

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

И.Н. КОЛЕСНИЧЕНКО, Л.В. ПАВЛОВА,
И.М. МУХАНОВА

ПРАКТИКА ПРОБООТБОРА И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве учебного пособия для обучающихся по основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия

САМАРА
Издательство Самарского университета
2022

УДК 658(075)

ББК 20.18я7

К 603

Рецензенты: канд. хим. наук, доц. Р. В. Шафгулин,
канд. хим. наук, доц. Н. В. Никитченко

Колесниченко, Ирина Николаевна

К603 **Практика пробоотбора и предотвращения загрязнения атмосферного воздуха:** учебное пособие / *И.Н. Колесниченко, Л.В. Павлова, И.М. Муханова.* – Самара: Издательство Самарского университета, 2022. – 98 с.: ил.

ISBN 978-5-7883-1731-1

Учебное пособие содержит сведения, касающиеся основных понятий в экологическом мониторинге, обзор действующих нормативно-правовых документов, регулирующих охрану окружающей среды, классификацию методов пробоотбора, основные приемы проведения расчетов нормативов допустимых выбросов, оценки санитарно-гигиенических показателей и обзор мер по предотвращению загрязнений атмосферного воздуха.

Разработано в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия.

Может быть полезно для изучающих дисциплину «Экология» по образовательным программам других направлений подготовки и специальностям.

Подготовлено на кафедре химии Самарского университета.

УДК 658(075)

ББК 20.18я7

ISBN 978-5-7883-1731-1

© Самарский университет, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	7
1.1. Экологическая безопасность	8
1.2. Принципы охраны окружающей среды	12
1.2.1. Приоритетные загрязнители окружающей среды	13
1.2.2. Государственный экологический мониторинг	17
1.2.3. Экологическая экспертиза	19
1.2.4. Производственный экологический контроль.....	20
1.3. Предотвращение загрязнения объектов окружающей среды.....	28
1.3.1. Непрерывный эколого-аналитический контроль	28
1.3.2. Методика расчета нормативов допустимых выбросов	30
1.4. Санитарно-гигиенические нормы.....	41
1.5. Санитарно-защитные зоны.....	57
1.5.1. Основные требования к установлению СЗЗ.....	58
2. ПРАКТИКА ПРОБООТБОРА ВОЗДУХА	61
2.1. Оценка качества атмосферного воздуха	61
2.2. Абсорбционное улавливание загрязнений воздуха.....	63
2.3. Отбор проб воздуха в контейнеры.....	65
2.3.1. Оборудование и техника отбора	65
2.3.2. Введение газовых проб, отобранных в контейнеры, в испаритель хроматографа	69
2.3.2. Приготовление градуировочной смеси в контейнерах	70
2.4. Сорбционное концентрирование	70
2.4.1. Проведение отбора воздуха на сорбционные трубки ...	70
2.4.2. Подготовка сорбционной трубки	72

2.4.3. Построение градуировочной зависимости с использованием сорбционных трубок	73
2.4.4. Типы адсорбентов.....	73
2.5. Отбор аэрозолей из воздуха	76
2.6. Анализ загрязнений воздуха газоанализаторами	78
2.7. Отбор проб воздуха для оценки микробиологической загрязненности.....	79
3. ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ	81
3.1. Физические методы очистки газов	81
3.2. Физико-химические методы очистки газов	85
3.3. Химические методы очистки отходящих газов	91
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	95

Экология – наука будущего, и возможно, само существование человека на нашей планете будет зависеть от ее прогресса.

Филипп Дрё

ВВЕДЕНИЕ

Основной причиной возникновения экологических проблем и угроз экологической безопасности является антропогенная деятельность. В исторической ретроспективе соотношение влияния менялось: когда человек находился на низших ступени эволюции, экологические проблемы вызывались по большей мере природными катастрофами, стихийными бедствиями или влиянием биомассы других живых организмов. Но чем более развитым становился человек, чем больше сфер деятельности он осваивал, тем агрессивнее он воздействовал на природную среду. Такое воздействие человека привело к изменению ландшафтов, уменьшению биоразнообразия или полному вымиранию животных и растений. Индустриальная эпоха повлекла за собой большие затраты энергетических ресурсов, что привело к загрязнению воздуха, а также с развитием промышленности – к загрязнению воды и почвы химическими поллютантами, физическому загрязнению жизненного пространства – это шум, электромагнитное излучение, радиоактивное излучение. Активное использование ископаемого топлива привело к накоплению углекислого газа, возникновению парникового эффекта и истощению природных ресурсов. С развитием биотехнологий возникла новая проблема перед человечеством – биологическое загрязнение искусственными вирусами и бактериями, генно-модифицированными организмами. Совокупность воздействия агрессивных антропогенных факторов привела к нарушению экологического равновесия и как следствие к экологическому кризису и глобальным климатическим изменениям. Основным путем преодоления экологического кризиса является соблюдение экологического императива.

Экологический императив (от латинского – требование, приказ, закон): общезначимое нравственное предписание, безусловный принцип поведения, был сформулирован академиком Н.Н. Моисеевым: «правильно то, что не нарушает существующее в природе равновесие». В современной трактовке согласно экологическому императиву экологическая целесообразность должна превалировать над экономической, политической или военной. Действие экологического императива заложено в основу международных экологических соглашений и национальных принципов экологической безопасности.

1. СИСТЕМА ЗАЩИТЫ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Конституция Российской Федерации является основным гарантом экологической безопасности граждан: ст. 9, 36, 42 и 58, определяет экологические правовые отношения. В этих статьях провозглашено право каждого гражданина на благоприятную окружающую среду и возмещение вреда, причиненного нарушением этого права. Также установлено, что охрана природной среды является долгом каждого гражданина. В соответствии с Конституцией РФ соблюдение прав и обязанностей в области сохранения природы, окружающей среды и природным богатствам, являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации.

На правовом уровне нормы экологической безопасности и охраны окружающей среды регламентируются действующим законодательством и закреплены в Законодательных актах РФ. Главным определяющим правовым документом является Федеральный закон об охране окружающей среды (ФЗ) №7 от 10 января 2002 г., согласно которому определяются правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. ФЗ №7 регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, устанавливает основные экологические термины и понятия, сформулированы основные принципы охраны окружающей среды;

выделены объекты охраны окружающей среды; определены загрязняющие вещества, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды; категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду; прописана структура и полномочия органов государственной власти РФ в сфере отношений, связанных с охраной окружающей среды, а также права и обязанности граждан, общественных объединений и некоммерческих организаций в области охраны окружающей среды; экологические и технические нормативы; принципы оценки негативного воздействия на окружающую среду; порядок экологической экспертизы; меры по охране природных объектов и ликвидации накопленных негативных последствий; а также принципы международного сотрудничества и международные договоры, подписанные РФ. На основании и в соответствие с положениями федерального закона разрабатываются отраслевые нормативные документы.

Реализация основных направлений региональной политики в области охраны окружающей среды осуществляется Министерством лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования. В связи с изменениями в ФЗ «Об охране окружающей среды», введенными 02.07.2021 г. основные действующие нормативные документы также получили соответствующие изменения и дополнения, работа над которыми происходит в текущем режиме.

1.1. Экологическая безопасность

Стратегия экологической безопасности РФ на период до 2025 года законодательно утверждена Указом Президента РФ от 19 апреля 2017 года №176.

Безопасность – одна из важнейших потребностей человека. На уровне личности она предполагает обеспечение законными средствами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности, а также сохранения уверенности в защите здоровья и благополучия. На уровне государства она требует создания устойчивых систем, призванных соблюдать интересы страны. Приоритетное направление деятельности государственных органов в этой сфере – сохранение природных богатств страны, защита окружающей среды и нормализация обстановки в местах, пострадавших от крупномасштабных катастроф. Кроме того, они сосредотачивают усилия на предотвращении и локализации чрезвычайных ситуаций, а также на ликвидации последствий.

Несмотря на реализуемые меры, которые предпринимаются различными субъектами экологической безопасности, угроза ухудшения положения остаётся реальной. Объективными проблемами, которые стоят перед страной, можно назвать: наличие недостатков в законодательной базе, позволяющих истощать невозполнимые природные ресурсы; отсутствие экологической культуры, потребительское отношение к окружающей среде; масштабное развитие топливно-энергетического сектора, постепенно уменьшающего запасы ископаемых ресурсов и наносящего существенный урон природе; использование территории страны для переработки и захоронения опасных отходов.

В подобных условиях главными инструментами, позволяющими предотвратить техногенные катастрофы, становятся государственный надзор и непрерывное совершенствование нормативов.

Экологическая безопасность в законодательстве РФ

Согласно действующим нормативам, обеспечением экологической безопасности в РФ должны заниматься специально уполномоченные субъекты – надзорные организации, общественные формирования и прочие. Они выполняют такие задачи, как преду-

прежде, выявление и пресечение деятельности, наносящей ущерб окружающей среде, а также своевременное реагирование на чрезвычайные происшествия и ликвидация их последствий. Главный принцип экологической безопасности в России – обеспечение состояния окружающей среды, способствующего здоровой жизни человека и его постоянному развитию.

Система экологической безопасности – это система мер, обеспечивающих допустимое негативное воздействие природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и самого человека.

На каждом уровне организации система экологической безопасности функционально состоит из трех стандартных модулей, логически дополняющих друг друга и только в своем единстве составляющих систему: комплексная экологическая оценка территории; экологический мониторинг; управленческие решения (экологическая политика).

Для обеспечения экологической безопасности используют следующие методы:

1. Методы контроля качества окружающей среды:

- Методы измерений – строго количественные, результат которых выражается конкретным числовым параметром (физические, химические, оптические и другие).

- Биологические методы – качественные (результат выражается словесно, например, в терминах «много-мало», «часто-редко» и др.) или частично количественные.

2. Методы моделирования и прогноза, в том числе методы системного анализа, системной динамики, информатики и др.

3. Комбинированные методы, например, эколого-токсикологические методы, включающие различные группы методов (физико-химических, биологических, токсикологических и др.).

4. Методы управления качеством окружающей среды.

Экологический аудит – основной инструмент обеспечения безопасности. Он призван оценить текущее состояние окружающей среды, его возможные изменения под воздействием природных и антропогенных факторов, а также риски, связанные с ведением определённой хозяйственной деятельности. Он может назначаться надзорными органами или выполняться по собственной инициативе других субъектов. Результаты, полученные в ходе таких изысканий, могут предоставляться всем заинтересованным сторонам, включая граждан и общественные организации. Таким способом реализуется право человека на жизнь в благоприятной обстановке, а также возможность его участия в обеспечении экологической безопасности страны.

Экологическая безопасность – это комплексное понятие входит множество составляющих, контроль над которыми в целом определяет состояние окружающей среды и его воздействие на текущие условия жизни человека. Один из наиболее важных компонентов экологической безопасности – санитарно-эпидемиологическое благополучие.

Под этим определением понимают благоприятное состояние здоровья населения и отсутствие вредного влияния. На человека могут оказывать воздействие следующие факторы:

- биологические – различные возбудители и переносчики болезней, в некоторых регионах – опасные животные и ядовитые растения;
- физические – электромагнитные поля, радиоволны, слышимый шум и неслышимые человеком диапазоны звука, температура, радиационный фон и другие виды излучений;
- химические – загрязнение воздуха, состав почвы, содержание посторонних примесей в воде;
- социальные – характеристики жилья и рабочего места, условия отдыха, питание, доступ к коммунальным услугам и другим благам цивилизации;
- иные.

Воздействие может быть не только негативным. Выделяют также нейтральное и положительное влияние упомянутых факторов. Система экологической безопасности должна ограждать население от отрицательных эффектов и способствовать усилению положительных. Любой гражданин РФ имеет право на проживание в благоприятной среде, которая не оказывает какого-либо негативного воздействия на его здоровье. Кроме того, он может получать подробную информацию о потребляемых товарах, услугах и работах – в том числе об их содержании, наличии скрытых угроз и противопоказаний. Российские граждане могут принимать участие в контроле соблюдения санитарных правил и экологического законодательства, а также вносить предложения относительно совершенствования существующих норм и стандартов. При получении ущерба, вызванного неблагоприятным санитарно-эпидемиологическим положением, они вправе требовать компенсации в судебном порядке от лиц и организаций, незаконная деятельность которых стала причиной ухудшения обстановки. Государство должно постоянно контролировать текущую обстановку, не допускать усугубления проблем и предотвращать возникновение кризисов. Именно такие принципы положены в основу закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» №52-ФЗ – одного из важнейших документов в области экологической безопасности страны. В настоящее время этот ФЗ находится в переработке, утверждение и введение изменений запланировано на 2022 год.

1.2. Принципы охраны окружающей среды

Законодательство в области охраны окружающей среды основывается на Конституции РФ и закреплено ФЗ об охране окружающей среды и других федеральных законов, а также принимаемых

в соответствии с ними иных нормативных правовых актов, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации. Хозяйственная и иная деятельность органов государственной власти, органов государственной власти субъектов, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц, оказывающая воздействие на окружающую среду, должна осуществляться на основе законодательно закрепленных принципов, основными из которых являются обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека; платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде; независимость государственного экологического надзора; презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности; приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов; сохранение биологического разнообразия; соблюдение права каждого на получение достоверной информации о состоянии окружающей среды, а также участие граждан в принятии решений, касающихся их прав на благоприятную окружающую среду, в соответствии с законодательством; ответственность за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды.

1.2.1. Приоритетные загрязнители окружающей среды

Объектами охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и (или) иной деятельности являются компоненты природной среды, природные объекты и природные комплексы.

Загрязняющие вещества, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, определяются с учетом следующих условий:

а) уровня токсичности, канцерогенных и (или) мутагенных свойств химических и иных веществ, в том числе имеющих тенденцию к накоплению в окружающей среде, а также их способности к преобразованию в окружающей среде в соединения, обладающие большей токсичностью;

б) данных государственного экологического мониторинга и социально-гигиенического мониторинга;

в) при наличии методик (методов) измерения загрязняющих веществ.

Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, устанавливается Правительством Российской Федерации. Согласно Распоряжению Правительства РФ от 08.07.2015 г. №1316-р (ред. от 10.05.2019) «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» принят перечень загрязняющих веществ, включающих представителей следующих классов химических соединений, а также радиоактивных изотопов:

I. Для атмосферного воздуха.

- Летучие органические соединения (ЛОС) (кроме метана).
- Предельные углеводороды.
- Непредельные углеводороды.
- Ароматические углеводороды.
- Ароматические полициклические углеводороды.
- Галогенопроизводные углеводороды.
- Спирты и фенолы.
- Простые эфиры.
- Сложные эфиры (кроме эфиров фосфорной кислоты).
- Альдегиды.
- Кетоны.

- Органические кислоты.
- Органические окиси и перекиси.
- Серосодержащие соединения.
- Амины.
- Нитросоединения.
- Прочие азотосодержащие.
- Технические смеси.
- Радиоактивные изотопы в элементной форме и в виде соединений.

II. Для водных объектов.

- Стойкие органические загрязнители.
- Микроорганизмы.
- Иные загрязняющие вещества.
- Радиоактивные изотопы в элементной форме и в виде соединений.

III. Для почв.

- Радиоактивные изотопы в элементной форме и в виде соединений.
- Тяжелые металлы.

Все промышленные объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, в зависимости от уровня такого воздействия подразделяются на четыре категории:

- объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящиеся к областям применения наилучших доступных технологий, – объекты I категории;
- объекты, оказывающие умеренное негативное воздействие на окружающую среду, – объекты II категории;
- объекты, оказывающие незначительное негативное воздействие на окружающую среду, – объекты III категории;
- объекты, оказывающие минимальное негативное воздействие на окружающую среду, – объекты IV категории.

При установлении критериев, на основании которых осуществляется отнесение объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к соответствующей категории, учитываются: уровни воздействия на окружающую среду видов хозяйственной и (или) иной деятельности (отрасль, часть отрасли, производство); уровень токсичности, канцерогенные и мутагенные свойства загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах, сбросах загрязняющих веществ, а также классы опасности отходов производства и потребления; классификация промышленных объектов и производств; особенности осуществления деятельности в области использования атомной энергии.

Присвоение объекту, оказывающему негативное воздействие на окружающую среду, соответствующей категории осуществляется при его постановке на государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Категория объекта может быть изменена при актуализации учетных сведений об объекте, оказывающем негативное воздействие на окружающую среду. Критерии, на основании которых осуществляется отнесение объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий, устанавливаются Правительством Российской Федерации.

Согласно Постановлению Правительства РФ от 31.12.2020 г. №2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (в ред. Постановления Правительства РФ от 07.10.2021 г. №1703) сформулированы современные требования отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду и относящихся к областям применения наилучших доступных технологий, к объектам I категории; II категории; III категории; IV категории. Настоящее Постановление вступило в силу с 1 января 2021 г. и действует до 1 января 2027 г.

За негативное воздействие на окружающую среду юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны вносить плату в бюджет РФ за следующие виды воздействия: выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками (далее – выбросы загрязняющих веществ); сбросы загрязняющих веществ в водные объекты (далее – сбросы загрязняющих веществ); хранение, захоронение отходов производства и потребления (размещение отходов).

Объем взимаемой платы за негативное воздействие на окружающую среду исчисляется по результатам прошедшего периода, исходя из объема и массы выбросов загрязняющих веществ, сбросов или объема или массы размещенных отходов, согласно производимому производственному контролю. ФЗ №7 предусматривает порядок исчисления платы, ставки платы и дополнительные коэффициенты устанавливаются Правительством РФ. Согласно Постановлению Правительства РФ от 11 сентября 2020 года №1393 установлены нормативы на 2021 году применяются ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 13 сентября 2016 г. №913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах», установленные на 2018 год, с использованием дополнительно к иным коэффициентам коэффициента 1,08; ставка платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух стационарными источниками в отношении пыли каменного угля, составляющая 61 рубль за тонну. Нормативы утверждаются на государственном уровне на каждый предстоящий год.

1.2.2. Государственный экологический мониторинг

На законодательном уровне экологический мониторинг закреплён действующим ФЗ №331 от 21.11.2011 г. и введена единая система государственного экологического мониторинга.

Государственный экологический мониторинг (государственный мониторинг окружающей среды) осуществляется в рамках единой системы государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов РФ в соответствии с их компетенцией, установленной законодательством РФ, посредством создания и обеспечения функционирования наблюдательных сетей и информационных ресурсов в рамках подсистем единой системы государственного экологического мониторинга, а также создания и эксплуатации уполномоченным Правительством РФ федеральным органом исполнительной власти государственным фондом данных. Единая система государственного экологического мониторинга создана в целях обеспечения охраны окружающей среды.

Задачами единой системы государственного экологического мониторинга являются: регулярные наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе компонентов природной среды, естественных экологических систем, за происходящими в них процессами, явлениями, изменениями состояния окружающей среды; хранение, обработка (обобщение, систематизация) информации о состоянии окружающей среды; анализ полученной информации в целях своевременного выявления изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и (или) антропогенных факторов, оценка и прогноз этих изменений; обеспечение органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды.

Единая система государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды) включает в себя подсистемы, представленные на рисунке 1.

Подсистемы государственного мониторинга окружающей среды

- государственный мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды;
- государственный мониторинг атмосферного воздуха;
- государственный мониторинг радиационной обстановки на территории Российской Федерации;
- государственный мониторинг земель;
- государственный мониторинг объектов животного мира;
- государственный лесопатологический мониторинг;
- государственный мониторинг воспроизводства лесов;
- государственный мониторинг состояния недр;
- государственный мониторинг водных объектов;
- государственный мониторинг водных биологических ресурсов;
- государственный мониторинг внутренних морских вод и территориального моря Российской Федерации;
- государственный мониторинг исключительной экономической зоны Российской Федерации;
- государственный мониторинг континентального шельфа Российской Федерации;
- государственный экологический мониторинг уникальной экологической системы озера Байкал;
- государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания.

Рисунок 1 – Подсистемы государственного мониторинга окружающей среды

1.2.3. Экологическая экспертиза

Соответствие хозяйственной деятельности субъекта требованиям экологической безопасности устанавливается в процессе экологической экспертизы в соответствии с ФЗ №174. Впервые понятие о экологической экспертизе в правовых документах было зафиксировано и введено в действие в 1995 году. Настоящая реакция получила изменения 2 июля 2021 года в связи с изменениями в основополагающих документах.

Экологическая экспертиза – установление соответствия документов и (или) документации, обосновывающих намечаемую в связи с реализацией объекта экологической экспертизы хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами и законодательством в области охраны окружающей среды, в целях предотвращения негативного воздействия такой деятельности на окружающую среду.

В Российской Федерации осуществляются государственная экологическая экспертиза и общественная экологическая экспер-

тиза. Порядок проведения государственной экологической экспертизы, права и распределения обязанностей федеральных и региональных органов власти регламентируется ФЗ «о государственной экологической экспертизе» согласно изменениям от 02.07.2021, а также права и обязанности граждан и общественных организаций при осуществлении общественной экспертизы.

1.2.4. Производственный экологический контроль

Общие требования к организации и осуществлению производственного экологического контроля (ПЭК) (кроме радиационного контроля) субъектами хозяйственной и иной деятельности установлены в следующих Национальных стандартах РФ: ГОСТ Р 56062-2014 Производственный экологический контроль. Общие положения, ГОСТ Р 56061-2014, Производственный экологический контроль. Требования к программе производственного экологического контроля, ГОСТ Р 56059-2014 Производственный экологический мониторинг. Общие положения (актуализация 01.01.2021).

Объектами производственного экологического контроля являются объекты и источники негативного воздействия на окружающую среду, связанные с процессами производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, вывода из эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, составляющих хозяйственную и иную деятельность организации, а также компоненты природной среды, природные ресурсы.

Целью ПЭК является обеспечение выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов (далее – природоохранных мероприятий), а

также обеспечение соблюдения требований, установленных законодательством в области охраны окружающей среды.

Задачи ПЭК носят контролирующий характер, а именно:

- контроль за соблюдением природоохранных требований;
- контроль за выполнением мероприятий по охране окружающей среды, в том числе мероприятий по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях;
- контроль за обращением с опасными отходами;
- контроль за своевременной разработкой и соблюдением установленных нормативов, лимитов допустимого воздействия на окружающую среду и соответствующих разрешений;
- контроль за соблюдением условий и объемов добычи природных ресурсов, определенных договорами, лицензиями и разрешениями;
- контроль за выполнением мероприятий по рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов;
- контроль за соблюдением нормативов допустимых и временно допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в системы коммунальной канализации, водные объекты, на водосборные площади;
- контроль за учетом номенклатуры и количества загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду в результате деятельности организации, а также уровня оказываемого физического и биологического воздействия;
- контроль за выполнением предписаний должностных лиц, осуществляющих государственный и муниципальный экологический контроль;
- контроль за эксплуатацией природоохранного оборудования и сооружений;
- контроль за ведением документации по охране окружающей среды;

- контроль за своевременным предоставлением сведений о состоянии и загрязнении окружающей среды, в том числе аварийном, об источниках ее загрязнения, о состоянии природных ресурсов, об их использовании и охране, а также иных сведений, предусмотренных документами, регламентирующими работу по охране окружающей среды в организациях;

- контроль за своевременным предоставлением достоверной информации, предусмотренной системой государственного статистического наблюдения, системой обмена информацией с государственными органами управления в области охраны окружающей среды;

- контроль за организацией и проведением обучения, инструктажа и проверки знаний в области охраны окружающей среды и природопользования;

- контроль эффективной работы систем учета использования природных ресурсов;

- контроль за соблюдением режима охраны и использования особо охраняемых природных территорий (при их наличии);

- контроль за состоянием окружающей среды в районе объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду;

- подтверждение соответствия требованиям технических регламентов в области охраны окружающей среды и экологической безопасности на основании собственных доказательств.

ПЭК включает в себя: инспекционный контроль, производственный эколого-аналитический (инструментальный) контроль (ПЭАК) и производственный экологический мониторинг (ПЭМ).

Инспекционный контроль осуществляют в виде плановых или внеплановых инспекционных проверок.

ПЭАК предусматривает получение данных о количественном и качественном содержании веществ и показателей с применением методов аналитической химии, физических измерений, санитарно-

биологических методов, биотестирования, биоиндикации и других методов для контроля соблюдения установленных для организации нормативов допустимого воздействия на окружающую среду.

Основная задача ПЭАК – инструментальный контроль соблюдения нормативов допустимого воздействия на окружающую среду и эффективности работы природоохранного оборудования. ПЭАК проводят на регулярной основе в соответствии с планами-графиками ПЭАК или при проведении инспекционной проверки. В целях обеспечения достоверной информации об объемах и уровнях воздействия на окружающую среду при проведении ПЭАК на источниках выбросов, сбросов загрязняющих веществ применяют автоматизированные системы инструментального контроля.

ПЭМ – долгосрочные наблюдения за состоянием окружающей среды, ее загрязнением и происходящими в ней природными явлениями, а также оценка и прогноз состояния окружающей среды, ее загрязнения. Осуществляемый в рамках производственного экологического контроля мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды, включающий долгосрочные наблюдения за состоянием окружающей среды, ее загрязнением и происходящими в ней природными явлениями, а также оценку и прогноз состояния окружающей среды, ее загрязнения на территориях субъектов хозяйственной и иной деятельности (организаций) и в пределах их воздействия на окружающую среду.

Объектами производственного экологического мониторинга являются природные, техногенные или природно-техногенные объекты или их часть, в пределах которого по определенной программе осуществляются регулярные наблюдения за окружающей средой с целью контроля за ее состоянием, анализа происходящих в ней процессов, выполняемых для своевременного выявления и прогнозирования их изменений и оценки.

Если осуществление ПЭК собственными силами невозможно или нецелесообразно, возможно привлечение специализированных организаций. Организации, привлекаемые для осуществления ПЭК (включая ПЭАК и ПЭМ), должны обладать компетентными специалистами, необходимым техническим и методическим обеспечением, позволяющим решать задачи ПЭК. Организация и осуществление ПЭАК и ПЭМ в части проведения эколого-аналитических (инструментальных) измерений входит в сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений, что определяет необходимость соблюдения установленных требований системы обеспечения единства измерений. В связи с этим лаборатории, осуществляющие ПЭАК и ПЭМ (в том числе привлекаемые), должны быть аккредитованы на проведение необходимых измерений.

Структура ПЭК соответствует специфике деятельности организации и оказываемому ей негативному воздействию на окружающую среду. На рисунке 2 представлена классификация основных видов производственного экологического контроля по объектам контроля.

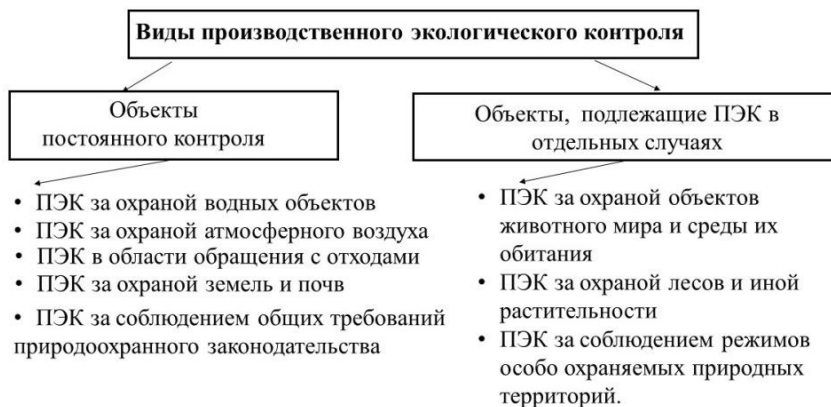


Рисунок 2 – Классификация основных видов производственного экологического контроля

Регулярному контролю при ПЭК подлежат объекты, параметры и характеристики которых представлены в таблице 1.

Производственный экологический контроль осуществляется в рамках определённого предприятия, организации или иного хозяйственного объекта за счет собственных средств. Контролирующие функции возложены на руководство. Результаты производственного экологического контроля направлены на оценку состояния окружающей среды, помогают принимать более правильные управленческие решения в сфере экологии. Требования к ПЭК закреплены в статье 63 ФЗ №7 от 29.01.2021 г.

Непосредственный контроль и проверки осуществляют государственные федеральные и муниципальные службы. Распределение обязанностей государственных органов и институтов в области соблюдения экологической безопасности закреплены в главе 2 ФЗ №7 от 29.01.2021 г. Нарушение норм экологической безопасности карается в соответствии с уголовным кодексом РФ, хозяйствующий субъект может быть подвергнут взысканию штрафа, запрету на природопользование, приостановку деятельности и т.д. в зависимости от степени выявленных нарушений. Согласно действующему законодательству РФ экологическая информация является общедоступной, в права граждан и общественных организаций входит в том числе контроль за соблюдением экологической безопасности.

Таблица 1 – Параметры и характеристики объектов окружающей среды, подлежащие регулярному контролю при ПЭК

Объект ПЭК	Параметры и характеристики
Атмосферный воздух	Нормируемые или используемые при установлении нормативов предельно допустимых и временно согласованных выбросов: - источников выделения загрязняющих веществ в атмосферу; - организованных и неорганизованных, стационарных и передвижных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

Объект ПЭК	Параметры и характеристики
	<ul style="list-style-type: none"> - установок очистки газов; атмосферного воздуха на границе санитарно-защитной зоны (для производственных объектов, где имеются неорганизованные, линейные и/или плоские источники загрязнения атмосферы).
Водные объекты	<ul style="list-style-type: none"> - технологические процессы и оборудование, связанные с образованием сточных вод; - места водозабора и учета используемой воды; - выпуски сточных вод, в том числе очищенных; - сооружения для очистки сточных вод и сооружения систем канализации; - системы водопотребления и водоотведения; - гидротехнические сооружения; - подводные переходы; - поверхностные и подземные водные объекты, пользование которыми осуществляется на основании разрешительной документации, а также территория водохранных зон и прибрежных защитных полос.
Обращение с отходами	<ul style="list-style-type: none"> - технологические процессы и оборудование, связанные с образованием отходов; - системы удаления отходов; - объекты накопления, хранения и захоронения отходов, расположенные на промышленной площадке и (или) находящиеся в ведении организации; - системы транспортировки, обезвреживания и уничтожения отходов, находящиеся в ведении организации
Охрана земель и почв	<ul style="list-style-type: none"> - земли водного фонда в районах выпусков сточных вод в водные объекты и переходы трубопроводов через водные объекты; - земли лесного фонда в районах расположения производственных объектов; - земли сельскохозяйственного назначения с установленными нормами плодородия и степени загрязненности пестицидами и иными химическими веществами; - земли промышленности, энергетики, транспорта и иного специального назначения, на которых расположены производственные объекты (включая санитарно-защитную зону) и/или проводятся строительные, геологоразведочные, испытательные, эксплуатационные и иные работы;

Объект ПЭК	Параметры и характеристики
	<ul style="list-style-type: none"> - земельные участки, используемые для складирования, хранения, захоронения и/или подготовки к переработке промышленных и бытовых отходов; - земельные участки (земель транспорта и земель иных категорий), по которым проходят продуктопроводы; - земельные участки, загрязненных в результате аварийных ситуаций; - земельные участки, подлежащих рекультивации, и работы по рекультивации земель; - земельные участки, находящихся в водоохраной зоне водного объекта.
Объекты животного и растительного мира и среды их обитания	<ul style="list-style-type: none"> - воздействие на места обитания редких и эндемичных видов растений и животных, расположенные в зоне потенциального негативного воздействия производственных объектов; - эксплуатация технических устройств, служащих для обеспечения доступности путей миграции животных; - обеспечение безопасности водных переходов трубопроводов и гидротехнических сооружений, действующих в местах обитания водных биологических ресурсов; - реализация защитных мероприятий на производственных объектах и на линиях электропередач.
Охрана лесов и иной растительности	<ul style="list-style-type: none"> - использование и охраной лесного фонда, кустарниковой и иной растительности, произрастающей в зоне расположения строящихся и эксплуатируемых производственных объектов; - проведение работ на землях лесного фонда.
Особо охраняемые природные территории	<p>Соблюдение режимов особо охраняемых природных территорий (далее – ООПТ) регулярному контролю подлежит деятельность, связанная с потенциальным негативным воздействием производственных объектов на:</p> <ul style="list-style-type: none"> - особо охраняемые природные объекты; - охранные зоны ООПТ.

Общественный контроль регламентирован в международных документах и может осуществляться в РФ в следующих формах: общественные и парламентские слушания; общественная экоэкспертиза; референдумы; иски, жалобы и заявления в правоохранительные структуры, суды; обращения через СМИ. Полный перечень указан в главе 3 ФЗ №7 от 29.01.2021 г.

1.3. Предотвращение загрязнения объектов окружающей среды

1.3.1. Непрерывный эколого-аналитический контроль

Воздух рабочих, жилых, природных зон и объектов окружающей среды – это динамические техногенные и природные объекты. Их химический, биологический и физический состав постоянно динамически изменяется, в следствие чего очевидной является необходимость непрерывного контроля безопасности. Действующие в РФ системы государственных стандартов безопасности труда и охраны окружающей среды регламентируют периодический отбор и анализ разовых проб согласно установленным планам. Такой подход может быть отягощен непредставительностью проб и как следствие искаженной картиной уровня воздействия, поскольку остается неизвестным их загрязнение в периоды между отбором проб. По полученным данным рассчитываются среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые значения загрязнения воздуха и таким образом могут быть приняты неверные технические и управленческие решения, не учитывающие особенности функционирования объектов. Все объекты ЭАК делятся на статические и динамические. Статические объекты стабильны во времени, в то время как динамические изменяют свои параметры случайным образом в течение цикла анализа. Большинство объектов ЭАК – динамические, поэтому их мониторинг должен быть непрерывным.

Научная концепция непрерывного промышленного эколого-аналитического контроля обеспечивает достоверный, высокочувствительный и точный анализ загрязнения окружающей среды. Промышленные методы непрерывного определения примесей газов в динамических и статических объектах получают все более широкое применение в технике и науке. Они используются в анализе технологических газовых потоков и сред, эколого-аналитическом контроле (ЭАК) загрязняющих веществ (ЗВ) в воздухе рабочих, производственных, санитарно-защитных и жилых зон, в индивидуальном химическом дозиметрическом контроле, в токсикологическом контроле продуктов и товаров производственного и бытового назначения, в исследованиях биоиндикаторов и биоанализаторов.

В ЭАК промышленных объектов и всех объектов окружающей среды необходимо использовать методы системного анализа. Системный подход к контролю загрязняющих веществ предусматривает изучение характеристик и особенностей функционирования объектов; применение промышленных автоматических и автоматизированных методов и технических средств, специализированных в соответствии с требованиями к промышленной и экологической безопасности.

Общий алгоритм решения различных аналитических задач ЭАК, предусматривает: представительный пробоотбор, достоверный анализ отбираемых проб, оперативную обработку результатов анализа и информацию, достаточную для принятия правильных технических и управленческих решений, а также динамические методы метрологического обеспечения измерительных комплексов в условиях, соответствующих рабочим.

Основные задачи ЭАК с производственной точки зрения следующие:

- технолого-аналитический контроль источников загрязнения. К ним относятся экологически значимые параметры технологиче-

ских процессов, прежде всего организованные выбросы, прошедшие скрубберную очистку, и неорганизованные выбросы: утечки из технологического оборудования, а также случайные выбросы;

- эколого-аналитический контроль загрязняющих веществ (ЗВ) в воздухе рабочих и жилых зон; индивидуальный химический дозиметрический контроль;

- токсикологический контроль веществ, материалов и изделий производственного назначения, пищевых продуктов, одежды, обуви, детских игрушек и других бытовых товаров.

Одним из наиболее информативных видов ЭАК является экологический мониторинг – наблюдение за изменением состава, свойств и других параметров контролируемого объекта в течение длительного времени, превышающего цикл анализа.

1.3.2. Методика расчета нормативов допустимых выбросов

Методики расчета нормативов допустимых выбросов являются обязательными к исполнению и утверждаются Приказом министерства природных ресурсов и экологии РФ. Для различных источников загрязнения и объектов окружающей среды, имеющих специфику динамики изменения и особенностей среды, утвержден индивидуальный порядок расчета. Правила разработки и утверждения регламентируются Постановлением Правительства РФ, методики и порядок утверждается Министерством природных ресурсов и экологии РФ: Постановление Правительства РФ от 16 мая 2016 года №422 «Об утверждении Правил разработки и утверждения методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками», от 31 июля 2018 года №341; Приказ Министерство природных ресурсов и экологии РФ от 31 июля 2018 года №341 «Об утверждении Порядка формирования и ведения перечня методик расчета выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух стационарными источниками»

(с изменениями на 22 апреля 2021 года); Постановление Правительства РФ от 2 марта 2000 года №182 «О порядке установления и пересмотра экологических и гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых уровней физических воздействий на атмосферный воздух и государственной регистрации вредных (загрязняющих) веществ и потенциально опасных веществ» (с изменениями на 13 февраля 2019 года); Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 7 августа 2018 года №352 «Об утверждении Порядка проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения таких инвентаризации и корректировки» (с изменениями на 17 сентября 2019 года); Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 6 июня 2017 года №273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе»; Приказ от 11 августа 2020 года №581 Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении методики разработки (расчета) и установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух»; Приказ от 27 ноября 2019 года №804 Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении методики определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха»; Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок, 14.02.2001 г., Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

Порядок расчета должен предусматривать возможность проведения инструментальных измерений выбросов или в случае невозможности такового (высокая температура газовоздушной смеси, высокая скорость потока отходящих газов, сверхнизкое или сверх-

высокое давление внутри газохода, неорганизованный стационарный источник) для определения применимости методики расчета используется расчет на основе материально-сырьевого баланса технологического процесса, физико-химических закономерностей процессов образования выбросов или показателей удельных величин выбросов от однотипного оборудования. При этом в составе материалов обоснования применимости методики расчета должны содержаться сведения о месте проведения исследований, исследуемом технологическом оборудовании, режимах работы оборудования во время измерений, программа измерений с описанием методики (методов) измерений, описание процедуры измерений или подсчета расходуемого сырья и произведенной продукции, а также перечень используемых источников информации, из которых берутся исходные данные для расчетов (названия используемых справочников и (или) стандартов).

Порядок расчета допустимых выбросов для каждого объекта окружающей среды имеет свои особенности и регламентирован методикой установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ. Для предприятий и хозяйствующих субъектов, осуществляющих деятельность, которая может быть сопряжена с возможностью загрязнения атмосферного воздуха действует Методика разработки (расчета) и установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух утверждена Приказом министерства природных ресурсов и экологии РФ от 11 августа 2020 года №581. Настоящая методика определяет порядок разработки (расчета) и установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (далее – предельно допустимые выбросы, выбросы соответственно), за исключением разработки предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ и расчета выбросов при авариях (аварийные выбросы), а также порядок оформления расчетов нормативов допустимых выбросов.

Предельно допустимые выбросы определяются в отношении загрязняющих веществ, перечень которых устанавливается Правительством Российской Федерации, для стационарного источника и (или) совокупности стационарных источников расчетным путем на основе нормативов качества атмосферного воздуха с учетом фоновое уровня загрязнения атмосферного воздуха. При разработке предельно допустимых выбросов используются методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе, утвержденные приказом Минприроды РФ от 06.06.2017 г. №273.

При установлении предельно допустимых выбросов учитывается категория объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду, присвоенная такому объекту при его постановке на государственный учет по критериям отнесения к объектам I, II, III и IV категорий, установленным на основании статьи 4.2. Федерального закона от 10.01.2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Для IV категории предельно допустимые выбросы не рассчитывают.

Для объектов II категории предельно допустимые выбросы устанавливаются для загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах объекта и включенных в Перечень регулируемых загрязняющих веществ, утвержденных Правительством РФ Распоряжение от 8 июля 2015 года №1316-р «Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды» (с изменениями на 10 мая 2019 года).

Для объектов I и III категории предельно допустимые выбросы устанавливаются только для высокотоксичных веществ, веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными свойствами (веществ I, II класса опасности) при их наличии в выбросах.

Расчет предельно допустимых выбросов осуществляется исходя из необходимости соблюдения гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, установленных в соответствии с пунктами 1 и 2 постановления Правительства Российской Федерации от 02.03.2000 г. №182 «О порядке установления и пересмотра экологических и гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых уровней физических воздействий на атмосферный воздух и государственной регистрации вредных (загрязняющих) веществ и потенциально опасных веществ».

Для действующих объектов ОНВ предельно допустимые выбросы разрабатываются на основе данных инвентаризации стационарных источников и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (далее – инвентаризация выбросов), которая проводится в соответствии с Порядком проведения инвентаризации стационарных источников и выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, корректировки ее данных, документирования и хранения данных, полученных в результате проведения такой инвентаризации и корректировки, утвержденным приказом Минприроды России от 07.08.2018 г. №352 (изменения от 17 сентября 2019 года).

При разработке предельно допустимых выбросов данные о каждом стационарном источнике определяются исходя из условий работы технологического оборудования в режиме, при котором выбросы по конкретному загрязняющему веществу достигают максимальных значений.

Результаты анализа гигиенических и экологических (при их наличии) нормативов качества атмосферного воздуха, применимых для района расположения объекта ОНВ, содержат сведения о наличии и значениях. Для гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха указываются значения максимальных разовых

предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, а также перечни смесей загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (комбинированным действием). Данные о фоновом уровне загрязнения атмосферного воздуха представляются организациями федерального органа исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях в срок, не превышающий 25 рабочих дней со дня получения запроса.

Расчет предельно допустимых выбросов в отношении каждого j -го загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух, осуществляется исходя из необходимости соблюдения за границей санитарно-защитной зоны объекта ОНВ условия

$$q_{\text{сум},j} = q_{\text{пр},j} + q'_{\text{уф},j} \leq 1,$$

$$q_{\text{пр},j} = \frac{C_{\text{пр},j}}{\text{ПДК}_j},$$

$$\text{ПДК}_j = \{\text{ПДК}_{\text{г},j}, \text{ПДК}_{\text{э},j}\},$$

где $q_{\text{сум},j}$ – суммарная концентрация j -го загрязняющего вещества с учетом фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха, в долях ПДК; $q_{\text{пр},j}$ – значение $C_{\text{пр},j}$ в долях ПДК $_j$; $q'_{\text{уф},j}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества, создаваемая выбросами других источников, в долях ПДК $_j$; $C_{\text{пр},j}$ (мг/м³) – приземная концентрация j -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, создаваемая выбросами стационарных источников рассматриваемого объекта ОНВ, рассчитанная в соответствии с методами расчета рассеивания; ПДК $_{\text{г},j}$ (мг/м³) – предельно допустимая концентрация рассматриваемого j -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, соответствующая гигиеническому нормативу качества атмосферного воздуха; при использовании гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха (ПДК $_{\text{г},j}$) для жилой зоны применяется предусмотренный условием количественный критерий 1, а для зон с особыми условиями – количественный

критерий 0,8; ПДК_ж (мг/м³) – предельно допустимая концентрация рассматриваемого j-го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, соответствующая экологическому нормативу качества атмосферного воздуха (в случае наличия экологических нормативов качества атмосферного воздуха, установленных в соответствии с пунктом 1 постановления Правительства Российской Федерации от 02.03.2000 г. №182 «О порядке установления и пересмотра экологических и гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых уровней физических воздействий на атмосферный воздух и государственной регистрации вредных (загрязняющих) веществ и потенциально опасных веществ»).

Значения $C_{пр,j}$ в формуле должны соответствовать тому временному интервалу осреднения, что и ПДК_ж, с которыми они сопоставляются.

Для загрязняющих веществ, по которым санитарными правилами, утвержденными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, установлены максимальные разовые ПДК или ОБУВ, проводится расчет осредненных за 20–30 минутный интервал максимальных разовых концентраций, которые сопоставляются с максимальными разовыми ПДК или ОБУВ.

Для загрязняющих веществ, по которым установлены среднесуточные ПДК, проводится расчет значений концентраций, усредненных за год с учетом времени работы и изменений состава и мощности выбросов (нестационарности выбросов) стационарных источников в течение года, и такие концентрации сопоставляются со среднесуточными ПДК или среднегодовыми ПДК (при их наличии).

Если для загрязняющего вещества установлены значения и максимальных разовых и среднесуточных ПДК, то расчетные максимальные разовые концентрации сопоставляются с максималь-

ными разовыми ПДК, а расчетные среднегодовые концентрации сопоставляются со среднесуточными ПДК.

Для определения величин $q_{пр,j}$ на основе расчета долгопериодных средних концентраций, в частности, усредненных за год, используются значения среднегодовой предельно допустимой концентрации (ПДК_{с.год}). Определение величин долгопериодных концентраций осуществляется в соответствии с Методами расчета рассеивания.

Учет фоновой концентрации при расчете предельно допустимых выбросов осуществляется за границами земельного участка, на котором расположен объект ОНВ:

$$q_{пр,j} > 0,1\text{ПДК}_j \text{ (в долях ПДК)}. \quad (1)$$

Для загрязняющих веществ, выбрасываемых стационарными источниками объекта ОНВ, для которых условие (1) выполняется, учитывается фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха для конкретных загрязняющих веществ, а также для смесей загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (комбинированным действием). При этом рассматриваются смеси загрязняющих веществ, которые образованы загрязняющими веществами, выбрасываемыми стационарными источниками объекта ОНВ, для которых условие (1) выполняется с учетом фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Если приземная концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, формируемая выбросами какого-либо загрязняющего вещества, не превышает 0,1 ПДК за границами земельного участка, на котором расположен объект ОНВ, то при расчете предельно допустимых выбросов такого загрязняющего вещества фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха принимается равным 0, и учет фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха для смесей загрязняющих веществ, обладающих суммацией

действия (комбинированным действием), в которые входит данное загрязняющее вещество, не выполняется.

В случае, если организациями федерального органа исполнительной власти в области гидрометеорологии и смежных с ней областях по запросу не представлены данные о фоновом уровне загрязнения атмосферного воздуха (фоновых концентрациях загрязняющих веществ) и отсутствуют официальные данные о фоновом уровне загрязнения атмосферного воздуха, полученные на основе результатов сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха, фоновый уровень загрязнения атмосферного воздуха при проведении расчетов рассеивания выбросов для конкретного стационарного источника и объекта ОНВ в целом при разработке предельно допустимых выбросов принимается равным 0.

Для линейных объектов ОНВ при проектировании работ, которые ведутся с последовательным продвижением от участка к участку, выбирается один из однотипных участков ведения работ, наиболее близко расположенный к жилым зонам или зонам с особыми условиями, для такого участка рассчитываются значения выбросов, и на их основе выполняются расчеты рассеивания выбросов. Далее по результатам расчетов с учетом фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха определяются наибольшие приземные концентрации в жилых зонах (с учетом планируемого развития территории) или зонах с особыми условиями, и разрабатываются предельно допустимые выбросы.

Для стационарных источников, деятельность которых осуществляется не на конкретной территории, а в различных районах (местах) населенного пункта, субъекта РФ, в том числе окрасочных или сварочных работ, передвижных генераторов, и в разное время, исходя из объемов выполненных за прошедшие 2–3 года работ и планов на последующие годы, проводятся расчеты приземных концентраций на примере одной из площадок ведения ра-

бот, расположенной наиболее близко к жилым зонам и (или) зонам с особыми условиями, и для данного случая определяются допустимые выбросы (г/с). При этом значение валовых (годовых) выбросов загрязняющих веществ (т/год) определяется как сумма годовых выбросов (т/год) на всех местах проведения работ за рассматриваемый период.

При разработке предельно допустимых выбросов для строящихся, вводимых в эксплуатацию новых и (или) реконструированных объектов ОНВ, если проектные значения выбросов меньше расчетных значений предельно допустимых выбросов, в качестве предельно допустимых выбросов принимается проектное значение выбросов.

При разработке предельно допустимых выбросов для объекта ОНВ определяются стационарные источники и загрязняющие вещества, по которым предельно допустимые выбросы на объекте ОНВ не обеспечиваются. В этом случае для объектов ОНВ I категории разрабатывается программа повышения экологической эффективности, а для объектов ОНВ II и III категории – разрабатывается план мероприятий по охране окружающей среды в целях достижения предельно допустимых выбросов и устанавливаются временно разрешенные выбросы.

При разработке предельно допустимых выбросов осуществляется расчет значений выбросов, позволяющих обеспечить нормативы качества атмосферного воздуха в периоды неблагоприятных метеорологических условий (далее – НМУ, расчет выбросов на периоды НМУ соответственно) с учетом особенностей рассеивания выбросов загрязняющих веществ стационарных источников объекта ОНВ в зависимости от степени опасности прогнозируемых НМУ.

Расчет выбросов в периоды НМУ проводится на основании мероприятий по уменьшению выбросов в периоды НМУ, разрабо-

танных в соответствии с утвержденными приказом Минприроды России от 28.11.2019 г. №811 «Об утверждении требований к мероприятиям по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в периоды неблагоприятных метеорологических условий» и включает:

- анализ загрязнения атмосферного воздуха, создаваемого выбросами объекта ОНВ, степеней опасности НМУ, характерных для района размещения объекта ОНВ, а также особенностей НМУ, таких как приподнятые и приземные инверсии, штилевые условия, туманы и преобладающие ветра;

- определение перечня загрязняющих веществ, по которым необходимо уменьшение выбросов в периоды НМУ;

- определение перечня стационарных источников, на которых проводится уменьшение выбросов в периоды НМУ, и мероприятий по уменьшению выбросов в периоды НМУ для выбранных стационарных источников;

- расчет приземных концентраций загрязняющих веществ с учетом проведения мероприятий по уменьшению выбросов в периоды НМУ и оценку обеспечения нормативов качества атмосферного воздуха, указанных в пункте 6 настоящей методики, при проведении на объекте ОНВ мероприятий по уменьшению выбросов в периоды НМУ (оценка эффективности мероприятий при НМУ).

Оценка эффективности мероприятий при НМУ осуществляется исходя из степени снижения значений расчетных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для различных степеней опасности НМУ. Оценка эффективности каждого мероприятия (ξ , %) проводится по формуле

$$\xi = \left(M_i' / M_i \right) \cdot 100,$$

где M_i – выбросы от стационарных источников, для которых разработано мероприятие, без учета выполнения мероприятия, г/с; M'_i – объем сокращения выбросов загрязняющих веществ за счет осуществления мероприятия, г/с.

Оценка эффективности мероприятий в целом по предприятию (ξ , %) проводится по формуле

$$\xi = \left(M_c / M \right) \cdot 100,$$

где M_c – суммарные выбросы до выполнения мероприятий в целом по объекту ОНВ, г/с; M – суммарное сокращение выбросов загрязняющих веществ за счет выполнения мероприятий в целом по объекту ОНВ, г/с.

Оценка эффективности мероприятий (ξ , %) по расчетным концентрациям загрязняющих веществ в атмосферном воздухе проводится по формуле

$$\xi = \left\{ 1 - \left(C'_M / C_M \right) \right\} \cdot 100,$$

где C'_M – расчетная максимальная концентрация загрязняющих веществ, полученная с учетом выполнения мероприятий, мг/м³; C_M – расчетная максимальная концентрация загрязняющих веществ, создаваемая при отсутствии мероприятий, мг/м³.

1.4. Санитарно-гигиенические нормы

Санитарно-гигиенические нормы для экологических объектов зафиксированы Постановлением главного государственного санитарного врача РФ. В 2021 году был утвержден новый СанПиН 1.2.3685-21 от 29.01.21 г., объединивший в себе отраслевые нормы и регламентирующий гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. СанПиН содержит информацию по ги-

гигиеническим нормативам основных загрязнителей окружающей среды (воздух, вода, почва) различных категорий, в том числе веществ, обладающих эффектом суммации и потенцирования токсического действия, а также пестицидов, микроорганизмов-продуцентов и компонентов бактериальных препаратов. Для каждого из объектов приведены перечни нормируемых загрязнителей, их гигиенические нормы, класс опасности и характеристики токсического воздействия.

Химические загрязнители нормируются для следующих категорий объектов окружающей среды: атмосферный воздух городских и сельских поселений; производственная среда (рабочая зона); почва населенных мест и сельскохозяйственных угодий; вода систем централизованного питьевого водоснабжения, не централизованного водоснабжения, поверхностные водные объекты, морская вода в контрольных створах и местах водопользования населения, обеззараженные сточные воды, допустимые к сбросу в поверхностные водные объекты, плавательные бассейны и аквапарки, природные и сточные водные системы технического водоснабжения.

Физические факторы (за исключением ионизирующего излучения) нормируются в том числе на территории: производственных помещений, жилых и общественных зданий, селитебных территориях, территориях воспитания, обучения, отдыха и оздоровления детей; подвижном составе железнодорожного транспорта и метрополитена; жилых и общественных помещений плавательных средств и морских сооружений. К физическим факторам относится также: уровень психофизиологических производственных факторов; условия организации, устройству, содержанию и режиму работы организаций воспитания, обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи, в том числе требования к печатной продукции и режиму пользования электронными средствами, применяемыми в процессе обучения.

Определен ряд канцерогенных факторов биологического характера и факторы образа жизни. Согласно СанПиН к биологическим канцерогенным факторам относятся:

- вирус гепатита В; вирус гепатита С; герпес-вирус (тип 8);
- вирус папилломы человека (тип 16, 18, 31, 33, 35, 39, 45, 51, 52, 56, 58, 59, 68); вирус Эпштейна-Барра;
- вирус Т-клеточного лейкоза;
- вирус иммунодефицита человека 1-го типа;
- бактерия *Helicobacter pylori*;
- печеночные трематоды: *Clonorchis sinensis*; *Opistorchis viverrini*; *Opistorchis felineus*; трематода: *Schistosoma haematobium*.

К канцерогенным факторам образа жизни относятся: табакокурение, в том числе пассивное; употребление бездымных табачных продуктов (нюхательный и жевательный табак); злоупотребление алкогольными напитками; использование искусственных источников ультрафиолетового излучения для получения загара.

Для химических факторов загрязнения окружающей среды нормируются следующие экологические нормативы:

ПДК – предельно допустимая концентрация. Под предельно допустимой концентрацией понимается максимальное количество вредного вещества в единице объема или массы, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не вызывает каких-либо болезненных изменений в организме и неблагоприятных наследственных изменений у потомства.

ПДК(м.р.) – максимально разовая – такое содержание вредного вещества в атмосферном воздухе, которое не должно вызывать никаких реакций (запах, нарушение чувствительности глаз) при воздействии в течение 30 минут.

ПДК(с.с.) – среднесуточная предельно допустимая концентрация – такое содержание загрязняющего вещества, которое не должно оказывать канцерогенного, мутагенного и иного негативного эффекта при длительном действии на организм.

Методология гигиенического нормирования качества окружающей среды в нашей стране, основана на положении о предельно допустимых концентрациях.

Работа по нормированию проводится в строго определенной последовательности, связанной с выполнением соответствующего этапа исследований.

Для химических веществ первым этапом данных исследований является аналитический этап, который включает в себя оценку физико-химических свойств: данных о структуре химического вещества, его параметрах – температуре плавления, точке кипения, растворимости в воде и других растворителях, разработка методики определения в конкретном объекте.

Вторым обязательным этапом гигиенических исследований при установлении ПДК является токсикометрия, т. е. определение основных параметров токсичности.

Исследования и количественная оценка токсичности и опасности веществ включают в себя большой набор показателей с обязательной оценкой смертельных эффектов, кумулятивности, кожно-раздражающего, сенсибилизирующего, эмбриотропного действия, влияния на сердечно-сосудистую систему, репродуктивную функцию, а также исследование отдаленных эффектов.

Большая часть исследований проводится в экспериментах на животных (крысах, мышах, кроликах, обезьянах и др.). Ряд параметров получают по результатам обобщения и статистического анализа данных наблюдений работников соответствующих производств, а некоторые параметры – по результатам экспериментов на людях-добровольцах (определение порогов воздействия, раздражающего и рефлекторного действия и т. п.). Исследования на людях проводятся лишь в случае полной гарантии безопасности испытуемых (таково требование Хельсинской конвенции и ряда других международных и отечественных документов).

Нормативы качества, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов.

Степень токсичности характеризуется величиной токсической дозы, то есть количеством вещества, отнесенным к единице массы, которое вызывает определенный токсический эффект (смерть).

Важнейшим принципом оценки токсичности является *принцип пороговости*. Он основан на учете того, что живой организм до определенных пределов способен приспосабливаться к воздействию окружающей среды. Если воздействие вредного фактора переходит этот предел, в организме происходит срыв приспособительных реакций, развиваются патологические процессы и возникает болезнь.

Порог вредного воздействия – минимальная доза вещества, при воздействии которой на организм в последнем возникают изменения, выходящие за пределы его нормального состояния.

Количественно охарактеризовать токсичность веществ – задача весьма сложная. Токсичность всегда определяют в группе животных, отдельные особи которых обладают различной чувствительностью. При достаточном количестве животных определяют две характеристики токсичности LD_{50} и LD_{100} .

Летальная доза (ЛД) – доза вызывающей при однократном введении гибель 50% или 100% экспериментальных животных.

(ЛД50) – средние смертельные, (ЛД100) – абсолютно смертельные; (ЛД0/10) – минимально смертельные и др. дозы.

Цифры в индексе отражают вероятность (%) появления определенного токсического эффекта, в данном случае, – смерти в группе подопытных животных.

На основании этих определений в большинстве стран принято классифицировать все токсичные вещества на 6 классов: *практически не токсичные, слегка токсичные, мало токсичные, сильно токсичные, чрезвычайно токсичные и супертокси́чные* (таблица 2).

В России по токсичности и степени воздействия на организм вредные вещества разделены на 4 класса:

IV класс – умеренно опасные;

III класс – опасные;

II класс – высоко опасные;

I класс – чрезвычайно опасные.

Таблица 2 – Токсические характеристики химических веществ

Категория токсичности	Вероятная летальная оральная доза для человека	Примеры	
		Химикаты	LD ₅₀ (животные)
1 - практически не токсичные	> 15 г/кг		
2 - слегка токсичные	5 – 15 г/кг	Этанол	10 г/кг
3 - мало токсичные	0,5 – 5 г/кг	Хлорид натрия	4 г/кг
4 - сильно токсичные	50 – 500 мг/кг	Фенобарбитал	150 мг/кг
5 - чрезвычайно токсичные	5 – 50 мг/кг	Пикротоксин	5 мг/кг
6 - супертокси́чные	< 5 мг/кг	Диоксин	0.001 мг/кг

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от гигиенических норм и показателей, категоризация согласно ГОСТ 12.1.007-76 указанных в таблице 3.

Таблица 3 – Нормы для классов опасности загрязняющих веществ

Наименование показателя ¹	Нормы для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/ м ³	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15-150	151-5000	Более 5000

Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100-500	501-2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

¹ **Средняя смертельная доза при введении в желудок** - доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок.

Средняя смертельная концентрация в воздухе - концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при ингаляционном воздействии 2-4 часа.

Средняя смертельная доза при нанесении на кожу - доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу.

Коэффициент возможности ингаляционного отравления - отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20 °С к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

Зона острого действия - Отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций.

Зона хронического действия - Отношение минимальной концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 ч, пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев.

Тест экспозиции - Биологическая ПДК - уровень вредного вещества (или продуктов его превращения) в организме работающего (кровь, моча, выдыхаемый воздух и др.) или уровень биологического ответа (содержание метгемоглобина, активность холинэстеразы и др.) наиболее поражаемой системы организма, при котором непосредственно в процессе воздействия или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующего поколений не возникает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, определяемых современными методами исследования.

Чем большую опасность представляет то или иное вещество, тем ниже устанавливается его ПДК. Понятие предельно допустимой концентрации устанавливается для среднестатистического человека. Однако ослабленные и больные люди могут чувствовать дискомфорт даже при содержании веществ ниже, но близких к ПДК.

При экологическом нормировании и определении ПДК применяется комплексный санитарно-гигиенический подход, основы которого были сформулированы академиком Ю.А. Израэлем в 1984, и который предполагает анализ эффектов воздействия различных факторов на человека и окружающую среду, реакцию организмов, популяций экологических систем на воздействия, определение различных видов ущерба от воздействия, выявление критических факторов воздействия и наиболее чувствительных элементов биосферы с точки зрения последствий воздействия. Лишь после подобного анализа с учетом его результатов определяют допустимые нагрузки (концентрации) для отдельных организмов и популяций, сообществ, экосистем и регионов. В качестве допустимой принимается такая нагрузка (концентрация вещества), которая не вызывает нежелательных изменений и последствий (включая отдаленные) у обитающих организмов, в первую очередь у человека, и не приводит к ухудшению качества природной среды.

Количественной мерой предельно допустимой экологической нагрузки выступает предельно допустимая концентрация какой-либо вредно действующей субстанции в расчете на индивидуума (особь), популяцию или экосистему (например, индивидуальные и коллективные дозы радиоактивного излучения), устанавливаемая по токсикологическому признаку или биогеохимическим методом. ПДК вредных веществ обычно устанавливают для человека и исходя из санитарно-гигиенических соображений. К определению ПДК для популяций животных и растений, формирующих экосистемы, экологи приступили не так давно и устанавливают в основном по токсикологическому признаку вредности на уровне организмов и популяций (например, популяций рыб, других гидробионтов).

Токсикологический метод определения ПДК базируется на экспериментальных результатах поисков границ между токсическими, пороговыми и недействующими концентрациями вредных

веществ для различных видов, групп и стадий развития организмов (например, гидробионтов). При этом: а) токсичной называется такая концентрация веществ, при которой относительные (по сравнению с контрольными) показатели выживаемости, плодовитости, роста и биопродуцирования снижаются более чем на 50 %; б) пороговой – при которой снижение показателей не превышает 50 %; в) максимальной недействующей (подпороговой) – не более чем на 25 %.

Для сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ), с которыми человек обычно контактирует лишь в аварийных условиях и краткое время, устанавливаются также ПДК в пределах рабочей зоны, соответствующие пределу переносимости, т.е. это минимальные концентрации, которые человек может выдержать определенное время без устойчивого поражения. Пороговая концентрация обозначает минимальную эффективную концентрацию, вызывающую ощутимый физиологический эффект (при этом пораженные сохраняют работоспособность и ощущают лишь первичные признаки поражения). Средняя пороговая концентрация выводит из строя и смертельна. Но для СДЯВ чаще применяется понятие «токсодоза» – средняя смертельная (вызывающая смерть у 50 % особей, подвергшихся воздействию), средняя выводящая из строя (вызывающая поражение средней степени тяжести и выше у 50 % особей, подвергшихся воздействию) и средняя пороговая (вызывающая начальные симптомы поражения у тех же 50 % особей, подвергшихся воздействию). Показатель токсодозы есть произведение средней за время воздействия концентрации СДЯВ на время пребывания в зараженной зоне (в случае ингаляционного поражения или рефлекторного действия) или массы жидкого или твердого СДЯВ, попавшего на кожу (при кожнорезорбтивных поражениях или резорбтивного действия). Сущность токсикологического метода определения ПДК отражена на рисунке 3.

Кроме токсикологического метода существует, хотя и реже используется, биогеохимический метод определения ПДК. Он применяется, в частности, для обоснования ПДК в морской воде тяжелых и переходных металлов, поступающих в нее как от естественных, так и от антропогенных источников. При этом средние концентрации металлов в Мировом океане признаются оптимальными для биоты, а верхние и нижние уровни концентраций считаются критическими; причем значение верхнего естественного уровня концентрации принимается за ПДК металла для всего биологического населения океана.



Рисунок 3 – Схема влияния на человека разных по механизму токсического действия загрязняющих веществ и основные подходы к нормированию их биологического воздействия (по В.Н. Мовчан)

Подобный подход к определению ПДК существенно отличается от вышеописанного токсикологического, который лежит в основе санитарно-гигиенических норм, поскольку при данном подходе определяется допустимая нагрузка загрязняющих веществ не только и не столько на отдельные особи и их популяции, сколько на сообщества видов, отдельные экосистемы и даже регион в целом.

Так при санитарно-гигиеническом подходе к определению ПДК исходят из недопущения никакого вреда и ущерба по отношению даже к отдельному организму, то при ином подходе к экологическому нормированию потеря отдельной особи не считается опасной, если сохраняется неизменным равновесное состояние экосистемы и ее продуктивность. При данном же подходе определяющими для выявления ПДК служат кларки (средние естественные концентрации) данных веществ в различных природных средах, которые хорошо известны и приводятся в геохимической литературе. При этом необходимо учитывать не только кларк (фоновую концентрацию), но и способность к миграции. Поэтому при определении классов опасности различных химических веществ, попадающих в почву, учитываются не только показатели их ПДК в почве и токсичность, но и персистентность (время полного разложения) в почве и растениях, а также способность к миграции и влияние, оказываемое ими на ценность сельскохозяйственной продукции. Кроме того, естественное содержание некоторых металлов в разных средах могут быть выше гигиенических норм и вызывать заболевание человека, этот факт серьезно ограничивает применимость такого подхода для определения гигиенических нормативов. Биогеохимический метод подход чаще всего применяется при определении ПДК веществ, содержащихся в объектах нехозяйственного назначения.

Таким образом, процесс определения экологических норм, в частности ПДК, весьма сложен и имеет множество нюансов, которые необходимо учитывать особенность объектов окружающей среды. Поэтому в качестве гигиенических нормативов как меру допустимого воздействия рассматривают не только предельно допустимую концентрацию, но и наряду с ПДК для различных сред используют также дополнительные гигиенические нормативы – ориентировочно безопасные.

Под ориентировочно безопасными воздействиями понимают безопасный уровень воздействия, который является временным и расчетным, основанным на определении дозы (концентрации), при которой изменения функций организма будут минимальными (пороговыми):

- для воздушных сред используют гигиенический норматив ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия
- для почвы ОДК – ориентировочная допустимая концентрация;
- для водных объектов ОДУ – ориентировочный допустимый уровень.

В случае аварийных ситуаций учитывают показатель АПВ – аварийный предел воздействия. АПВ – гигиенические нормативы, устанавливающие уровень концентрации химического вещества, превышающий предельно допустимую концентрацию в воздухе рабочей зоны, который не вызывает у людей изменения физиологических реакций организма, выходящих за пределы пороговых и обратимых эффектов в течение установленного данными нормативами времени пребывания в зоне химического заражения без применения средств индивидуальной защиты.

МДУ – максимально допустимый уровень. МДУ(*) – временный, МДУ(**) – МДУ для импортной продукции.

ДСД – допустимая суточная доза – это максимальная безвредная суточная доза токсического вещества для человека, которая не вызывает при ежедневном поступлении в организм каких-либо неблагоприятных воздействий на протяжении всей продолжительности жизни данного человека и последующих поколений. Гигиенический норматив ДСД чаще всего применяется к канцерогенным веществам и пестицидам.

ВДСД – временная допустимая суточная доза.

Первые нормы ПДК вредных веществ в России были утверждены в 1939 г. для питьевой воды, для атмосферного воздуха – в 1951 г. (для 10 веществ), для почв – в 1980 г. Благодаря развитию экологических и токсикологических методов исследований, совершенствованию методов анализа, методического обеспечения и средств измерений санитарно-гигиенические нормы претерпевают изменение в сторону ужесточения экологической безопасности. Согласно новому СанПиН 1.2.3685-21 от 29.01.21 г. среди химических и биологических факторов производственной среды (рабочей зоны) нормируются ПДК и ПДК(м.р.) для 2484 загрязняющих веществ, определены нормативы ОБУВ для 601 компонента, ПДК для 132 микроорганизмов и 20 бакпрепаратам. Также установлены нормативы АПВ и ДСД для веществ кожно-нарывного действия, фосфорорганических, отравляющих веществ, продуктов деструкции и компонентов химического оружия, ракетного топлива.

Для атмосферного воздуха городских и сельских поселений установлены нормы ПДК для 716 загрязняющих веществ, ОБУВ для 1741 компонента. Выявлен ряд веществ (приведены нормы для 64 загрязнителей окружающей среды), которые обладают полным и частичным суммирующим эффектом воздействия или эффектом потенцирования при совместном присутствии в объектах окружающей среды. Определены гигиенические нормы содержания в ат-

мосферном воздухе 107 микроорганизмов-продуцентов и 11 компонентов бактериальных препаратов.

Гигиеническое нормирование имеет ряд недостатков:

1. ПДК редко учитывают комбинированное действие (при одновременном или последовательном действии нескольких веществ). Ответная реакция организма на комбинирование воздействие вредных веществ очень сложна и может развиваться по трем направлениям:

- усиление эффекта (синергизм), т. е. превышение реакции, вызванное действием каждого из веществ смеси;

- ослабление эффекта (антагонизм), т. е. ответная реакция будет меньше эффекта, вызванного любым веществом смеси;

- независимое действие, когда ответная реакция будет соответствовать действию каждого отдельного вещества или ведущему из них.

Эффект комбинированное действие учтен только для 52 групп веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Перечень смесей атмосферных загрязнений, для которых должна учитываться суммация биологического действия при совместном присутствии, внесен в санитарное законодательство.

2. ПДК не учитывают эффектов комплексного воздействия – когда вредные вещества поступают в организм различными путями – с воздухом, водой, пищей, через кожные покровы.

3. ПДК не учитывает сочетания воздействий различной природы (физических, химических и биологических).

4. ПДК устанавливаются для среднестатистического человека, однако ослабленные болезнью и другими факторами люди могут почувствовать себя дискомфортно при концентрациях вредных веществ, меньших ПДК. Это, например, относится к заядлым курьельщикам.

5. Практически не разработаны ПДК для растительности. Исследования доказывают, что лес реагирует на более низкие концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, чем человек.

В биосферу ежегодно поступает около 2млн т веществ антропогенного загрязнения, не считая минеральных удобрений. Меньше предельно допустимой может быть концентрация каждого из этих веществ, но совместное их присутствие вызывает такой же эффект, как и при их содержании, превышающем ПДК. Это явление называется *эффектом суммации действия*. Таким эффектом, например, обладают следующие сочетания вредных веществ: ацетон – фенол, сернистый газ – фенол, сернистый газ – сероводород и др. При совместном содержании в воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, необходимо соблюдать следующее условие:

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

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации вредных веществ в окружающей среде, имеющие одинаковый Лимитирующий показатель вредности, единицы измерения концентраций должны быть едиными с единицами измерения ПДК; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации этих вредных веществ в окружающей среде.

Выбросы становятся опасными для здоровья человека, если при расчете сумма будет больше единицы.

Эту формулу можно применять лишь в случае оценки совместного содержания веществ, обладающих однонаправленным лимитирующим показателем вредности.

Лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) – это показатель, который определяет собой наиболее ранний и вероятный характер неблагоприятного влияния в случае появления в объекте

воздействия химического вещества в концентрации, превышающей ПДК, характеризующийся наибольшей безвредной концентрацией в воде, воздухе, почве и т.д.

Для показателей атмосферного воздуха существует три лимитирующих показателя вредности: рефлекторный (непрямое действие веществ, в механизме действия которых принимают участие рефлексы), резорбтивный (действие токсичных веществ, проявляющееся после всасывания их в кровь) и рефлекторно-резорбтивный (совместный). В рефлекторном действии особую роль играют рефлексогенные зоны, которые содержат большое количество чувствительных нервных окончаний. Такие зоны находятся в слизистой оболочке ЖКТ, верхних дыхательных путях, на поверхности кожи, в сосудистой системе.

Для воды хозяйственно-питьевого назначения выделяются три типа ЛПВ – санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический. Санитарно-токсикологический подразумевает концентрацию, при превышении которой вещество становится токсичным для человека. Общесанитарный свидетельствует о нарушении санитарного состояния водного объекта. Органолептический обозначает концентрацию, при превышении которой вода меняет вкусовые качества, цвет, запах, а также характеризуется образованием пены или плёнки.

Например:

медь токсична для человека – при 10 мг/л,

нарушает процессы самоочищения гидросистемы – при 5 мг/л, придает воде привкус – при 1 мг/л.

Последнее значение – наименьшее из трех, поэтому здесь ЛПВ – органолептический, и хозяйственно-питьевое ПДК – 1 мг/л.

1.5. Санитарно-защитные зоны

С целью предотвращения или ослабления негативного воздействия производственных объектов на окружающую среду и здоровье населения, определения возможности сохранения предприятия, применяемой технологии и объемов производства в условиях города, а также принятия экономически и технически оправданных, социально и экологически целесообразных проектных и строительных решений организуют санитарно-защитные зоны вокруг предприятий.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – это особая функциональная зона, отделяющая предприятие от жилой зоны либо от иных зон функционального использования территории с нормативно закрепленными повышенными требованиями к качеству окружающей среды (рисунок 4).

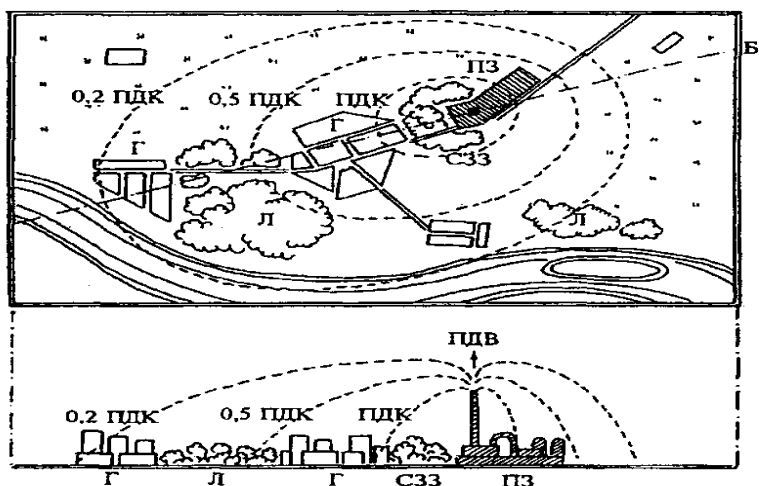


Рисунок 4 – Схема зоны загрязнения атмосферного воздуха в районе мощного промышленного источника

Верхняя часть – план-схема территории, нижняя часть – «профиль» территории по линии АБ. ПЗ – промышленная зона с источником выбросов; Г – районы города; Л – лесопарковые насаждения; СЗЗ – санитарно-защитная зона. Пунктиром обозначены профили рассеяния и выпадения выбросов и соответствующие изолинии концентрации загрязнителей в приземном слое воздуха. Отображена ситуация, когда благодаря соблюдению ПДВ в жилой зоне города не превышает ПДК.

Разработка проектов СЗЗ должна выполняться в соответствии с законодательством Российской Федерации и других нормативных актов России.

Установление границ СЗЗ производится по совокупности всех видов техногенных воздействий объекта на окружающую среду и здоровье населения.

По экологически опасным производственным объектам (при необходимости и по другим объектам) дополнительно предусматриваются требования по установлению воздействия на окружающую среду и население и за пределами СЗЗ (зоны ограничения застройки, охранные зоны, зоны наблюдения).

1.5.1. Основные требования к установлению СЗЗ

СЗЗ устанавливается с целью снижения загрязнения атмосферного воздуха, уровня шума и других факторов негативного воздействия до предельно допустимых значений на границе с жилыми территориями за счет обеспечения санитарных разрывов и озеленения территорий. В СЗЗ действует режим ограниченной хозяйственной деятельности.

Основные правила установления регламентированных границ СЗЗ сформулированы в СанПиН «Проектирование, строительство, реконструкция и эксплуатация предприятий, планировка и застройка населенных мест».

Регламентированный размер СЗЗ определяется, прежде всего, классом предприятия или производства по приведенной в СанПиН классификации. Этот класс зависит от характера производства, определяющего состав вредных воздействий, диапазон удельных выбросов и др. В ряде случаев размеры СЗЗ дифференцированы по мощности производства.

В соответствии с этой классификацией большинство производств, предприятий и объектов может быть отнесено к одному из 5-ти классов. Для объектов (предприятий, производств), отнесенных к какому-либо из этих классов, в СанПиН установлены следующие размеры СЗЗ:

для объектов I-го класса – 1000 м;

для объектов II-го класса – 500 м;

для объектов III-го класса – 300 м;

для объектов IV-го класса – 100 м;

для объектов V-го класса – 50 м.

Эти размеры СЗЗ для предприятий называются нормативными. Размер СЗЗ устанавливается с учетом возможностей перспективного развития.

Если действующие на предприятии производственные процессы не сопровождаются выделением загрязняющих веществ или вредных воздействий (шума, излучения и т.д.) не являются пожаро- и взрывоопасными и не требуют устройства железнодорожных подъездных путей, то для него по решению Центров ГосСанЭпидемНадзора (ЦГСЭН) СЗЗ для него устанавливается минимальный размер СЗЗ. При размещении такого предприятия в пределах селитебной территории расстояние от границ занимаемого им участка до жилых домов следует принимать не менее 50 м.

Размеры СЗЗ предприятия (группы предприятий) определяют в направлении жилой застройки и других зон с нормативно определенными повышенными требованиями к качеству окружа-

ющей среды, расположенных вокруг предприятия. Набор зон, в направлении которых устанавливаются СЗЗ для конкретного предприятия (группы предприятий), так же как и критерии их выбора (в частности, расстояния от предприятия) определяются по согласованию с территориальными органами Минздрава России в зависимости от класса предприятия.

Вопрос о необходимости установления СЗЗ в других направлениях решается по согласованию с ЦГСЭН с учетом возможности строительства на соответствующих территориях жилья или возникновения других зон с нормативно определенными повышенными требованиями к качеству окружающей среды.

В том случае, если для имеющихся или вводимых технологических процессов расчеты загрязнения атмосферы, уровней шума и др. размеры СЗЗ для предприятия получаются больше, чем нормативные, то необходимо пересмотреть проектные решения и обеспечить выполнение требований норматива за счет уменьшения количества выбросов вредных веществ в атмосферу, минимизации шума и других видов воздействий. Если же и после дополнительной проработки не выявлены технические возможности обеспечения размеров СЗЗ, требуемых по нормативам, то размер СЗЗ принимается в соответствии с результатами расчета загрязнения атмосферы, уровней шума и др. и расчетные данные подтверждаются натурными замерами по согласованию с ГСЭН.

Допускается корректировка размеров СЗЗ с учетом розы ветров (при существенных румбовых отклонениях преобладающих направлений ветров) в сторону увеличения по сравнению с установленными нормативными размерами. Увеличение размеров СЗЗ за счет поправки на розу ветров рекомендуется использовать только для ограничения нового жилищного строительства на территории между нормативной и откорректированной в сторону увеличения с учетом розы ветров СЗЗ.

2. ПРАКТИКА ПРОБООТБОРА ВОЗДУХА

2.1. Оценка качества атмосферного воздуха

Атмосферный воздух населенных мест одновременно загрязняется большим количеством веществ: выбросы промышленных предприятий, автотранспорта, теплоэлектростанций. При этом совместное присутствие ряда вредных веществ в атмосферном воздухе может усиливать их токсичность. Загрязнение атмосферного воздуха оценивают по комплексным показателям.

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – комплексный показатель степени загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей и представляющий собой сумму концентраций выбранных загрязняющих веществ в долях ПДК (в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»). ИЗА определяется по формуле

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{q_{\text{ср}i}}{\text{ПДК}_{\text{ср}i}} \right) C_i,$$

где $q_{\text{ср}i}$ – средняя концентрация i -ого вещества; $\text{ПДК}_{\text{ср}i}$ – среднесуточная ПДК для i -ого вещества; C_i – константа, принимающая значения 1,7; 1,3; 1,0; 0,9 для соответственно 1, 2, 3, 4-го классов опасности веществ, позволяющая привести степень вредности i -го вещества к степени вредности диоксида серы.

ИЗА обычно определяется по пяти приоритетным загрязняющим веществам. В зависимости от значения ИЗА уровень загрязнения воздуха определяется по таблице 4.

Следующий показатель, используемый для оценки качества, – стандартный индекс – *СИ* – *наибольшая измеренная разовая концентрация примеси, деленная на ПДК*. СИ определяется из данных наблюдений на посту за одной примесью или на всех постах района за всеми примесями за месяц или за год. Определяется в соот-

ветствии с РД 52.04.186-89 Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

Таблица 4 – Соответствие значений ИЗА уровню загрязнения атмосферного воздуха

Уровень загрязнения атмосферного воздуха	Значения ИЗА
Низкий	меньше или равен 5
Повышенный	5-7
Высокий	7-14
Очень высокий	больше или равен 14

Уровень загрязнения считается:

- повышенным при СИ < 5,
- высоким, СИ от 5 до 10,
- очень высоким при СИ > 10.

В атмосферном воздухе населенных мест, городском воздухе, воздухе рабочей зоны промышленных предприятий, жилых и административных зданий может содержаться до нескольких сот токсичных химических соединений различных классов – от органических и неорганических газов и летучих органических соединений (ЛОС) до высокомолекулярных органических веществ, твердых частиц и аэрозолей. Поэтому залогом получения достоверного результата при анализе воздуха является корректный пробоотбор и анализ наиболее чувствительным методом.

Выбор метода анализа того или иного загрязнителя зависит от области аккредитации контролирующей лаборатории, в которой прописано какими методиками она может пользоваться при проведении анализа, а также от материально-технической базы. В случае научных исследований – в первую очередь определяется материально-технической базой. Важно понимать, что нет универсальной методики анализа, по которой можно было бы определить все загрязнители. Мы находим чаще всего лишь то, что ищем. Наиболее универсальным методом анализа летучих веществ явля-

ется метод газовой или жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием, но его использование ограничено отсутствием утвержденных методик, и опять же материально-техническим обеспечением.

Пробоотбор и пробоподготовка является наиболее важной стадией определения загрязнений воздуха. Допущенные на этом этапе ошибки могут исказить результаты анализа, и последующее определение целевых компонентов окажется бессмысленным. Зачастую, из-за ошибок в выборе способа пробоотбора, отсутствия концентрирования на этом этапе получают ложноотрицательные результаты.

В работе аккредитованных лабораторий необходимо использовать только указанные в области аккредитации методики, которые должны быть в наличии в печатном виде с синей печатью органа, уполномоченного продавать методики, на титульном листе. Соответственно способ пробоотбора и дальнейший анализ оговариваются в методике.

При разработке методики нужно учитывать все особенности загрязнителя. Из-за многообразия загрязнений нет универсального способа пробоотбора, позволяющего одновременно улавливать из загрязненного воздуха все вредные вещества, находящиеся в различных агрегатных состояниях (или сильно отличающиеся по молекулярной массе, температуре кипения, сорбционным характеристикам и т. п.). Правильный выбор метода пробоотбора зависит от объекта анализа (атмосфера, воздух рабочей зоны, промвыбросы и т. п.) и его характеристики, главным образом, сложности состава смесей загрязняющих веществ и их концентраций.

2.2. Абсорбционное улавливание загрязнений воздуха

Поглощение примесей вредных веществ растворами относят к одному из наиболее часто применяемых способов пробоотбора

при определении загрязнений воздуха. Для отбора воздушных проб таким способом необходимо собрать установку, состоящую из аспиратора воздуха, на котором устанавливается необходимая скорость аспирации воздуха, и 2–3 стеклянных поглотителей Рихтера с пористой пластинкой или без нее (еще их называют барботеры, абсорберы, жидкостные поглотители), в который налито соответствующее количество (около 5–10 мл в зависимости от методики анализа) поглотительной жидкости (рисунок 5). Основные требования к поглотительной жидкости: должна хорошо растворять анализируемый компонент, либо это должен быть раствор реактива, который вступает в химическую реакцию с загрязнителем. В этом случае происходит хемосорбция.

Для каждой пробы тщательно фиксируется время, за которое отбиралась проба, скорость аспирации воздуха, температура окружающей среды и атмосферное давление в момент пробоотбора. Эти величины понадобятся для проведения расчетов.



Рисунок 5 – Аспиратор с барботерами при абсорбционном концентрировании

Достоинства метода заключаются в возможности одновременного концентрирования примесей в широком диапазоне анализируемых веществ (кроме аэрозолей и твердых частиц) и высокой селективности определения, которая определяется выбором соответствующего растворителя*. Кроме того, при абсорбции упрощается предварительная обработка пробы, которую обычно анализируют в виде жидкости независимо от выбранного метода анализа (колориметрия, ИК- или УФ-спектрофотометрия, электрохимические или хроматографические методы).

К недостаткам абсорбции следует отнести невозможность получения представительной пробы при наличии в воздухе аэрозолей и твердых частиц, а также невысокую степень обогащения пробы при анализе микропримесей. Последнее обстоятельство связано с достаточно высоким разбавлением пробы, поскольку при отборе применяют не менее 5–10 мл поглотительного раствора, а анализируют лишь несколько микролитров. Эти трудности можно отчасти преодолеть, используя повторное концентрирование примесей – испарение растворителя в вакууме или в специальных микроконцентраторах, роторных испарителях.

2.3. Отбор проб воздуха в контейнеры

2.3.1. Оборудование и техника отбора

Отбор загрязненного воздуха в контейнеры используют лишь для анализа газов и летучих при обычной температуре веществ. Такой отбор не связан с обогащением пробы, и поэтому чаще всего для определения применяют метод газовой хроматографии, который чувствительнее спектральных методов анализа.

Контейнеры представляют собой различной формы сосуда из стекла, нержавеющей стали или полимерной пленки. Анализируе-

мый воздух пропускают через контейнер с небольшой скоростью (0,1–0,4 л/мин), впускают воздух в предварительно вакуумированный сосуд или заполняют контейнер с помощью ниппельного устройства. При этом кратность обмена воздуха должна быть ниже 6-10. Последняя процедура нужна «промыывания» контейнера – удаления следов предыдущей пробы при неоднократном использовании сосуда, а также для пассивирования его стенок анализируемыми газами или ЛОС.

Стеклянные пипетки используют для улавливания и транспортировки газообразных проб с последующим извлечением аликвотной части пробы газовым шприцем для анализа (как правило, методом газовой хроматографии) (рисунок 6).

Мешки из полимерных пленок непроницаемы для большинства газов, могут использоваться повторно, а при хранении газообразной пробы в этих мешках потери контролируемых компонентов минимальны (рисунок 7). После использования и продувки таких мешков чистым инертным газом их «память» минимальна (практически не остается следов предыдущей пробы). Эти мешки прочны, эластичны и быстро восстанавливают первоначальную форму. Кроме воздуха, их можно использовать и для отбора водных проб.



Рисунок 6 – Газовая пипетка для отбора проб воздуха



Рисунок 7 – Полимерный мешок для отбора газовых проб

Наиболее популярными контейнерами этого типа являются мешки из пленки *Тедлар* – высококачественной поливинилфторидной (ПВФ) пленки толщиной 2 мм, которые изготавливаются без применения пластификаторов. Пленка из ПВФ менее проницаема для газов, чем тефлон, и стойка к действию различных химических веществ. Такие мешки имеют вместимость от 1 до 100 л. Их используют в различных методиках ЕРА, США для отбора проб воздуха, содержащего некоррозионные газы и ЛОС, пары растворителей, углеводороды, хлорсодержащие соединения, CO, SO₂, H₂S, меркаптаны и другие химические загрязнители воздуха.

Каждый такой мешок имеет клапан (вентиль) из полипропилена, через который его заполняют воздухом с помощью гибкого шланга из полимерного материала. Отбор анализируемой пробы производится шпиром, которым прокалывают полимерную прокладку (мембрану из тефлона или силикона) вентиля.

Недавно появились мешки из полимерной пленки Саран (поливинилхлорид – разновидность ПВХ-пленки), которые по инертности к газам и ЛОС приближаются к тефлону, но менее проницаемы.

Очень хорошо зарекомендовали себя мешки из 5-слойной полимерной пленки, которые совершенно непроницаемы для газов и ЛОС, светонепроницаемы (УФ и видимый свет), инертны к большинству химических соединений, прочны, упруги, гибки и могут быть использованы повторно (рисунок 8). Эти мешки изготавливаются из инертного материала, состоящего из пяти слоев: полиэтилен, полиамид, алюминиевая фольга, поливинилиденхлорид и полиэфир. Пробы отбирают через клапан с прокладкой из силикона.

Этот простейший способ пробоотбора позволяет реализовать прямое газохроматографическое определение загрязняющих веществ с небольшой погрешностью (8–12%), так как он не связан с потерями вещества, в процессе концентрирования, десорбции и другими операциями, характерными для пробоподготовки.



Рисунок 8 – Мешок для отбора газовых проб из пятислойной пленки.

К ограничениям контейнерного способа пробоотбора следует отнести следующие:

1 относительно узок круг определяемых соединений (лишь газы и низкокипящие ЛОС);

2 предел обнаружения контролируемых компонентов ограничен чувствительностью применяемого детектора;

3 невозможно получить представительную пробу при наличии в воздухе труднолетучих соединений;

4 при отборе загрязненного воздуха в контейнеры могут происходить процессы, приводящие к изменению качественного и количественного состава пробы:

- сорбция (хемосорбция) целевых компонентов на стенках контейнера;

- химические реакции компонентов пробы между собой и с материалом контейнера в присутствии влаги, света и кислорода воздуха (особенно в случае реакционноспособных веществ);

- потери части вещества из-за не герметичности контейнера и проницаемости полимерной пленки.

2.3.2. Введение газовых проб, отобранных в контейнеры, в испаритель хроматографа

Для ввода газовых проб в испаритель хроматографа, последний должен быть оснащен краном дозатором с петлей объемом 0,5-1 см³. Кран дозатор нужно поставить в положение «LOAD» или «Загрузка», затем присоединить выходной патрубков гибким шлангом соответствующего диаметра к контейнеру с пробой, а к патрубку сброса пробы также присоединить гибкую силиконовую или резиновую или латексную трубку, которую необходимо опустить в сосуд с дистиллированной водой, чтобы по выходящим пузырькам фиксировать скорость ввода пробы да и просто контролировать, что проба вводится в петлю крана дозатора.

Если проба отобрана в полимерные мешки, то для ввода пробы в петлю через гибкую трубку, необходимо создать в мешке избыточное давление путем нажатия на мешок рукой. При этом необходимо обязательно следить за скоростью ввода пробы в петлю по количеству пузырьков, выходящих в воду из шланга сброса пробы. Это очень важно, т.к. одинаковая скорость ввода пробы в петлю обеспечивает воспроизводимость результатов анализа. Также для корректного ввода пробы, необходимо через петлю пропустить такой объем пробы, чтобы он превышал объем петли в пять раз. После загрузки петли пробой, быстро переводим ручку крана-дозатора в положение «ввод» или «анализ». В этом положении газ-носитель начнет поступать через петлю и осуществит ввод пробы в колонку.

Если проба отобрана в стеклянную пипетку, то для того, чтобы выгнать из нее воздушную пробу в кран дозатор, необходимо воспользоваться методом вытеснения газовой пробы с помощью воды. Для этого при закрытых кранах пипетки нужно один конец ее присоединить к крану-дозатору, а другой ее конец нужно присоединить к бутылки Вульфа, заполненной дистиллированной водой.

Бутыль должна стоять на возвышении. Газовую пипетку нужно расположить на штативе (или держать рукой, что не очень удобно) таким образом, чтобы конец, присоединенный к бутылки Вульфа был внизу, а конец, присоединенный к крану-дозатору хроматографа – наверху. Аккуратно открыть кран бутылки Вульфа, затем открыть кран газовой пипетки, чтобы обеспечить поступление воды в газовую пипетку. Поток воды должен быть слабым, чтобы не допустить заброса воды в кран-дозатор. Затем медленно открывать кран газовой пипетки, следя за скоростью подачи пробы воздуха в кран-дозатор. После ввода пробы закрыть краны в обратной последовательности.

2.2.3. Приготовление градуировочной смеси в контейнерах

Для градуировки хроматографа можно использовать готовые газовые смеси. Но можно и приготовить самим газовую смесь легколетучего соединения. Для этого берут полимерный пакет для пробоотбора известного объема или стеклянную бутылку, с крышкой, снабженной клапаном, продувают емкости инертным газом или азотом, если он не является предметом анализа в объеме, 5-кратно превышающем объем сосуда. Далее фиксируют наполнение сосуда газом и через клапан вводят точно известное по массе количество анализа, встряхивают сосуд до полного испарения анализа, дают выстояться. Рассчитывают концентрацию полученной газовой смеси.

2.4. Сорбционное концентрирование

2.4.1. Проведение отбора воздуха на сорбционные трубки

Пробоотбор газовых проб в виде сорбционного концентрирования применяется для анализа практически всех летучих химиче-

ских веществ, которые могут встретиться в атмосферном воздухе, за исключением аэрозолей и твердых частиц. После такого пробоотбора проводят газохроматографический анализ. В этом случае хроматограф должен быть оснащен термодесорбером, который крепится на испаритель хроматографа. Применение твердых сорбентов дает возможность увеличить скорость пропускания воздуха (по сравнению с пропусканием через жидкость) и за короткое время накопить исследуемое вещество в количестве, достаточном для его определения. Твердые сорбенты позволяют также осуществлять избирательную сорбцию одних веществ в присутствии других, кроме того, твердые сорбенты удобны как в работе, так и при транспортировке и хранении отобранных проб.

Для пробоотбора методом сорбционного концентрирования используются установки, состоящие из аспиратора, и сорбционной трубки (рисунок 9). На аспираторе устанавливается поток 0,1–1 л/мин (в соответствии с методикой), фиксируется время, за которое осуществляется отбор анализируемого воздуха на сорбционную трубку, температура окружающей среды.



Рисунок 9 – Аспиратор воздуха с сорбционными трубками

2.4.2. Подготовка сорбционной трубки

Сорбционная трубка представляет из себя стеклянную трубку, заполненную сорбентом, который должен удерживать анализируемый загрязнитель. Сорбент закрепляется в сорбционной трубке с обоих концов с помощью стекловолокна или стеклоткани и металлической сетки или любой другой металлической вставки, которая позволяет фиксировать стекловолокно (рисунок 10). Тип сорбента, как правило, определяется методикой анализа, либо при разработке методики исходят из рекомендаций литературы и ГОСТ.

Перед использованием и после анализа, сорбционные трубки, заполненные сорбентом кондиционируют в термодесорбере в потоке газа-носителя для устранения загрязнителей. Выполняют эту процедуру на предельных температурах работы сорбента, отслеживая чистоту сорбента по нулевой линии на хроматографе. Зачастую, после обнаружения какого-либо вещества при анализе методом сорбционного концентрирования, необходимо проводить кондиционирование несколько раз, для полного удаления загрязнителя с сорбента. После проведения очистки сорбента сорбционные трубки помещаются в специальные индивидуальные металлические контейнеры, снабженные завинчивающимися пробками с фторопластовым уплотнением для предотвращения попадания на сорбент летучих веществ вне времени отбора пробы.

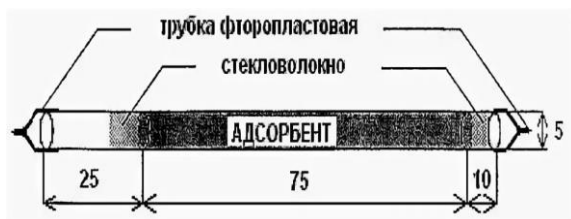


Рисунок 10 – Схема сорбционной трубки

При отборе газовых проб на сорбционную трубку необходимо маркировать концы трубки. Это делается для того, чтобы не путать конец, которым присоединялась трубка к аспиратору с тем концом, с которого поступал загрязненный воздух в трубку. Это очень важно, т.к. сорбционную трубку при анализе нужно помещать в термодесорбер тем концом к испарителю, через который засасывался анализируемый воздух в сорбционную трубку.

2.4.3. Построение градуировочной зависимости с использованием сорбционных трубок

При построении градуировочной зависимости по методу, где для пробоотбора используется сорбционное концентрирование, возникает некоторое противоречие, т.к. проблематично закупить Государственные стандартные образцы газовых смесей и, как правило, готовят жидкие растворы аналита, где в качестве растворителя используется легколетучий компонент, который не экранирует пик аналита при хроматографическом анализе. Раствор аналита вводят в сорбционную трубку микрошприцем, затем к концу сорбционной трубки, с которого проводился ввод раствора, присоединить газовый капилляр с газом носителем и отдуть растворитель 2–3 сек, затем подготовленную сорбционную трубку поместить в термодесорбер тем же концом, с которого вводили пробу, к испарителю хроматографа. Градуировку строить не по концентрации аналита в приготовленном растворе, а по количеству аналита, введенного в сорбционную трубку.

2.4.4. Типы адсорбентов

Для анализа воздуха применяют три группы твердых адсорбентов, однако, ни один из сорбентов не является универсальным.

Первая группа представляет собой гидрофильные неорганические материалы типа силикагелей и молекулярных сит. Вторая группа – гидрофильные неорганические материалы – активные угли. К третьей группе относят синтетические макропористые органические материалы с высокой степенью гидрофобности и небольшой удельной поверхностью – это пористые полимеры.

Силикагели. Силикагели ($\text{SiO}_2 \times x\text{H}_2\text{O}$) представляют собой гидрофильные сорбенты с высокоразвитой капиллярной структурой геля. Адсорбционная способность силикагеля обусловлена наличием на его поверхности силанольных групп Si-OH, способных к образованию водородных связей с молекулами сорбата. Силикагели избирательно поглощают примеси полярных соединений, таких как амины, спирты, фенол, альдегиды и аминокислоты. Однако этот адсорбент применяют в практике анализа загрязнений реже, чем активный уголь и полимерные сорбенты. Это обусловлено его гидрофильностью, что приводит к значительному снижению сорбционной емкости ловушек.

Активированный уголь. Угли являются неполярными сорбентами с сильно развитой пористой структурой. Удельная поверхность активного угля достигает $1000 \text{ м}^2/\text{г}$, уголь способен прочно удерживать большинство органических соединений и некоторые неорганические газы при обычной температуре. Воздух пропускают со скоростью 0,1–1,0 л/мин. Эффективность улавливания составляет 80–100%, а адсорбционная емкость сорбента может достигать сотен мг.

Активированные угли избирательно поглощают углеводороды и их производные, ароматические соединения, слабее – низшие алифатические спирты, карбоновые кислоты, сложные эфиры. Сконцентрированные на активном угле примеси удерживаются очень прочно, и десорбировать их при нагревании практически невозможно. Для извлечения примесей из ловушек с активным углем используют экстракцию.

Полимерные сорбенты. В условиях повышенной влажности применение активного угля и силикагеля для отбора проб становится практически невозможным. В этом случае рекомендуется применять полимерные пористые сорбенты, такие как порпаки, хромосорбы, полисорбы, тенакс и др.

Пористые полимеры инертны, гидрофобны, обладают достаточно хорошо развитой поверхностью, эффективно улавливают из воздуха примеси вредных веществ и не менее легко отдают их при термодесорбции. Успешно применяют для улавливания из воздуха примесей с большой молекулярной массой и таких опасных приоритетных загрязнителей, как пестициды, диоксины. Эффективность улавливания на полимерных сорбентах составляет 88–100 %. Недостатком является плохая адсорбция газов и паров низкомолекулярных соединений.

В настоящее время производят сорбционные трубки с сорбентами, пропитанными индикаторными веществами на различные загрязнители, которые позволяют не только обнаружить на месте пробоотбора загрязняющее атмосферу вещество, но и оценить его концентрацию в воздухе (рисунок 11).

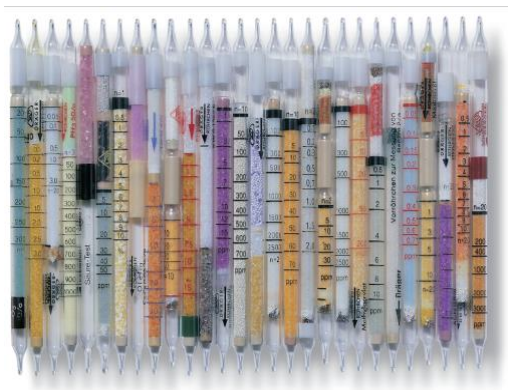


Рисунок 11 – Сорбционные трубки, пропитанные индикаторными веществами

2.5. Отбор аэрозолей из воздуха

Основными источниками аэрозольных загрязнений атмосферы являются ТЭЦ, мусоросжигательные заводы, бытовые печи, печи обжига цемента, а также производства черных и цветных металлов из природных руд, химикатов, керамических изделий. В отходящих технологических газах этих производств, если не применяется доочистка методом фильтрации, содержатся аэрозольные частицы, образующиеся в результате процессов горения. Эти частицы могут содержать тяжелые металлы, мышьяк, частицы асбеста. Кроме того сажа, содержащаяся в этих технологических газах может играть роль адсорбента летучих соединений, т.е. концентрировать на своей поверхности дополнительные загрязнители. Попадая в атмосферу, описываемые частицы могут переноситься потоками ветра на большие расстояния, тем самым расширяя область загрязнения как атмосферного воздуха, а при оседании – почвы и воды. Загрязнение аэрозолями и твердыми частицами характеризует такой параметр – концентрация частиц в технологических газах аспирации и фильтрации. Особые свойства этих частиц: электризация, седиментация, изменение состава, адгезия, коагуляция, вносят дополнительные погрешности в результаты анализа, поэтому очень важно выбрать правильный метод отбора пробы, а также ее анализа. Размеры частиц различных производств могут находиться в достаточно широком диапазоне 0,1-120 мкм

Отбор из воздуха аэрозолей производится на специальные фильтры типов АФА-ВП, АФА-БА, АФА-Х, АФА-ХА, АФА-ХП, материал, используемый в волокнах при изготовлении фильтров – перхлорвинил, ацетилцеллюлоза согласно ГОСТ Р ИСО 15767-2012. Для этого к аспиратору через шланг присоединяется воронка-держатель, с закрепленным на ней фильтром для отбора проб аэрозолей. Далее выставляется расход, заданный в методике, порядка

10 л/мин (рисунок 12). Засекается время и проводят забор пробы. После забора пробы, фильтра аккуратно складывают и помещают в герметичный пакет. По приезде в лабораторию, фильтр с отобранной пробой для определения в ней химических загрязнителей помещают в колбу с растворителем, подходящим для аналита. Анализируют как правило хроматографическим методом полученный раствор. При гравиметрическом методе анализа твердых частиц из воздуха, фильтры предварительно высушивают при 105°C до постоянной массы и фиксируют эту массу в журнале для использования в дальнейших расчетах. Концентрацию мг/м³ пыли в воздухе рассчитывают по формуле

$$C = \frac{m}{Q_{\text{в}} \times t} ,$$

где m – масса пыли на фильтре, мг; $Q_{\text{в}}$ – объемный расход воздуха, м³/ч; t – время отбора пробы, ч.

В настоящее время на рынке доступно оборудование, позволяющее напрямую при прокачке воздуха подсчитывать количество пылевых частиц, выделяя их по размерам.



Рисунок 12 – Воронка-держатель для фильтров и фильтры АЗА для отбора аэрозолей из воздуха и твердых частиц

2.6. Анализ загрязнений воздуха газоанализаторами

Зачастую, требуется экспресс анализ атмосферного воздуха на пригодность его для дыхания в канализационных колодцах, погребках, шахтах, резервуарах, а также любых других замкнутых пространствах с ограниченным доступом свежего воздуха и недостаточной вентиляцией. В этих случаях используют газоанализаторы (рисунок 13), которые настроены на анализ определенных загрязнений, кислорода, а также загрязнителей, которые могут скапливаться в углублениях – угарного газа, метана, сероводорода. Эти газы могут спровоцировать внезапную смерть рабочих при спуске в неисследованные колодцы.



Рисунок 13 – Газоанализатор для анализа кислорода, метана, окиси углерода и сероводорода

Ввиду того, что такие приборы часто используются в рабочей зоне, он должен обладать хорошей сопротивляемостью внешним неблагоприятным факторам. Иными словами, газоанализатор должен выдерживать температуру в диапазоне от -20 до $+50$ °C, иметь защиту от конденсата и повышенной влажности, не реагировать на пыль, обладать малым размером и иметь возможность непрерыв-

ной работы не менее 8 часов. Не исключен также вариант, когда работа носит аварийный характер и может длиться около суток и более, поэтому важно, чтобы в приборе была предусмотрена автоматическая зарядка в ускоренном режиме от автомобильного аккумулятора.

2.7. Отбор проб воздуха для оценки микробиологической загрязненности

Для отбора проб воздуха на микробиологическое загрязнение применяют пробоотборник, изображенный на рисунке 14.



Рисунок 14 – Микробиологические пробоотборники

Внутри этого пробоотборника помещается открытая чашка Петри со специальной средой для роста микроорганизмов, задается расход воздуха согласно методическим рекомендациям.

Можно производить отбор проб воздуха на микробиологическое загрязнение и без использования такого типа пробоотборников. В этом случае открытую чашку Петри со средой для микроорганизмов располагают в контролируемом помещении и экспонируют в течение 7 часов.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Технологические мероприятия, как правило, не могут обеспечить санитарных норм по содержанию вредных веществ, поэтому в большинстве случаев необходима очистка отходящих газов от пыли и газообразных составляющих. Целью такой очистки является извлечение или нейтрализация вредных веществ, находящихся в газообразной, жидкой или твердой форме. Требования к очистке выбросов от пыли и газа предъявляются с учетом большого многообразия выбросов в атмосферу, их качественных и количественных особенностей, разной степени очистки. Соответственно разнообразны и методы очистки. Тем не менее, все методы могут быть условно разбиты на три группы.

К первой относятся физические методы очистки газов от жидких и твердых частиц с использованием сил, имеющих физическую природу (гравитационные, инерционные, центробежные, электростатические и другие силы).

Во второй группе для извлечения примесей из газовых потоков используются физико-химические методы. В зависимости от физико-химических свойств загрязняющих веществ и от условий, при которых осуществляется очистка, наиболее часто используются процессы: абсорбции, адсорбции, электрохимические методы.

К третьей группе относятся все методы очистки технологических газов, сопровождающиеся химическими реакциями: каталитические (обычно гетерогенные) химические реакции, методы окисления-восстановления.

3.1. Физические методы очистки газов

Как правило, пылеулавливающие аппараты условно делят на следующие группы:

1. *Сухие или механические пылеуловители*, в которых частицы пыли отделяются из газового потока при помощи механических сил. Чаще всего используются циклоны различных конструкций и инерционные пылеуловители (рисунок 15).

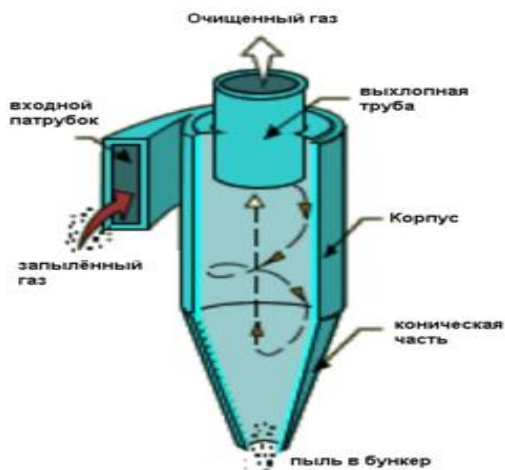


Рисунок 15 – Схема циклона для очистки технологических газов

Улавливание в циклонах происходит за счет центробежных сил, а в инерционных аппаратах за счет инерции частиц пыли при резком изменении направления газового потока. Эти аппараты могут быть использованы или самостоятельно, если частицы пыли достаточно крупные, или в качестве первой ступени очистки перед более эффективными аппаратами для снижения на них нагрузки.

2. *Аппараты мокрой очистки*, в которых производится промывка запыленного газа жидкостью (рисунок 16).

Для осуществления первого варианта мокрой очистки запыленный поток промывают диспергированной жидкостью. Во время промывки частицы пыли захватываются каплями жидкости и выводятся из газового потока.

В зависимости от режима температур, давлений и влажности газа в процессе промывки может происходить испарение капель или конденсация паров из газового потока, при этом частицы пыли являются ядрами конденсации. Этот эффект может значительно улучшить осаждение пыли.



Рисунок 16 – Форсуночный скруббер и скруббер Вентури

В зависимости от способа диспергирования жидкости мокрые пылеуловители делят на три группы:

1. Форсуночные скрубберы, в которых диспергирование жидкости осуществляется с помощью форсунок, за счет энергии насоса (рисунок 16);
2. Скрубберы Вентури, в которых дробление жидкости осуществляется за счет энергии турбулентного потока (рисунок 16);
3. Динамические газопромыватели, где разбрызгивание жидкости осуществляется за счет механической энергии вращающегося ротора (рисунок 17).

Аппараты мокрой очистки желателно применять на производствах, имеющих систему очистки воды, если же такой нет, то

лучше по возможности использовать аппараты сухой очистки; фильтры, которые задерживают пыль при прохождении через них очищаемого газа.

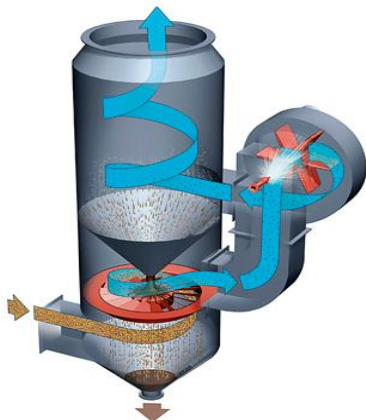


Рисунок 17 – Динамический газопромыватель

Фильтрация аэродисперсных систем через пористые перегородки является одним из наиболее совершенных способов выделения взвешенных твердых и жидких частиц из газового потока. Особенности этих аппаратов заключаются в следующем:

- более высокая степень очистки (свыше 99%) газов от взвешенных частиц любого размера по сравнению с другими аппаратами;
- универсальностью, т.е. способностью улавливать твердые частицы в сухом виде и жидкие частицы из туманов, возможностью работы при любых давлениях газов (выше или ниже атмосферного);
- меньшей зависимостью от изменения физико-химических свойств частиц пыли;
- простотой эксплуатации.

В пылеулавливании применяются *тканевые, волокнистые, зернистые и другие фильтры*. Осаждение происходит за счет непосредственного касания частиц пыли волокон (нитей) или зерен фильтрующей перегородки, действия сил инерции, диффузии и электростатического притяжения; электрофильтры, в которых отделение частиц пыли происходит под действием электрических сил (в коронном разряде). Запыленный газовый поток проходит через сильное электрическое поле, частицы пыли получают электрический заряд и ускорение, что заставляет их двигаться вдоль силовых линий поля с последующим осаждением на электродах. Электрофильтры для очистки газов от пыли работают обычно при постоянном напряжении, могут быть сухими и мокрыми, иметь одну зону, в которой происходит зарядка и осаждение частиц пыли, или несколько зон, где зарядка и осаждение осуществляются в разных зонах. Кроме того, электрофильтры бывают пластинчатые и трубчатые.

Эффективность работы электрофильтров достаточно велика и обеспечивает степень улавливания более 90%, причем эффективность улавливания частиц пыли размером 1 мкм достигает 88%. При высокой входной запыленности наблюдается явление «запирания короны» (повышение напряжения зажигания коронного разряда), поэтому перед электрофильтрами часто ставят более простые и дешевые аппараты очистки, чтобы запыленность на входе в электрофильтр не превышала 100–150 г/м³.

3.2. Физико-химические методы очистки газов

Газообразные загрязнители удаляют из промышленных выбросов при помощи физико-химических или химических методов. Существует пять основных методов удаления газообразных за-

грязнителей: абсорбция, адсорбция, конденсация, сжигание горючих загрязнителей и химическая обработка.

1 *Абсорбция*. Метод основан на подборе такой жидкости, при прохождении через которую вредная примесь переходит в жидкую фазу абсорбента, растворяясь в нем без химических взаимодействий и образования новых химических веществ – это *физическая абсорбция*. Например, физическая абсорбция применяется для очистки природных газов и газов при производстве водорода от сероводорода, диоксида углерода с использованием сульфолана, пропиленкарбоната. В тех случаях, когда абсорбенты вступают в химические реакции с очищаемым газом, например при очистке природных газов от сероводорода, диоксида углерода, диоксида серы с помощью водных растворов слабых оснований – аммиака, анилина, ксилидина, происходит процесс, называемый *химической абсорбцией*.

Абсорбция представляет собой процесс, включающий массоперенос между растворимым газообразным компонентом и жидким растворителем, осуществляемый в абсорбере. Движущей силой абсорбции является разность между парциальным давлением растворенного газа в газовой смеси и его равновесным давлением над пленкой жидкости, контактирующей с газом. Если значение движущей силы не является положительным числом, то абсорбции не происходит. Если это значение представляет отрицательную величину, то происходит *десорбция*, и количество загрязнителей в обрабатываемом газе может возрасти.

Абсорбция протекает на поверхности раздела фаз в аппаратах, называемых абсорберами, поэтому абсорберы должны иметь развитую поверхность соприкосновения между газом и жидкостью. По способу образования этой поверхности абсорберы можно условно разделить на поверхностные, распыливающие и барботажные.

Поверхностные абсорберы поглощают газ пленкой жидкости, образующейся на поверхностях, смачиваемых жидкостью и омываемых газом (рисунок 18). В таких абсорберах газ проходит над поверхностью неподвижной или медленно движущейся жидкости. Примером пленочного абсорбера может служить трубчатый абсорбер, в котором жидкость стекает сверху вниз по внутренней поверхности труб, омываемых поднимающимся снизу вверх газом.

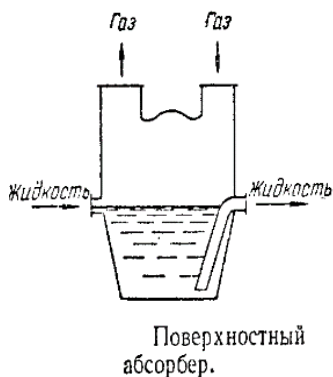


Рисунок 18 – Поверхностный абсорбер

В качестве *насадочных абсорберов* широкое распространение получили колонны, заполненные насадкой – твердыми телами различной формы (рисунок 19). В насадочной колонне насадка укладывается на опорные решетки, имеющие отверстия или щели для прохождения газа и стока жидкости. Жидкость в насадочной колонне течет по элементу насадки в виде тонкой пленки, но течение жидкости происходит только по элементу насадки, а не по всей высоте аппарата. При перетекании жидкости с одного элемента на другой пленка жидкости разрушается.

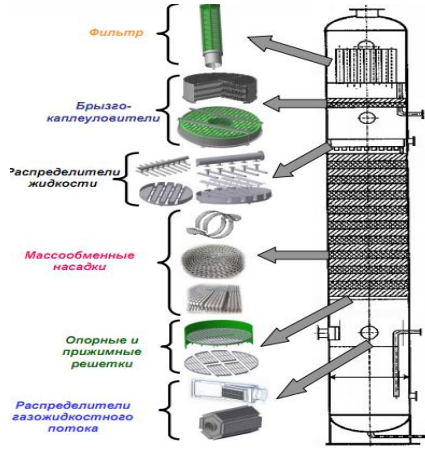


Рисунок 19 – Насадочные абсорберы

Барботажные абсорберы представляют собой обычно вертикальные колонны, внутри которых размещены горизонтальные перегородки – тарелки. С помощью тарелок осуществляется направленное движение фаз и многократное взаимодействие жидкости и газа (рисунок 20).

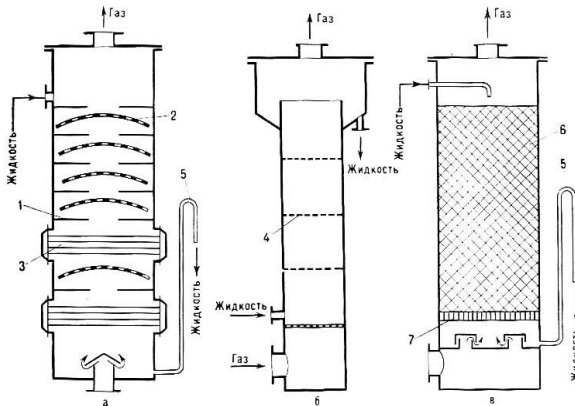


Рисунок 20 – Барботажные абсорберы

В *распыливающих абсорберах* контакт между фазами достигается путем распыливания или разбрызгивания жидкости в газовом потоке (рисунок 21).

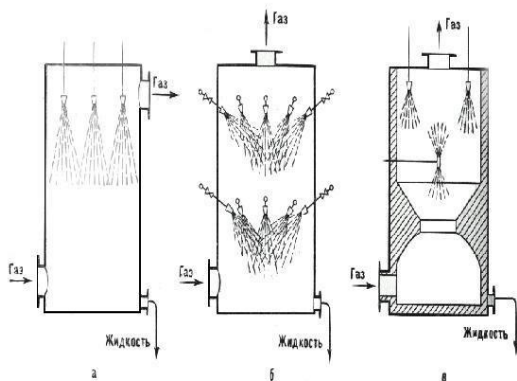


Рисунок 21 – Распыливающие абсорберы

2. *Адсорбция* – это диффузный процесс, в котором повышенная концентрация отделяемого газообразного вещества образуется на границе раздела фаз в результате связывания этих веществ на поверхности твердого или жидкого соединения. Если между молекулами адсорбированного вещества и адсорбента не происходит химических реакций, то подобный процесс относится к физической адсорбции, в отличие от *хемосорбции*, когда происходит перенос или объединение электронов адсорбента и адсорбата, как у химических соединений.

При физической адсорбции адсорбированное вещество можно полностью удалить при обратном процессе (десорбции), например, понизив давление или увеличив температуру, а хемосорбированное вещество вернуть в газовую фазу невозможно, т.к. процесс необратим. Поскольку процессы хемосорбции идут только в тонких поверхностных слоях адсорбента, то для повышения эффективности процесса активную поверхность хемосорбента увеличи-

вают за счет нанесения его тонкими слоями на поверхности инертного тонкодисперсного носителя.

В промышленности в качестве поглотителей чаще всего применяют активные угли и минеральные адсорбенты (силикагель, цеолиты и др.), а также синтетические ионообменные смолы (иониты).

Процессы адсорбции могут проводиться периодически (в аппаратах с неподвижным слоем адсорбента) и непрерывно в аппаратах с движущимся или кипящим слоем адсорбента (рисунок 22).

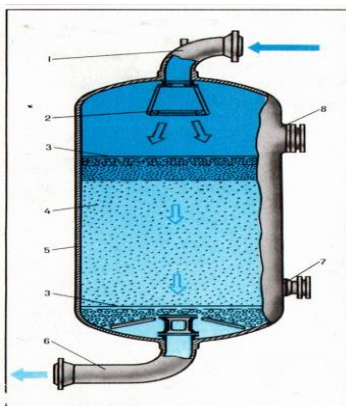


Рисунок 22 – Схема адсорбера с неподвижным слоем

3. *Конденсация* может быть применена для обработки систем, содержащих пары веществ при температурах, близких к их точке росы. Этот метод наиболее эффективен в случае углеводородов и других органических соединений, имеющих достаточно высокие температуры кипения при обычных условиях и присутствующих в газовой фазе в относительно высоких концентрациях. Для удаления загрязнителей, имеющих достаточно низкое давление пара при обычных температурах, можно использовать конденсаторы с водяным и воздушным охлаждением. Для очень летучих растворите-

лей возможна двух стадийная конденсация с использованием водяного охлаждения на первой стадии и низкотемпературного охлаждения – на второй. Замораживание до очень низких температур только с целью удаления загрязнителей редко является целесообразным; если в замораживании нет необходимости по каким-либо другим технологическим причинам. Максимальное снижение содержания инертных или неконденсирующихся газов в обрабатываемой смеси позволяет облегчить проведение процесса конденсации и повысить ее экономическую эффективность.

Конденсацию можно проводить при непосредственном контакте или косвенном охлаждении. В первом случае охлаждаемый пар непосредственно контактирует с охлажденной или замороженной жидкостью. При косвенном охлаждении используется поверхностный конденсатор с металлическими трубками. Трубки охлаждаются жидким хладореагентом с другой стороны стенки.

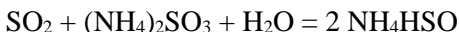
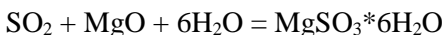
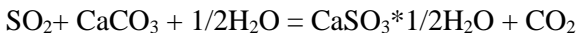
В случае неконденсирующихся газов перед охлаждением проводят их сжатие, что позволяет достичь эквивалентного парциального давления загрязняющего вещества при более высоких температурах.

3.3. Химические методы очистки отходящих газов

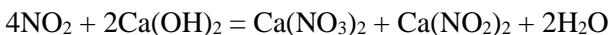
Устранение нежелательных компонентов в газах с использованием химических методов означает, что в основе процесса лежит химическая реакция, и ее роль является преобладающей по сравнению с процессами адсорбции, абсорбции, конденсации или сжигания. В большинстве случаев, однако, технология сочетает в себе несколько операций и достаточно сложно классифицировать метод очистки в соответствии с перечисленными физико-химическими методами. Рассмотрим химические методы на примере очистки газов от оксидов азота и серы.

Очистка газов от оксидов азота и серы.

Оксиды серы и азота, имеющие кислотный характер, нейтрализуются веществами основного характера. Для нейтрализации оксида серы используется известь, известняк, оксид магния и другие вещества:



Оксиды азота нейтрализуются содой, известью, аммиаком и другими веществами:



Наиболее часто для очистки от NO_x применяются два метода: некаталитическое гомогенное восстановление NO_x добавками аммиака и селективный гетерогенно-каталитический процесс восстановления оксидов азота в присутствии NH_3 .

Некаталитический процесс основан на восстановлении NO до N_2 и H_2O в присутствии кислорода и вводимого восстановителя – аммиака (NH_3) и предназначен для очистки отходящих газов систем сжигания от оксидов азота.

Метод селективного каталитического восстановления (СКВ) основан на реакции восстановления оксидов азота аммиаком на поверхности гетерогенного катализатора в присутствии кислорода. Термин селективный в данном случае отражает предпочтительное протекание каталитической реакции аммиака с оксидами азота по сравнению с кислородом. В то же время кислород является реагентом в каталитической реакции. Метод СКВ применим прежде всего к топочным газам в условиях полного сгорания – содержание

кислорода в них не более 1% и отходящий газ подвергается химической реакции в окислительных условиях.

Неселективное каталитическое восстановление (НСКВ). В данном методе восстанавливающий агент – аммиак заменяется другими восстановителями (H_2 , CO, углеводороды). Эти восстановители действуют неселективно, поскольку взаимодействуют с кислородом и SO_2 газового потока: это взаимодействие идет параллельно с целевой реакцией восстановления оксидов азота, что требует значительного избытка восстановителей.

Процесс с использованием $CuO/CuSO_4$. Метод обеспечивает одновременную очистку газов от NO_x и SO_x в присутствии катализатора – оксида меди (CuO), нанесенного на оксид алюминия. Топочный газ подается в реактор с параллельным расположением каналов для прохождения газового потока, заполненных катализатором.

Методы с добавлением извести: приготовление гранул из угольной крошки с добавлением извести для использования в колосниковых топках и добавление порошкообразной извести к угольной пыли для использования в топках с форсуночным распылением топлива.

Введение сухого сорбента позволяет снизить концентрацию диоксида серы на 50%. Сухой щелочной агент вдувается под давлением в магистраль отходящего топочного дыма, и прореагировавшие твердые продукты отделяются от потока. Для отделения используются тканевые фильтры.

Очистка газов дожиганием представляет собой метод очистки газов путем термического окисления углеводородных компонентов до CO_2 и H_2O . Это определение может быть полностью отнесено и к жидким отходам. В ходе процесса другие компоненты газовой смеси, например, галоген- и серосодержащие органические соединения, также претерпевают химические изменения и в

новой форме могут эффективно удаляться или извлекаться из газовых потоков. С точки зрения охраны окружающей среды очистка газов методом дожигания обеспечивает требуемую чистоту выбросов в атмосферу с минимальным содержанием непрореагировавших углеводородов, оксидов азота и серы, галогенов и других органических соединений.

Несмотря на все успехи, достигнутые в очистке отходящих газов, необходимо создание новых, более эффективных процессов улавливания вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу. Из виду не должны упускаться главные задачи: совершенствование методов рециркуляции, уменьшение отходов, создание на производстве замкнутых газооборотных циклов и т. д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Водный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 03 июня 2006 г. №74-ФЗ с изменениями на 2 июля 2021 года.
2. Другов, Ю.С. Пробоподготовка в экологическом анализе / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – Санкт-Петербург: «Анатолия», 2002. – 755 с.
3. Земельный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 25 октября 2001 г. №136-ФЗ ред. от 02.07.2021 г. с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021, с изм., внесенными Постановлением Конституционного Суда РФ от 05.03.2020 №11-П.
4. Калыгин, В.Г. Промышленная экология: учебное пособие / В.Г. Калыгин. – Москва: Издательский центр «Академия», 2004. – 432 с.
5. Коновалова, В.А. Нормирование качества окружающей среды: учебное пособие/ В.А. Коновалова. – Москва: РГУИ ТП, 2011. – 158 с.
6. Лесной кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 04 декабря 2006 г. №200-ФЗ с изменениями на 2 июля 2021 года) редакция, действующая с 1 сентября 2021 года.
7. О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами. Федеральный закон от 19.07.1997 г. №109-ФЗ О континентальном шельфе Российской Федерации. Федеральный закон от 30.11.1995 №187-ФЗ с изменениями на 28 июня 2021 года.
8. О введении в действие Водного кодекса Российской Федерации. Федеральный закон от 03 июня 2006 г. №73-ФЗ с изменениями на 11 июня 2021 года.
9. О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации. Федеральный закон от 25 октября 2001 г. №137-ФЗ с изменениями на 5 апреля 2021 года.

10. О внутренних морских водах, территориальном море и прилегающей зоне Российской Федерации. Федеральный закон от 31 июля 1998 г. №155-ФЗ с изменениями на 2 июля 2021 года.

11. О гидрометеорологической службе. Федеральный закон от 19.07.1998 г. №113-ФЗ с изменениями на 29 сентября 2021 года.

12. О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Федеральный закон от 16.07.1998 г. №101-ФЗ с изменениями на 31 июля 2020 года.

13. О животном мире. Федеральный закон от 24 апреля 1995 г. №52-ФЗ с изменениями на 11 июня 2021 года) (редакция, действующая с 1 августа 2021 года.

14. О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов. Федеральный закон от 20 декабря 2004 г. №166-ФЗ с изменениями на 2 июля 2021 года.

15. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения. Федеральный закон от 30 марта 1999 г. №52-ФЗ с изменениями на 2 июля 2021 года.

16. Об использовании атомной энергии. Федеральный закон от 21 ноября 1995 г. №170-ФЗ с изменениями на 30 апреля 2021 года.

17. Об особо охраняемых природных территориях. Федеральный закон от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ с изменениями на 11 июня 2021 года редакция, действующая с 1 сентября 2021 года.

18. Об осуществлении федерального государственного контроля (надзора) в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами в пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 28 июня 2021 года №1030.

19. Об отходах производства и потребления. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. №89-ФЗ с изменениями на 2 июля 2021 года.

20. Об охране атмосферного воздуха. Федеральный закон от 04 мая 1999 г. №96-ФЗ с изменениями на 11 июня 2021 года.

21. Об охране окружающей среды. Федеральный закон от 10 января 2002 г. №7-ФЗ ред. от 02.07.2021 г. с изм., внесенными Постановлением Конституционного Суда РФ от 05.03.2013 №5-П.

22. Об утверждении Положения о федеральном государственном контроле (надзоре) в области безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами. Постановление Правительства РФ от 30 июня 2021 года №1067.

23. Об экологической экспертизе. Федеральный закон от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ с изменениями на 2 июля 2021 года.

24. Семенова, И.В. Промышленная экология: учебное пособие / И.В. Семенова. – Москва: Издательский центр «Академия», 2009. – 528 с.

Учебное издание

*Колесниченко Ирина Николаевна,
Павлова Лариса Викторовна,
Муханова Ирина Михайловна*

**ПРАКТИКА ПРОБООТБОРА
И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**

Учебное пособие

Техническое редактирование А.В. Ярославцевой
Компьютерная вёрстка А.В. Ярославцевой

Подписано в печать 04.05.2022. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печ. л. 6,25.

Тираж 100 экз. (1-й з-д 1-25). Заказ № . Арт. – 9(P1Y)/2022.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
443086, САМАРА, МОСКОВСКОЕ ШОССЕ, 34.

Издательство Самарского университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.