАЛИТ 1100 представляет с собой газоанализатор (рис. 7.1), работающий на принципе инфракрасной абсорбции. Прибор служит для непрерывного количественного определения содержания CO в газовых смесях, специально во выхлопных газах автомашин. Прибор работает селективно с диапазоном измерения 0...10 объемн. - % CO. Прибор подключают с помощью штеккера с защитным контактом в сеть 220 в 50 Гц.



- 1 - газозаборный зонд; 2 - отделитель конденсата; 3 - фильтр мелкой очистки; 4 - защитный фильтр; 5 - мембранный насос; 6 - измерительная кювета; 7 - сравнительная кювета; 8 - инфракрасный излучатель с параболическим зеркалом; 9 - синхронный двигатель; 10 - obtюратор; 11 - инфракрасный лучеприёмник; 12 - мембранный конденсатор; 13 - усилитель; 14 - индикатор

Рисунок 7.1 - Принцип действия газоанализатора ИНФРАЛИТ 1100

Соединение шлангов и монтаж фильтров исполняют согласно инструкции прибора. Соединение шлангов должно быть по возможности коротким для избежания более длительного времени реагирования.

С целью ввода непрерывного отделителя конденсата в эксплуатацию, запасной объем наполняют водой. Наполнение возможно в любом режиме работы. Соответствующий водяной сосуд подводится снизу через нижнюю часть отделителя конденсата. Последует сток ненужной воды.

Перед включением механическую нулевую точку контролируют в соответствующем положении. С целью достижения большой точности измерения, рекомендуется ежедневно повторить контроль нулевой точки и чувствительности. Газозаборный зонд проверяют время от времени на проходимость. Накопление сажи надо устранять.

На отделителе конденсата после истечения 50 рабочих часов при темно-серым окрашивании защитного фильтра его заменяют.

В энергетике используются *газоанализаторы*, в которых для оценки концентраций газовых примесей вместо инфракрасных излучателей используют ультрафиолетовые. Концентрации примесей также определяются по спектру поглощения. При прохождении светового луча через газовую среду часть его энергии поглощается или рассеивается. Молекула определенного вещества (NO, NO₂ и т.д.) поглощает энергию в своем специфическом диапазоне длин волн. Измерение концентраций в автоматическом режиме рассматриваемых веществ происходит одновременно без сложной процедуры сканирования спектра.

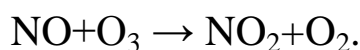
Электрохимический метод газового анализа основан на использовании химических сенсорных датчиков, состоящих из двух чувствительных элементов и определенного химического покрытия, которое непосредственно контактирует с анализируемой средой и на котором происходит адсорбция анализируемого вещества. С учетом того, какие физические свойства, зависящие от количества адсорбированного вещества, измеряют, датчики делят на потенциометрические, кулонометрические, полярографические и др.

Электрохимические газоанализаторы отличаются сравнительной простотой, низкой чувствительностью к механическим воздействиям, малыми габаритами и массой, незначительным энергопотреблением.

Пламенно-ионизационные газоанализаторы используют для измерения суммарной концентрации углеводородов различных классов, контроль которых избирательными методами анализа весьма сложен. Они обеспечивают надежное измерение в диапазоне концентраций $10 \dots 10\,000 \text{ млн}^{-1}$ отличаются высокой чувствительностью (до $0,001 \text{ млн}^{-1}$) и малой инерционностью. Позволяют раздельно определять содержание метана и реакционноспособных углеводородов, образующих в атмосфере фотохимический смог.

Метод основан на ионизации углеводородов в водородном пламени. В чистом водородном пламени содержание ионов незначительно. При введении углеводородов в пламя количество образующихся ионов значительно возрастает и под действием приложенного электрического поля между коллектором и горелкой возникает ионизационный ток, пропорциональный содержанию углеводородов. Некоторые из газоанализаторов данного типа имеют встроенный генератор водорода, что позволяет отказаться от внешних источников этого газа - газогенераторов или баллонов с водородом.

Хемилюминесцентный метод газового анализа применяют для измерения концентраций NO_2 , O_3 и основанной на реакции этих компонентов, подающихся одновременно в реакционную камеру:



Возбужденная молекула NO_2 (образуется $5 \dots 10 \%$ от общего количества молекул NO_2) отдает избыток энергии в виде излучения (в диапазоне волн длиной $600 \dots 2400 \text{ нм}$, с максимумом при 1200 нм).

Интенсивность излучения, измеряемого фотоумножителем, пропорциональна концентрации оксидов азота. Озон получают в генераторах в результате воздействия тлеющего разряда или ультрафиолетового излучения на кислородосодержащую смесь (воздух).

Для определения концентрации O_3 в атмосфере используют реакцию озона с органическим красителем на поверхности активированного вещества, при которой также наблюдается хемилюминесценция.

Кроме того, используют в качестве газа-реагента этилен высокой степени очистки. Под действием ультрафиолетового излучения озон вступает в реакцию с этиленом, которая сопровождается лю-

минесцентным излучением в области длин волн 330...650 нм. Газоанализаторы этого типа отличаются высокой чувствительностью и селективностью, а при наличии встроенного озонатора, высоким уровнем автоматизации и длительным сроком автономной работы без обслуживания.

Метод ультрафиолетовой флуоресценции используется в приборах для контроля SO₂ и H₂S. Явление флуоресценции заключается в способности определенных веществ излучать свет под воздействием излучения источника возбуждения.

Для молекул SO₂ это облучение пробы газа светом в области длин волн 200..500 нм (максимум при 350 нм), когда эти молекулы переходят из возбужденного состояния в нормальное, разряжаясь частично через флуоресценцию.

Интенсивность излучения, пропорциональная содержанию SO₂, регистрируется фотоумножителем. Включение в состав прибора конвертора, обеспечивающего каталитическое окисление сероводорода до диоксида серы, позволяет создать аппаратуру для одновременного контроля в газовой смеси этих веществ.

Преимущество указанного метода по сравнению с методом пламенной фотометрии - отсутствие вспомогательных газов.

Гравиметрический (весовой) метод - традиционный метод определения концентрации твердых частиц в газовых смесях, связанный с отбором пробы, пропусканием ее через фильтр, взвешиванием фильтра или определением его степени черноты по эталону. Этот метод реализован в дымомерах, которые используют для определения дымности отработавших газов дизелей.

Необходимость непрерывного контроля содержания твердых частиц в отработавших газах двигателей или атмосферном воздухе привела к широкому распространению оптических, радиоизотопных методов анализа. Оптический метод анализа (рис. 7.2) основан на измерении ослабления излучения твердыми частицами при прохождении луча света через измерительный канал определенной длины.

Метод используют для качественной оценки содержания частиц на выходе из двигателей, горелочных устройств, очистных сооружений (в единицах оптической плотности газового потока при просвечивании его заданной толщины с замером на фотоэлементе степени поглощения света).

Например, автомобильный дымомер типа «Хартридж» имеет

шкалу, разделенную на 100 единиц. За единицу принята степень ослабления интенсивности светового потока на 1 %. Но количественное определение содержания частиц этим методом неэффективно, так как на измерение существенное влияние оказывают цветность и дисперсность частиц. Поэтому погрешность оценки концентраций может достигать десятки процентов.

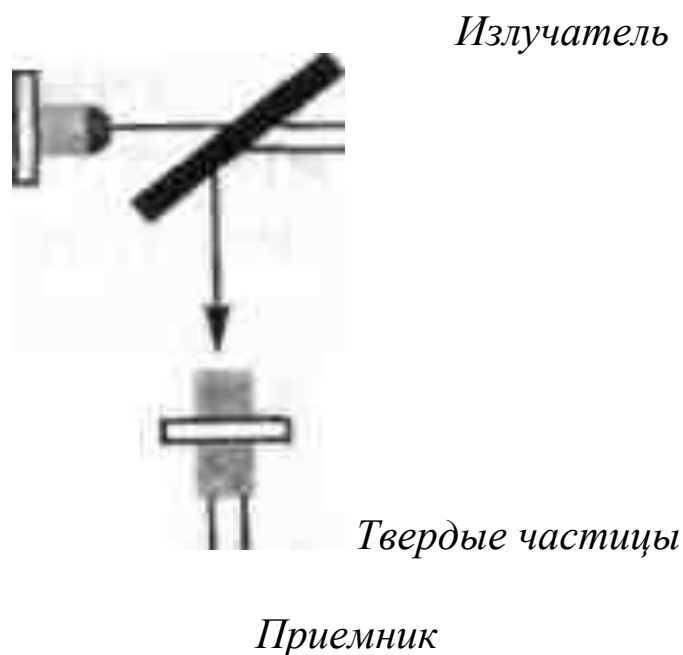


Рисунок 7.2 - Принцип работы прибора для оценки концентрации твердых частиц

Широкое распространение получил *радиоизотопный метод*. Концентрацию твердых частиц (пыли) вычисляют по результатам измерений на фильтре (лента из стекловолокна) до и после нанесения пробы. Лента транспортируется в детекторный блок, где расположен радиоизотопный источник, и производится замер.

Хроматографический метод широко распространен и основан на использовании свойства *разделения сложных смесей* на хроматографической колонке, заполненной сорбентом.

Пробу газа вводят в поток соответствующего газа-носителя простейшей форсункой и вместе с ним пропускают через колонки с твердыми адсорбирующими поверхностями (адсорбционная газовая хроматография), или с нанесенными на твердые поверхности нелетучими жидкостями (газожидкостная хроматография). Отдель-

ные компоненты смеси с различными скоростями перемещаются в колонке, выходят из нее отдельными фракциями и регистрируются.

Газ-носитель, транспортирующий молекулы исследуемой газовой смеси, протекает с постоянной скоростью. Колонки, по которым проходит газ, калибруются для того, чтобы установить время прохождения того или иного компонента. Соответствующий детектор используют для обнаружения или определения количества того или иного компонента смеси. Количественная оценка осуществляется по интенсивности сигнала детектора или с помощью электронных интеграторов. Этим методом могут регистрироваться химически однородные вещества (индивидуальные углеводороды) со слабо выраженной качественной реакцией (N_2O , CO), которые идентифицируются по специфическому времени удерживания.

Важнейшая часть газового хроматографа - детектор. В приборах, предназначенных для измерений загрязнения атмосферного воздуха, получили распространение следующие виды этих датчиков:

- пламенно-ионизационный детектор, который реагирует практически на все органические соединения, включая бензол, толуол, ксилол, фенол, формальдегид;

- электронно-захватный детектор - чувствителен к хлорсодержащим веществам;

- фотоионизационный детектор используют для контроля органических соединений и неорганических веществ (NH_3 , H_2S , PH_3);

- детектор по теплопроводности используют для контроля продуктов горения (CO , CO_2 , H_2 , SO_2). В связи с внедрением современных средств электроники и миниатюризацией аналитической части хроматографов созданы портативные (переносные) приборы для осуществления газового анализа в полевых условиях (передвижные лаборатории на транспортных средствах). Наибольший интерес представляют переносные газовые хроматографы, запрограммированные для идентификации определенных компонентов газовой смеси. Результаты выражают непосредственно в концентрации контролируемого вещества.

Лидарная система контроля загрязнения реализует лазерно-локационный метод - комбинационное рассеяние и дифференциальное поглощение загрязняющих веществ с использованием источника лазерного излучения и предназначена для дистанционного

зондирования качества атмосферы. Состоит из лидара кругового обзора, который устанавливают в промышленных зонах или вблизи автомагистралей на доминирующих строениях, и предназначен для непрерывного контроля выбросов аэрозолей, NO_2 , SO_2 на территории радиусом 7...15 км и измерения азимута и расстояния до источника загрязнения. Лидар второго типа на базе автомобиля - комбинационного рассеяния используют для многокомпонентного анализа концентрации примесей в воздухе.

Методы оценки параметрических загрязнений. Измерение уровня шума производят с помощью *шумомеров* как с присоединением к ним октавных фильтров (анализаторов спектра), так и без них.

Шумомеры состоят из датчика (микрофона или акселерометра), воспринимающего звуковое давление, усилителя и выходного звена, представляющего собой стрелочный индикатор, градуированный непосредственно в децибелах.

Наибольшие требования предъявляют к датчикам. Они должны иметь широкий рабочий диапазон частот, обладать высокой и стабильной чувствительностью, не искажать воспринимаемое звуковое поле, иметь небольшие габариты и массу. Датчики бывают электродинамические, керамические, конденсаторные, пьезоэлектрические.

Шумомеры измеряют суммарные уровни интенсивности звука в четырех частотных характеристиках: А, В, С и линейной в диапазоне частот 2...40000 Гц. Анализатор спектра шума - усилитель, который в зависимости от настройки позволяет выделять определенную полосу частот. Он устанавливает не абсолютные уровни интенсивности шума в этих полосах частот, а их соотношение, что позволяет определить полосу с максимальной энергией (интенсивностью шума).

Анализаторы спектра шума бывают *фильтровые* и *гетерогенные*. Фильтровые состоят из набора электрических фильтров, каждый из которых пропускает определенную полосу частот. В гетерогенных анализаторах получение определенной полосы пропускания обеспечивается с помощью узкополосных кварцевых фильтров. Регистрация уровней шума может осуществляться также с помощью самописца, магнитографа, магнитофона.

7.3. Стационарные и передвижные посты контроля транспортного загрязнения окружающей среды

С использованием отдельных приборов измерения параметров атмосферного воздуха, воды, почвы строятся стационарные и передвижные посты и системы контроля загрязнения окружающей среды вблизи автомагистралей и экологических параметров транспортных средств. Их оснащают дополнительно приборами контроля метеорологических параметров, определения интенсивности и состава транспортного потока, ландшафтных изменений, а также системами жизнеобеспечения (освещение, вентиляция, отопление, кондиционирование, пожаротушение, охранная сигнализация). В таблицу обязательного оборудования поста должны входить и средства предварительной обработки, передачи полученной в автоматическом режиме измерительной информации.

Основной объект контроля загрязнения - стационарный пост наблюдений, работающий непрерывно в автоматическом режиме. Наличие такого стационарного поста наблюдений позволяет изучить влияние транспортного потока на уровень загрязнения воздуха и поверхностного стока, отработать методику осуществления экомониторинга автомобильных дорог и транспортных потоков, управления потоками в режиме реального времени. В комплектацию стационарного поста наблюдения за уровнем транспортного загрязнения входят приборы для измерения концентраций NO_2 , CO , C_xH_y , сажи, уровня шума, метеорологических параметров, характеристик транспортного потока и др. Для обработки и анализа информации, поступающей непрерывно от измерительных приборов, создают аналитический центр, в котором имеются программные средства для расчета образования вторичных загрязняющих веществ, распространения загрязняющих веществ в компонентах биоты, восстановления информации об уровнях ингредиентного и параметрического загрязнения в разных точках импактной зоны.

Передвижные лаборатории используют для оценки пространственной изменчивости загрязнения на прилегающих территориях. Основное назначение передвижных постов - выявление зон с чрезмерным уровнем загрязнения компонентов биоты, отбор проб для тщательного лабораторного анализа, а также осуществления контрольных функций.

На урбанизированных территориях стационарные и передвиж-

ные посты образуют сеть мониторинга.

Основными задачами сети наблюдений за загрязнением окружающей среды являются:

- проведение непрерывных измерений уровня загрязнения воздушного бассейна, вод, почв, биоты основными источниками выбросов вредных веществ и метеорологических условий;
- информационное объединение результатов измерения загрязнения окружающей среды и общие банки данных и базы знаний;
- оценка состояния загрязнения среды с учетом метеорологических условий (в том числе и в случаях аварийных залповых выбросов);
- краткосрочное и долгосрочное прогнозирование уровня загрязнения окружающей среды с учетом прогноза изменений климатических характеристик и характеристик выбросов вредных веществ в атмосферу, воду, почву (в том числе в случаях аварийных и залповых выбросов);
- выработка рекомендаций по снижению загрязнения среды на различные промежутки времени;
- оценка эффективности проводимых мероприятий, программ, проектов, направленных на улучшение состояния окружающей среды.

Такие системы мониторинга создают для контроля уровня загрязнения прежде всего атмосферного воздуха.

Непрерывный автоматический отбор проб представляет собой статистическую базу исследований, позволяющих обнаружить местонахождение и границы сильного загрязнения, а также определить временную эволюцию явлений (суточную, сезонную, годовую) и оценить взаимную зависимость величин, измеряемых в одной точке, и, наконец, способствует применению математических моделей. Рассмотрим особенности построения и функционирования таких систем.

С помощью оборудования, работающего круглосуточно, оценивают концентрации химических загрязняющих веществ, присутствующих во внешней среде и метеорологические условия. Сеть включает измерительную аппаратуру, способную поставить информацию о концентрации таких веществ, как NO, NO₂, SO₂, H₂S, C_xH_y, CO, частицы пыли, O₃.

Метеорологическая сеть состоит из наземного оборудования, предназначенного для измерения направления и скорости ветра;

температуры воздуха; градиентов температуры на 100 м; суммарной солнечной радиации; относительной влажности; дождевых осадков; атмосферного давления.

Непрерывная связь через телетайп метеорологического центра обеспечивает прием метеорологических сводок из пункта радиозондирования, а факсимильный приемник воспроизводит синоптическую карту и карты абсолютной барической топографии на изобарических поверхностях 850, 700 и 500 гПа.

Места расположения газоанализаторов должны быть выбраны таким образом, чтобы получать наиболее репрезентативные данные об окружающем воздушном пространстве. Кроме критерия точности и соблюдения технологии измерения и надежности, необходимо предусмотреть систему, отключающую прибор при обнаружении неисправности. С этой целью создают двухуровневую систему контроля:

- измерение и автоматическая сигнализация под управлением компьютера;

- работа под контролем оператора.

На первом уровне устанавливают нуль и градуируют прибор по запросу компьютера, который с помощью соответствующей программы на основе полученных данных калибровки корректирует результаты измерения. Второй уровень предполагает периодическое обслуживание в соответствии с требованиями прибора. Эта система позволяет получить до 85 % истинных данных.

Кроме анализаторов система отбора проб атмосферного загрязнения, созданная для непрерывного контроля состояния окружающей среды, включает устройство для передачи сигналов в центр и обратно по выделенным телефонным линиям. Информация в кодах, поступающая от приборов в компьютер, декодируется и подтверждается, затем вводится в память с тем, чтобы в дальнейшем ее обработать в соответствии со следующим алгоритмом. Первая операция состоит в записи всех поступающих данных на магнитную ленту, т.е. накоплении архива. Если полученное среднее значение концентрации за полчаса с любой из станций превысит ПДК, то об этом поступает немедленный сигнал, и распечатываются сведения, включающие в себя все необходимые данные для анализа эпизода загрязнения. В противном случае полученные значения вводятся в память и распечатка данных происходит один раз в сутки.

Таким образом, система немедленно сообщает о аварийной ситуации и выдает информацию, необходимую для изучения контролируемого эпизода; в нормальных же условиях производится только запись на магнитную ленту. Важнейшими выходными параметрами системы мониторинга являются:

- средние за 20 мин концентрации SO_2 , H_2S , NO_x , C_xH_y , O_3 ;
- средние за час концентрации CO и трехчасовые — пыли;
- получасовые данные о метеорологических величинах;
- управление калибровкой приборов;
- выдача сигнала о превышении установленного аварийного порога по каждой отдельной станции за 12 и 24 ч;
- световая индикация аварийных ситуаций на мнемосхеме;
- вызов на экран данных за последнюю минуту или средних за 10 мин;
- статистика за некоторый промежуток времени.

Если связать информацию с результатами мониторинга атмосферного воздуха вблизи автомагистралей и транспортных потоков на улично-дорожной сети крупного города в режиме реального времени, то можно обеспечить экологически ориентированное управление движением транспорта одновременно на всей дорожной сети.

Первичное звено такой системы мониторинга загрязнения окружающей среды вблизи автомагистрали и транспортных потоков - поста наблюдений создан в МАДИ-ТУ совместно с АО «Прима-М». Он регулярно разворачивается вблизи МАДИ-ТУ на Ленинградском проспекте на расстоянии 7,5 м от кромки проезжей части с использованием передвижных лабораторий АО «Прима-М» и кафедры промышленно-транспортной экологии МАДИ-ТУ. Измерение и регистрация характеристик транспортного потока (скорости движения, интенсивности и состава транспортного потока) в контрольном сечении автомагистрали выполняют с помощью цветной видеосъемки с последующей расшифровкой видеозаписи. Состав транспортного потока определяют вручную при воспроизведении записи в режиме уменьшенной скорости протяжки ленты, а также с использованием режима «стоп-кадр» для фиксации сложных ситуаций при определении состава транспортного потока.

Уровень загрязнения поверхностного стока и почвы 142 веществами, в том числе алюминием, барием, бензотриазолом, бором, бромом, кадмием, ионами хлора, диоксидом хлора, свободным хлором,

хромом шестивалентным, трехвалентным, свободным хромом, кобальтом, медью, платиновым кобальтом, цианидами, фторидами, оксидами железа (в воде и почве), свинца, марганца, никеля, молибдена, цинка, нитратами, а также оценки уровня содержания азота, фосфора, калия, сульфатов и сульфидов (в почве), кислорода, нефтепродуктов, органических соединений осуществляют с использованием спектрофотометра ОК-2000.

Кроме этого в состав лаборатории входят измерители температуры воды, электрической проводимости и общего содержания растворенных солей (ионов натрия, калия и др.) концентрации водородных ионов (рН-метр), а также цифровой титратор для определения объемной концентрации растворенных в воде веществ, кюветы для отбора и хранения проб.

Комплексные оценки воздействия транспорта на компоненты биоты вблизи крупнейших автомагистралей и на территории крупного города с использованием современных измерительных комплексов позволяют не только оценить уровень воздействия и реакцию среды на него, но и выявить тенденции и закономерности такого воздействия.

Самый простой способ оценки воздействия транспорта не на отдельных участках, а на всей площади урбанизированной территории предполагает размещение постов наблюдений равномерно по всей территории таким образом, чтобы они позволяли с использованием средств измерений достоверно оценивать значения параметров окружающей среды в любой точке пространства. Однако это нереально по экономическим соображениям.

Размещать посты наблюдений за состоянием окружающей среды целесообразнее в наиболее информативных точках пространства, особенно если они совмещены с постами мониторинга транспортных потоков. Для этого необходима мощная программно-аналитическая база восстановления информации и прогнозирования состояния среды. В этом случае можно при сохранении достоверности измерений на порядки снизить количество постов.

Требуется также разработка специальных методов для сбора, накопления, предварительной обработки данных, поступающих от сети постов непрерывно, особенно если ставится задача экологически ориентированного управления транспортными потоками на значительной площади территории в режиме реального времени.

Результаты исследований экологических и научно-

исследовательских организаций показали, что измерения параметров состояния среды на придорожной территории и характеристик транспортного потока примерно 30 % времени суток концентрация СО превышает ПДК, причем превышение от 2-х до 5-и раз. Превышение максимально разовых ПДК концентраций оксидов азота составляет до 80 % времени суток. Среднесуточный норматив по оксидам азота также значительно превышен. Высокая степень загрязнения оксидами азота (свыше 5 ПДК) наблюдается в течение 4 ч в течение суток, 2 ч - величиной, которая практически не имеет суточной зависимости, а годовой анализ содержания кислорода отмечен уменьшением его содержания в зимнее время на 0,1...0,3 %.

Нестабильность содержания кислорода ухудшает экологическую ситуацию: увеличивает выброс вредных веществ, возможно отклонение в жизнедеятельности биоорганизмов, включая человека (повышенная утомляемость, активизация астматических явлений, нарушение деятельности нервной системы).

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Антропогенные факторы – факторы, обязанные своим происхождением деятельностью человека. В последние десятилетия возрастающее воздействие антропогенных факторов привело к возникновению сложных экологических проблем современности (парниковый эффект, кислотные дожди, обезлесивание, загрязнение среды токсикантами и др.).

Аспект экологической деятельности - элемент деятельности организации, ее продукции или услуг, который может взаимодействовать с окружающей средой.

Атмосфера (от греч. - пар и шар) - газовая оболочка Земли, масса которой составляет $5,15 \times 10^{15}$ т. Через атмосферу осуществляется обмен веществ Земли с Космосом, при этом Земля получает космическую пыль и метеоритный материал, а теряет самые лёгкие газы – водород и гелий.

Атмосферные осадки - это вода в жидком и твёрдом состоянии, выпадающая из атмосферного воздуха на земную поверхность. Они могут быть представлены в виде дождя, снега, града, крупы и пр. и являются одним из абиотических факторов, существенно влияющих на живые организмы.

Аудит системы управления окружающей средой - систематический и документально оформленный процесс проверки объективно получаемых и оцениваемых аудиторских данных для определения соответствия (или несоответствия) системы управления окружающей средой, принятой в организации, критериям аудита такой системы, а также сообщение клиенту результатов, полученных в ходе этого процесса.

Аудит экологический - независимая комплексная документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности.

Безопасность экологическая - 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.

Биосфера - это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть веществ планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами. Термин ввёл в научный обиход австрийский учёный Э. Зюсс (1875), а современное учение о биосфере разработал академик В.И. Вернадский (1926).

Водный баланс земли - количественная характеристика прихода (атмосферные осадки, речной сток) и расхода (испарение) земной поверхности за определённый период времени.

Воздействие на окружающую среду негативное - воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды.

Восстановление природных ресурсов - комплекс мероприятий, направленных на получение природных ресурсов в раннее естественно наблюдавшемся количестве с помощью искусственных мер, после периода полного или частичного истощения этих ресурсов в результате антропогенного воздействия.

Вред окружающей среде - негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов.

Гидросфера - водная оболочка Земли, которая включает мировой океан, воду, суши (реки, озёра, ледники), подземные воды. Она является средой обитания гидробионтов, встречающихся во всей толще воды - от плёнки поверхностного натяжения до максимальных глубин океана. Гидросфера находится в тесной связи с литосферой (подземные воды), атмосферой (парообразная вода) и живым существом, в состав которого входит вода в качестве обязательного компонента. Общий объём гидросферы составляет 1454000 тыс. км³.

Демографический взрыв - периодическое резкое увеличение численности населения, связанное с улучшением социально - экономических и других факторов.

Загрязнение - привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных физико - химических и биологических веществ, оказывающих вредное воздействие на природные экосистемы и человека.

Загрязнение окружающей среды - поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или

количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Зона экологического бедствия - территория с очень сильным и устойчивым загрязнением (содержание загрязняющих веществ более чем в 10 раз выше ПДК), разрушительной потерей продуктивности, необратимой трансформацией экосистем, практически включающей их из хозяйственного использования. Деградация земель превышает 50 % территории.

Зона экологического кризиса - территория с сильным загрязнением (содержание загрязняющих веществ в 5...10 раз выше ПДК), резким снижением продуктивности экосистем. Деградация земель проявляется на 20...50 % территории.

Зона экологического риска - территория с повышенным загрязнением (содержание загрязняющих веществ в 2...5 раз выше ПДК), заметным снижением продуктивности экосистем. Деградация земель захватывает 5...20 % территории.

Использование природных ресурсов - эксплуатация природных ресурсов, вовлечение их в хозяйственный оборот, в том числе все виды воздействия на них в процессе хозяйственной и иной деятельности.

Источник чрезвычайной ситуации - опасное природное явление, авария или катастрофа, широко распространенное заболевание людей, сельскохозяйственных животных или растений, а также применение современных средств поражения, в результате чего сложилась или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Качество окружающей среды - состояние окружающей среды, которое характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями и (или) их совокупностью.

Контроль в области охраны окружающей среды (экологический контроль) - система мер, направленных на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды.

Контроль за окружающей средой - планомерное наблюдение (путём использования принципов экологического мониторинга) за состоянием и изменением экологически, медикобиологически и социально - экономически важных компонентов окружающей среды:

качества воздуха и воды, радиации, растительного и животного мира и т.д.

Лимиты на природопользование - предельные объемы природных ресурсов, выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, размещение отходов производства, которые устанавливаются для предприятий - природопользователей на определенный срок.

Лицензия - (разрешение) на комплексное природопользование - документ, удостоверяющий право его владельца на использование в фиксированный период времени природного ресурса (земель, вод, недр и др.), а также на размещение отходов, выбросы и сбросы.

Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) - комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

Мониторинг окружающей среды государственный (государственный экологический мониторинг) - мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти в Российской Федерации и органами государственной власти субъектов Российской Федерации.

Мониторинг экологический - приобретает особое значение для оценки состояния биосферы в глобальном масштабе, при этом часто включает в себя биологический, геофизический и др.

Оздоровление окружающей среды - совокупность мероприятий и средств, направленных на устранение неблагоприятных условий проживания населения (преимущественно в городах).

Окружающая среда (среда обитания) - совокупность абиотических, биотических и социальных факторов, совместно оказывающих влияние на человека и его хозяйственную деятельность; совокупность всех материальных тел, сил и явлений природы, её вещество и пространство, любая деятельность человека, находящаяся в непосредственном контакте с живыми организмами. Окружающая среда не тождественна окружающей природной среде, так как она её включает.

Опасность - процесс, свойство либо состояние природы, общества или техники, представляющие угрозу для жизни либо благосостояния людей, объектов хозяйства или окружающей среды.

Опасность в чрезвычайной ситуации - состояние, при котором создалась или вероятна угроза возникновения поражающих

факторов и воздействий источника чрезвычайной ситуации на население, объекты народного хозяйства и окружающую среду.

Охрана окружающей среды - деятельность органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

Охрана природы - общее обозначение мероприятий (технологических, экономических, биотехнологических, административно - правовых, международных, просветительных и других), обеспечивающих возможность сохранения природной ресурсо и средовоспроизводящих функций, генофонда, а также сохранения невозобновимых природных ресурсов.

Предельно - допустимая концентрация вредного вещества в атмосферном воздухе – максимальное количество вредного вещества в атмосферном воздухе, практически не влияющее отрицательно на живые организмы (в том числе и человека).

Предельно – допустимый выброс (ПДВ) - согласно Закону РФ «Об охране окружающей природной среды» - «нормативы ПДВ и сбросов вредных веществ, загрязняющих атмосферный воздух, воды, почвы, устанавливаются с учётом производственных мощностей объекта, данных по наличию мутагенного эффекта и иных вредных последствий по каждому источнику загрязнения, согласно действующим нормативам ПДК вредных веществ в окружающей природной среде».

Предотвращение загрязнения - использование процессов, практических методов, материалов или продукции, которые позволяют избегать загрязнения, уменьшать его или бороться с ним, и также могут включать рециклинг, очистку, изменение процесса, механизмы управления, эффективное использование ресурсов и замену материала.

Природная опасность - процесс, свойство либо состояние определенных частей литосферы, атмосферы или космоса, представляющие угрозу для общества.

Природный риск - вероятностная мера соответствующей природной опасности, установленная для определенного объекта в виде возможных потерь за определенное время.

Радиоактивное загрязнение биосферы - повышение естественного уровня содержания в окружающей природной среде радиоактивных веществ.

Ресурсы природные - компоненты природной среды, природные объекты и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной и иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность.

Риск - мера для количественного измерения опасности, представляющая собой многокомпонентную величину, измеренную, например, с помощью статистических данных или рассчитанную с помощью имитационных моделей, включающих количественные показатели: вероятности возникновения (частоты) рассматриваемого опасного фактора; ущерб от воздействия того или иного опасного фактора; неопределенности в величинах ущерба и вероятности.

Риск экологический - вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванную негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Система управления окружающей средой - часть общей системы административного управления, которая включает организационные структуры, планирование, ответственность, методы, процедуры, процессы и ресурсы, необходимые для разработки, внедрения, реализации, анализа и поддержания экологической политики.

Среда обитания организма - это совокупность абиотических и биотических условий его жизни. Свойства среды постоянно меняются, и любое существо, чтобы выжить, приспосабливается к этим изменениям.

Среда окружающая - совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных, а также антропоидных объектов.

Среда окружающая благоприятная - окружающая среда, качество которой обеспечивает устойчивое функционирование естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов.

Техногенная опасность - любой фактор техногенного происхождения (химическое, радиационное, физическое, биологическое и другие воздействия), который может привести к нарушению жизнедеятельности человека, общества и окружающей среды.

Техносфера (от греч. - искусство, мастерство и шар) - часть биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого и косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия социально - экономическим потребностям человечества.

Уязвимость - свойство объекта утрачивать способность к выполнению своих естественных или заданных функций в результате негативных внешних воздействий.

Фактор - причина, движущая сила какого-либо процесса, явления, определяющая его характер или отдельные его черты. Существенное обстоятельство в каком-нибудь процессе, явлении.

Фактор опасности - составляющая какого-либо опасного процесса или явления, вызванная источником опасности и характеризующаяся физическими, химическими и биологическими действиями, которые определяются соответствующими параметрами.

Шум экологический - одна из форм загрязнения окружающей среды, которая состоит в увеличении уровня шума сверх природного фона и действует отрицательно на живые организмы (включая человека).

Экологический контроль - осуществление государственного экологического контроля в Российской Федерации возложено на Минприроды России и его территориальные органы. Использование и охрану отдельных видов природных ресурсов контролируют специально уполномоченные государственные органы РФ в области охраны окружающей природной среды (Роскомзем, Роскомвод, Рослесхоз и пр.).

Экологическая безопасность - состояние защищенности природной среды и жизненно важных экологических интересов человека, прежде всего его прав на благоприятную экологическую среду.

Экологическая экспертиза - оценка воздействия комплекса промышленно - хозяйственных и других объектов на окружающую среду, природные ресурсы и здоровье населения.

Экологические общественные организации - в резолюции Всероссийского съезда по охране природы (июнь, 1995 год) сказано, что «важнейшим условием проведения эффективной экологической политики в нашей стране является широкое вовлечение общественных организаций и всех слоёв населения в подготовку и принятие решений, а также укрепление взаимодействия государственных и общественных экологических организаций».

Экологические правонарушения различны по своему составу, но всегда складываются в сфере природы: будь то загрязнение природной среды, незаконная порубка леса и т. д. Наибольшее число экономических правонарушений связано с охраной и использованием животного мира (охота и рыболовство) и с охраной атмосферного воздуха. Общий критерий всех экологических нарушений - причинение вреда окружающей природной среде

Экологические факторы опасности (экологически опасные факторы) - это факторы, обусловленные неблагоприятными для жизни человека, животных, растений климатическими условиями, физико-химическими характеристиками почв, вод, атмосферы и функциональными характеристиками экосистем; природными бедствиями и катастрофами и т.д.

Экологический кризис - это стадия взаимодействия между обществом и природой, на которой до предела обостряются противоречия между экономикой и экологией, а возможности сохранения потенциального гомеостаза, т. е. способности саморегуляции экосистем в условиях антропогенного воздействия, серьезно подорваны.

Экологический риск - это оценка на всех уровнях - от точечного до глобального - вероятности появления негативных изменений в окружающей природной среде, вызванных антропогенным или иным воздействием. Под экологическим риском понимают также вероятную меру опасности причинения вреда природной среде в виде возможных потерь за определенное время.

Экологическое воспитание призвано формировать активную природоохранную позицию. Экологическое воспитание достигается с помощью комплекса природоохранного и экологического обучения, включающего воспитание в узком смысле слова, школьное и

вузовское экологическое просвещение, пропаганду экологического просвещения.

Экологическое образование - целенаправленно организованный, планомерно и систематически осуществляемый процесс овладения экологическими знаниями, умениями и навыками.

Экологическое право - это отрасль права, которая регулирует общественные отношения в сфере взаимодействия общества и природы. Источниками экологического права являются следующие документы: Конституция; Законы и кодексы в области охраны природы; Указы и распоряжения Президента по вопросам экологии и природопользования; правительственные природоохранные акты; нормативные акты министерств и ведомств; нормативные решения органов местного самоуправления.

Экология (от греч. - дом, жилище и наука) - это наука, изучающая условия существования животных организмов и взаимосвязи между организмами и окружающей средой.

Эффективность системы управления окружающей средой - измеряемые результаты системы управления окружающей средой, связанные с контролированием организацией экологических аспектов, основанных на ее экологической политике, а также на целевых и плановых экологических показателях.

Юридическая ответственность (за нарушение экологического законодательства) - применение юридическими органами принудительных мер различного характера к предприятиям, учреждениям, организациям, должностным лицам и гражданам, нарушающим экологическое или иное законодательство. Исходным механизмом юридической ответственности является факт правонарушения экологических требований, выраженных в нормах права.

Ядерная катастрофа - глобальные экологические последствия применения оружия массового уничтожения (ядерного, химического, биологического), что в конечном счёте приведёт к разрушению основных природных экосистем Земли. В настоящее время мощность накопленных запасов ядерного оружия в мире на каждого жителя планеты приходится более 3,5 т тротилового эквивалента.

ЛИТЕРАТУРА, НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ

1. Акимова Т.А. Экология. Человек, Экономика. Биота. Среда.: Учебник для вузов / Т.А.Акимова, В.В.Хаскин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 566 с
2. Ансеров Ю.М., Дурнев В.Л. Машиностроение и охрана окружающей среды. - Л.: Машиностроение, 1979. - 224с.
3. Беднарский В.В. Экологическая безопасность при эксплуатации и ремонте автомобилей: Учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2003.- 384 с.
4. Белов С.В., Бринза В.Н., Векшин Б.С и др. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под ред. С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
5. Белов С.В., Барбинов Ф.А., Козьяков А.Ф. и др. Охрана окружающей среды: Учебник для техн. спец. вузов. / Под ред. СВ. Белова. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1991. - 319 с.
6. Богачев А.Ф., Воронов А.А., Пименов А.Н. Информационные модели обеспечения перераспределения производственных и бытовых отходов // Инженерная экология. 1996. № 4. С. 23...29.
7. Богдановский Г.А. Химическая экология: Учеб. пособие. - М.: МГУ, 1994. - 237 с.
8. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Под общ. ред. Е.Я. Юдина. - М.: Машиностроение, 1985. - 4 00 с.
9. Буторина М.В., Буторина И.В. Международный экологический менеджмент - Мариуполь: Стратегия, 1998. - 102 с.
10. Веденин Н.Н. Экологическое право. - М.: Право и закон, 2000. - 334 с.
11. Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды. - М.: Высшая школа, 2008. - 397 с.
12. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т. и др. Охрана окружающей среды. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 424 с.
13. Вронский В.А. Экология и окружающая среда: Словарь-справочник / В.А. Вронский. - М. - Ростов н/Д: - МарТ, 2008. - 432 с.
14. Вторичное использование полимерных материалов / Под ред. Е.Т. Любешкина. - М.: Химия, 1985. -192 с.

15. Глухое В.В., Лисочкина Т.В., Некрасова Т.П. Экономические основы экологии: Учебник. СПб.: Специальная литература, 1995. - 280 с.

16. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

17. ГН 2.1.5.2280-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03».

18. Голицын А.Н. Основы промышленной экологии: Учебник / А.Н. Голицын. - М.: ИРПО; М.: Академия, 2002. - 240 с.

19. Голубкина Н. А. Лабораторный практикум по экологии. / Н.А. Голубкина, М.А. Шамина. - М.: Форум; М.: Инфра-М, 2004. - 54 с.

20. ГОСТ 12. 1. 003 - 83. Шум. Общие требования безопасности.

21. ГОСТ 29040-91. Бензины. Метод определения бензола и суммарного содержания ароматических углеводородов.

22. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия

23. ГОСТ 511-82. Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа.

24. ГОСТ 8226-82. Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа.

25. ГОСТ Р 51232-98. «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества».

26. ГОСТ Р 51866-2002. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия.

27. ГОСТ Р 52368-2005. Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия.

28. ГОСТ Р 53605-2009. Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Метилловые эфиры жирных кислот (FAME) для дизельных двигателей. Общие технических требования.

29. ГОСТ Р 8.569-98. Государственная система обеспечения единства измерений. Автоцистерны для жидких нефтепродуктов. Методика поверки.

30. Дигтерев В.В. Охрана окружающей среды: Учебник для вузов. - М.: Транспорт, 1989. - 212с.

31. Иванов Н.И., Никифоров А. С. Основы виброакустики: Учебник. - СПб.: Политехника, 2000. - 482 с.

32. Инженерная экология и экологический менеджмент: Учебник / Под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос. - М.: Университетская книга, 2006. - 520 с.
33. Каверин А.В. Экологические основы сельского хозяйства: Учебное пособие / А.В. Каверин. - Саранск: Мордовский гос. университет, 2001. - 36 с.
34. Калыгин В.Г. Промышленная экология: Учебное пособие / В.Г. Калыгин. - М.: Академия, 2004. - 432 с.
35. Калыгин В.Г. Промышленная экология: Курс лекций / В.Г. Калыгин. - М.: МНЭПУ, 2000. - 240 с.
36. Колесников А.Е. Шум и вибрация: Учебник. - Л.: Судостроение, 1988. - 248 с.
37. Комментарий к Кодексу Российской Федерации «Об административных правонарушениях». - М.: Проспект, 2002.
38. Кондратьев К.Я., Донченко В.К., Лосев К. С, Фролов А.К. Экология - экономика - политика. СПб.: НЦРАН, 1996. 827 с.
39. Коробкин В.И. Экология: Изд. 10-е. - Ростов н/Д: Феникс, 2006. - 576 с.
40. Куликова А.Х. Сельскохозяйственная экология: Методическое пособие к курсовой работе для студентов очной и заочной форм обучения по специальности 110102 – Агроэкология / А.Х. Куликова. - Ульяновск: УГСХА, 2008. – 85 с.
41. Кульчинский А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Учеб. пос. для высшей школы. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Академический Проект, 2004. - 400 с.
42. Лапшин Ю.А., Шленкин К.В. БЖД. Методическое пособие по выполнению подраздела «Экологичность проекта» в дипломных проектах для студентов инженерного факультета: Ульяновск, 2004. - 48 с.
43. Луканин В.Н. Промышленно- транспортная экология: Учеб. для вузов / Под ред. В.Н. Луканина. - М.: Высшая школа, 2001. - 273 с.
44. Маринченко А.В. Экология: Допущено Мин. образования и науки РФ в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям и специальностям/ А.В. Маринченко. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Дашков и К, 2008. - 328 с.
45. Охрана окружающей среды от загрязнения предприятиями черной металлургии /А.П. Шиикова и др. - М.: Металлургия, 1982. 207 с.

46. Павлова Е. И. Экология транспорта / Е.И. Павлова. - М.: Высшая школа, 2006.
47. Павлова Е.И. Экология транспорта / Е.И. Павлова. - М.: Высшая школа, 2006. - 344 с.: ил.
48. Петров В.В. Экологическое право. - М.: БЕК, 1995. - 557 с.
49. Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июня 2000 г. № 554.
50. Правовые вопросы охраны окружающей среды: Экспресс-информация. - М.: ВИНТИ. – 2001, №9. - 47 с.
51. Практикум по экологии: Учебное пособие. Рекомендовано Управлением развития общего среднего образования Мин. образования РФ/ Под ред. С.В. Алексеева. - М.: АО МДС, 1996. - 192 с.
52. Протасов В.Ф. Экология: Термины и понятия. Стандарты, сертификация. Нормативы и показатели: Учеб. и справочное пособие/ В.Ф.Протасов, А.С. Матвеев. - М.: Финансы и статистика, 2001. - 208 с.
53. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
54. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. - М.: Мысль, 1990. 673 с.
55. Розанов С.И. Общая экология / С.И. Розанов. - 6-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2005. - 288 с.: ил.
56. Салова Т.Ю., Громова Н.Ю., Шкрабак В.С., Курмашев Г.А. Основы экологии. Аудит и экспертиза техники и технологии : Учебник / - СПб.: Лань, 2004. - 336 с.
57. Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах № 3223-85.
58. Санитарные правила по устройству и эксплуатации водозаборов с системой искусственного пополнения подземных вод хозяйственно-питьевого назначения, № 1974-79.
59. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие. - М.: Логос, 2003. - 536 с.
60. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
61. Снижение шума в зданиях и жилых районах/ Под ред. Г.Л. Осипова и Е.Я. Юдина. - М.: Стройиздат, 1987. - 558 с.

62. Степановских А.С. Экология: Учебник для вузов/ А.С.Степановских. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 703 с.
63. Степановских А.С. Экология: Учебник/ А.С. Степановских. - Курган: Зауралье, 2000. - 702 с.
64. Строительные нормы и правила. Защита от шума. СНиП II-12. - М.: Стройиздат, 1978. - 50 с.
65. Техническая акустика транспортных машин: Справочник/ Под ред. Н.И. Иванова. - СПб.: Политехника, 1992. - 365 с.
66. Тщценко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. - М.: Химия, 1991. - 368 с.
67. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ.
68. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 20.12.2001 г. (с изменениями на 27.12.2009 г.).
69. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учебное пособие/ А.И. Федорова, А.Н. Никольская. - М.: Владос, 2003. - 288 с.
70. Чистик О.В. Экология: Учебник / О.В.Чистик. - Минск: Новое знание, 2000. - 248 с.
71. Шлёнкин К.В., Павлушин А.А., Курдюмов В.И. / Под общей редакцией проф. В.И. Курдюмова. Практикум по определению показателей качества воды. Методическое пособие для выполнения лабораторных работ. Ульяновск, ГСХА, 2011 г. - 95 с.
72. Штарке Л.П. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс. - Л.: Химия, 1987. - 172 с.
73. Экологическая экспертиза: Обзорная информация. - М.: ВИНТИ. – 2001 Вып. 3. - 106 с.
74. Экологическая экспертиза: Обзорная информация. № 2. - М.: ВИНТИ, 2001. - 124 с.
75. Экологическая экспертиза: Обзорная информация. Вып. 1. - М.: ВИНТИ, 2001. - 135 с.
76. Экологический менеджмент: Учеб. пособие для вузов / Н.В. Пахомова, А. Эндерс, К. Рихтер. - СПб.: Питер, 2003. - 536 с.
77. Экологическое право / Под ред. В.В. Гучкова. - М.: ЮНИТИ, 2000. - 415 с.
78. Экология, охрана природы и экологическая безопасность: Учеб. пособие для системы повышения квалификации и переподго-

товки государственных служащих / Под общ. ред. проф. В.И. Данилова-Данильяна. - М.: МНЭПУ, 1997. - 744 с.

79. Экология: / Под ред. проф. В.В. Денисова. - Изд. 3-е, испр. и доп. - М.: ИКЦ "МарТ"; Ростов н/Д: МарТ, 2006. - 768 с.

80. Юшин В.В., Лапин В.Л., Попов В.М. Техника и технология защиты воздушной среды. - М.: Высшая школа, 2005. - 391 с.

81. Collin (Коллин), Peter (Петер). Dictionare of Ecology and the Environment. Экология и окружающая среда: Fourth edition/ P. (П) Collin (Коллин). - Great Britain: Peter Collin Publishing, 2001. - 314 с.

82. Water analysis handbook. - HACH Company, Loveland, Colorado, USA, 1992.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| Раздел 1 ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ..... | 5 |
| 1.1. Общие сведения о системе экологического нормирования | 5 |
| 1.2. Основные характеристики загрязнений окружающей среды..... | 8 |
| 1.3. Экологический риск..... | 11 |
| 1.3.1. Определение экологического риска..... | 11 |
| 1.3.2. Социальный и индивидуальный риски..... | 17 |
| 1.3.3. Анализ и оценка экологического риска, вызываемого загрязняющими веществами..... | 17 |
| 1.4. Развитие экологического нормирования..... | 19 |
| Раздел 2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ..... | 22 |
| 2.1. Понятие экологического менеджмента..... | 22 |
| 2.2. Экологическая доктрина Российской Федерации | 23 |
| 2.3. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды..... | 27 |
| 2.4. Система управления окружающей средой в организации..... | 28 |
| 2.5. Планирование в области охраны окружающей среды..... | 31 |
| 2.6. Экологический мониторинг | 32 |
| 2.7. Экологический аудит..... | 34 |
| 2.8. Природоохранная сертификация продукции..... | 35 |
| 2.9. Экологический контроль..... | 39 |
| 2.10. Экономическое регулирование в области охраны окружающей среды..... | 41 |
| 2.11. Лицензирование природопользования и деятельности в области охраны окружающей среды..... | 44 |
| 2.12. Экологическое страхование..... | 45 |
| 2.13. Экологическая ответственность..... | 47 |
| Раздел 3. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ..... | 51 |
| 3.1. Оценка качества окружающей среды..... | 51 |

| | |
|---|-----|
| 3.1.1. Определение предельно допустимой экологической нагрузки..... | 58 |
| 3.1.2. Санитарно-гигиеническое нормирование..... | 59 |
| 3.1.3. Санитарно-гигиеническое нормирование химических веществ в объектах окружающей среды..... | 62 |
| 3.1.4. Нормирование загрязняющих веществ в продуктах питания..... | 63 |
| 3.1.5. Расчетные методы определения временных допустимых концентраций химических веществ..... | 67 |
| 3.1.6. Нормирование биологических загрязнителей в объектах окружающей среды..... | 67 |
| 3.1.7. Нормирование поступления загрязняющих веществ в окружающую среду..... | 70 |
| 3.2. Нормирование качества воды..... | 73 |
| 3.2.1. Нормирование химических веществ в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения..... | 74 |
| 3.2.2. Использование пресных вод..... | 77 |
| 3.2.3. Оценка качества воды..... | 80 |
| 3.2.4. Методы и средства защиты водных объектов от загрязнения сточными водами..... | 82 |
| 3.2.5. Обеспечение качества питьевой воды..... | 84 |
| 3.2.6. Методы определения показателей качества воды..... | 86 |
| 3.2.7. Способы очистки воды..... | 89 |
| 3.3. Нормирование загрязняющих веществ в почве..... | 96 |
| 3.3.1. Оценка степени опасности загрязнения почвы химическими веществами..... | 97 |
| 3.4. Отходы производства и потребления, их нормирование | 101 |
| 3.4.1. Классификация техногенных ресурсных циклов..... | 104 |
| 3.4.2. Методы и способы утилизации и ликвидации отходов. | 107 |
| | |
| Раздел 4. НОРМИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ..... | 110 |
| 4.1. Нормирование акустических загрязнителей..... | 110 |
| 4.1.1. Воздействие шума на человека | 110 |
| 4.1.2. Нормирование шума..... | 111 |
| 4.1.3. Средства и методы защиты от шума..... | 114 |
| 4.1.4. Нормирование ультразвука и инфразвука..... | 124 |
| 4.2. Нормирование воздействия вибрации..... | 127 |
| 4.3. Нормирование воздействия электромагнитных полей.... | 129 |

| | |
|---|------------|
| 4.3.1. Классификация электромагнитных полей..... | 129 |
| 4.3.3. Мероприятия по защите от электромагнитных воздействий | 135 |
| 4.4. Нормирование ионизирующих излучений..... | 138 |
| 4.4.1. Источники ионизирующих излучений и единицы измерения..... | 140 |
| 4.4.2. Нормы радиационной безопасности..... | 140 |
| | 143 |
| Раздел 5. НОРМИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ ТРАНСПОРТА И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ | 148 |
| 5.1. Загрязнения окружающей среды предприятиями транспорта и технического сервиса..... | 148 |
| 5.2. Отходы предприятий транспорта и технического сервиса..... | 153 |
| 5.3. Меры защиты окружающей среды от выбросов предприятиями транспорта и технического сервиса..... | 153 |
| | |
| Раздел 6. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ..... | 159 |
| 6.1. Влияние деятельности автомобильного транспорта на окружающую среду..... | 159 |
| 6.2. Нормирование экологических качеств автомобилей..... | 165 |
| 6.3. Основные экологические показатели качества моторного топлива..... | 174 |
| 6.4. Воздействие автомобильных дорог и дорожного движения на окружающую среду..... | 187 |
| 6.5. Снижение воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду..... | 190 |
| 6.5.1. Совершенствование конструкции двигателей | 192 |
| 6.5.2. Техническое совершенствование автомобилей с двигателями внутреннего сгорания..... | 220 |
| 6.5.3. Разработка альтернативных видов автотранспорта..... | 225 |
| 6.6. Обращение с отходами автотранспортных средств..... | 229 |
| 6.6.1. Организационно-технологическая схема утилизации отходов..... | 232 |
| 6.6.2. Регулирование процесса обращения с отходами..... | 240 |

| | |
|---|-----|
| Раздел 7. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ..... | 244 |
| 7.1. Контроль загрязнения окружающей среды..... | 244 |
| 7.2. Контроль выбросов загрязняющих веществ автотранспортом..... | 246 |
| 7.3. Стационарные и передвижные посты контроля транспортного загрязнения окружающей среды..... | 259 |
| ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ..... | 265 |
| ЛИТЕРАТУРА, НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ..... | 274 |

**Петряков Сергей Николаевич
Павлушин Андрей Александрович**

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**

краткий курс лекций

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по
направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов» - Дмитровград: Технологи-
ческий институт – филиал УлГАУ, 2019.- 284 с.