

Министерство образования Республики Беларусь
Министерство образования и науки
Российской Федерации
Государственное учреждение
высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»

ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебно-методический комплекс
для студентов строительных специальностей



УДК 574.5;572.1
ББК 20.1
О 69

Рекомендовано к опубликованию Советом Белорусско-Российского
университета «31» января 2014 г., протокол № 5

Авторы:

А. В. Щур, С. Д. Макаревич, Т. Н. Агеева, А. Г. Поляков

Рецензенты:

д-р биол. наук, доц., проф. кафедры «Биология» Могилевского
государственного университета им. А. А. Кулешова *С. В. Лазаревич* ;
канд. с.-х. наук, директор Могилевского филиала Республиканского
научно-исследовательского унитарного предприятия
«Институт радиологии» *Т. П. Шатищева*

Издание осуществлено при поддержке программы TEMPUS



Отраслевая экология : учеб.-метод. комплекс для
студентов строительных специальностей / А. В. Щур [и др.]. –
Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – 113 с. : ил.
ISBN 978-985-492-166-2.

Учебно-методический комплекс содержит материалы из истории развития отраслевой экологии как науки. Представлены сведения о техногенезе, его влиянии на окружающую среду. Рассмотрены методы очистки выбросов в атмосферу и сбросов сточных вод в гидросферу, методы переработки промышленных и бытовых отходов. Включены лабораторные работы по дисциплине.

Предназначен для преподавателей, студентов строительных специальностей всех форм обучения и слушателей, обучающихся с использованием дистанционных образовательных технологий.

УДК 574.5;572.1
ББК 20.1

ISBN 978-985-492-166-2

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2014

1. ВВЕДЕНИЕ В ОТРАСЛЕВУЮ ЭКОЛОГИЮ

1.1. Цели и задачи отраслевой экологии. Взаимосвязь с другими отраслями экологии и науками

Главными задачами отраслевой экологии являются нахождение путей для рационального использования природных ресурсов, предотвращение их истощения, деградации и загрязнения окружающей среды, совмещение техногенного и биогеохимического круговоротов веществ.

Отраслевая экология – функциональная дисциплина, т. к., наряду с установлением структуры и законов развития эколого-экономических систем, предметом ее исследования выступает установление динамических связей внутри них, т. е. функционирование подобной системы как единого целого.

Методологической основой отраслевой экологии служит системный подход с учетом всего многообразия экономических, биологических, социальных, технологических и других связей, их разнообразия и соподчинения. Место экологии в ряду других экологических дисциплин представлено на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Взаимосвязь отдельных отраслей экологии и место отраслевой экологии в ряду экологических наук

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

Большинство специалистов считают, что наиболее полно содержание дисциплины отражено в работе «Промышленная экология» (1999) В. А. Зайцева, который считал, что отраслевая экология рассматривает (изучает) взаимосвязь (и взаимозависимость) материального, в первую очередь промышленного, производства, человека и других живых организмов и среды их обитания, т. е. предметом изучения промышленной экологии являются эколого-экономические системы.

1.2. Краткая история развития отраслевой экологии как науки

Интенсивное развитие хозяйственной деятельности людей, деградация естественных экосистем, аварии и катастрофы на промышленных объектах требуют нового подхода к организации и функционированию предприятий и экономической системы в целом. Надлежащий вклад в формирование и реализацию такого подхода должна внести отраслевая (промышленная) экология. Понятия «промышленная экология» и «отраслевая экология» появились в начале 80-х гг. XX в.

В современной биосфере одним из наиболее значимых факторов, определяющих ее состояние, стала деятельность человека. Возникающие в связи с этим проблемы выходят за рамки экологии как биологической науки, приобретают направленный социальный и политический характер.

Крупный российский ученый-теоретик Н. Ф. Реймерс (1931–1993) общую экологию представил как вершину естествознания – мегаэкологию, вокруг которой концентрируются другие научные дисциплины, связанные с актуальными проблемами цивилизации и угрозой экологического кризиса. Отраслевую экологию в 1990 г. он определил как дисциплину, рассматривающую воздействие отраслей промышленности – от отдельных предприятий до техносферы – на природу, и наоборот, – влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов. Это же определение использовано В. Г. Калыгиным (2000) и В. В. Денисовым (2007).

Другой российский ученый, Н. Н. Моисеев (1917–2000), специалист в области системного анализа, моделирования и прогнозирования считал, что дальнейшее развитие цивилизации должно происходить через коэволюцию (совместную эволюцию) человеческого общества и биосферы к ноосфере.

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

1.3. Современные технологии и их особенности. Безотходные и малоотходные технологии

Технологий существует, по крайней мере, столько же, сколько и различных видов созданных человеком продуктов (многие продукты могут производиться разными способами). Все это многообразие можно подразделить на три основных класса:

- 1) физико-механические;
- 2) химические;
- 3) биотехнологические.

При использовании физико-механических технологий исходный материал (сырье) в процессе получения продукта меняет форму или агрегатное состояние, но не изменяет своего химического состава (например, технология переработки древесины для производства деревянной мебели).

В процессе получения продукта с помощью химических технологий сырье претерпевает изменения в химическом составе (например, получение полиэтилена из природного газа).

Биотехнологические процессы занимают особое место в природоохранных технологиях, поскольку в основе своей являются экологически чистыми производствами (например, микробиологическая очистка сточных вод предприятий и почв от нефти и нефтепродуктов).

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

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

Малоотходная технология – это такой способ производства продукции, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает допустимого уровня, а количество отходов минимально.

Важнейшим условием существования малоотходного производства является обезвреживание отходов. Количественным критерием малоотходного производства служит коэффициент безотходности K_6 , который характеризует полноту использования материальных и энергетических ресурсов, а также интенсивность воздействия этого производства на окружающую среду:

$$K_6 = A \cdot K_M \cdot K_Э \cdot K_a,$$

где A – коэффициент пропорциональности; K_M – коэффициент полноты использования материальных ресурсов; $K_Э$ – коэффициент полноты использования энергетических ресурсов; K_a – коэффициент соответствия экологическим требованиям.

В зависимости от значения K_6 можно говорить о производстве малоотходном (75–90 %) и безотходном (91–98 %). В реальных условиях в Беларуси коэффициент безотходности производств гораздо ниже отмеченных значений. Так, для производств вискозного волокна и нитей этот коэффициент равен 27,9–49,7 %.

1.4. Экологические технологии

В настоящее время для характеристики производств используется понятие «**экологические технологии**». Существующие экологические технологии делятся на несколько групп:

- *обходные* – предполагают меры по предотвращению производства экологически опасных веществ или изменения человеческой деятельности таким образом, чтобы минимизировать ущерб для окружающей среды;

- *наблюдения и оценки* – предусматривают проектирование, разработку и применение контрольных приборов, имеющих соответствующую гарантию качества и способных точно определять степень риска для окружающей среды;

- *контрольные* – используются для обезвреживания опасных веществ до того, как они попадают в окружающую среду;

- *ремонтные и восстановительные* – предполагают обезвреживание опасных веществ после того, как они поступили в окружающую среду, или улучшение состояния нарушенных экосистем.

Важнейшим условием существования малоотходных производств является обезвреживание выбросов и сбросов, т. е. контрольные технологии.

2. ТЕХНОСФЕРА И ТЕХНОГЕНЕЗ

2.1. Среда жизни человека

Для обозначения совокупности экологических условий широко используются понятия «**окружающая среда**» и «**среда обитания**», но чаще всего при этом подразумевается **среда жизни человека**.

Окружающая человека среда, по Н. Ф. Реймерсу (1994), состоит из четырех взаимосвязанных компонентов-подсистем (рис. 2.1):

- 1) собственно природной среды;
- 2) порожденной агротехнической среды – «второй природы»;
- 3) искусственной среды – «третьей природы»;
- 4) социальной среды человека.



Рис. 2.1. Составные части среды жизни человека

Природная среда, окружающая человека, – это факторы чисто естественного или природно-антропогенного системного происхождения, прямо или косвенно, осознанно или неосознанно воздействующие на отдельного человека или человеческие коллективы, включая и все человечество. К этим факторам относят:

- энергетическое состояние среды (тепловое и волновое поля, включая магнитное и гравитационное);

- химический и динамический характер атмосферы, водный компонент (влажность воздуха и зеленой поверхности, химический состав вод; физика вод, само их наличие и соотношение с населенной сушей);

- физический, химический и механический характер поверхности земли, включая особенности геоморфологических структур (равнинность, холмистость, гористость и т. д.);

- облик и состав биологической части экологических систем (растительного, животного и микробного мира) и их ландшафтных сочетаний, в том числе сочетаний непахотных сельскохозяйственных и лесохозяйственных земель с естественными экосистемами;

- степень сбалансированности и стационарности компонентов, создающих климатические и пейзажные условия и обеспечивающих определенный ритм природных явлений, в том числе стихийно-разрушительного и иного характера, рассматриваемого как бедствие (землетрясения, наводнения, ураганы, природно-очаговые заболевания и т. д.);

- плотность населения и взаимовлияние самих людей;

- информационную составляющую всех перечисленных явлений.

Природная среда сохранилась там, где она была недоступна людям для успешного преобразования. Так, из общей площади суши (48 051 840 км²) около 1/3 не несет видимых следов пребывания человека (в Антарктиде до 100 %, Северной Америке 37,5 %, России и странах СНГ 33,6 %, Австралии и Океании 27,9 %, Африке 27,5 %, Южной Америке 20,8 %, Азии 13,6 %, в Европе 2,8 % суши).

В основном это суровые, мало пригодные для жизни земли с экстремальными для человека условиями существования.

Среда «второй природы», или квазиприродная среда, – это все модификации природной среды, искусственно преобразованные людьми и характеризующиеся отсутствием системного самоподдержания, т. е. постепенно разрушающиеся без постоянного регулирующего воздействия со стороны человека:

- пахотные земли, культурные ландшафты и т. д.;

- грунтовые дороги;

- внешнее пространство населенных мест с его природными физико-химическими характеристиками и внутренней структурой (разграничением заборами, различными постройками, изменяющими тепловой и ветровой режимы, зелеными полосами, прудами и т. п.);

– зеленые насаждения (бульвары, газоны, ландшафтные парки, лесопарки, сады, имитирующие природную среду).

Все эти образования имеют природное происхождение, представляют собой видоизмененную природную среду и не являются чисто искусственными, не существующими в природе.

Среда «третьей природы», или артеприродная среда, – это весь искусственный мир, созданный человеком, вещественно-энергетически не имеющий аналогов в естественной природе, системно чуждый ей и без непрерывного обновления немедленно начинающий разрушаться.

Сюда можно отнести:

- асфальт и бетон современных городов;
- внутреннее пространство мест жизни и работы человека, транспорта и предприятий, объектов обслуживания;
- технологическое оборудование;
- транспортные объекты, мебель и другие вещи, синтетику и т. д.

Современного человека в основном окружает артеприродная среда.

Природная и квазиприродная среды создают лишь фон и фундамент, на который накладывается весь комплекс антропогенных изменений.

В одних случаях квазиприродная и артеприродная среды смягчают воздействие природной среды (улучшают микроклимат), в других — заменяют своими элементами природную среду (информативность архитектуры, воздействие кондиционеров и т. д.), в-третьих, артеприродная среда оказывается резко ухудшенной в первую очередь по физико-химическим и информационным показателям (загрязнение всех видов, однообразие архитектуры и т. д.).

Сравнение «природного оптимума» с факторами воздействия на квазиприродную и артеприродную среды дает возможность определить направления управляющего воздействия на оптимизацию этих «природ».

Социальная среда – культурно-психологический климат, намеренно и/или непреднамеренно, сознательно и/или бессознательно создаваемый для личности, социальных групп и человечества в целом самими людьми и слагающийся из влияния людей как социально-биологических существ друг на друга в коллективах непосредственно и с помощью изобретенных ими средств материального, энергетического и информационного воздействия.

Социальная среда интегрируется с природной, квазиприродной и артеприродной средами в общую совокупность окружающей человека среды.

Все факторы каждой из рассматриваемых сред взаимосвязаны между собой и определяют качество среды жизни, субъективные и объективные ее стороны.

2.2. Рост народонаселения

Достижения в медицине, повышение комфортности деятельности и быта, интенсификация и рост продуктивности сельского хозяйства во многом способствовали увеличению продолжительности жизни человека и, как следствие, росту населения Земли.

Одновременно с ростом продолжительности жизни в ряде регионов мира (в странах Африки, Азии и Южной Америки) рождаемость продолжала оставаться на высоком уровне и составляла в некоторых из них до 40 человек на 1000 человек в год и более.

Более половины населения Земли проживает в Азии – около 58 %. Остальное население распределяется по ниспадающей: в Европе – свыше 17 %, в Африке – свыше 10 %, в Северной Америке – около 9 %, Южной Америке – около 6 %, в Австралии и Океании – 0,5 %. За последние 100 лет население неоднократно удваивалось (табл. 2.1).

Многочисленные попытки сократить рождаемость не удаются, в настоящее время наблюдается демографический взрыв.

Табл. 2.1 – Народонаселение Земли в XIX–XX вв.

Год	1840	1930	1962	1975	1987	1999
Численность населения, млрд чел.	1	2	3	4	5	6
Период прироста, лет / 1 млрд чел.	500 000	90	32	13	12	12

2.3. Прогнозы развития численности человечества. Урбанизация

Существует несколько прогнозов дальнейшего изменения численности населения Земли.

Так, при неустойчивом развитии (первый вариант прогнозов) к концу XXI в. возможен рост численности до 28–30 млрд человек. В этих условиях Земля уже не сможет (при современном состоянии технологий) обеспечивать население достаточным питанием и предметами первой необходимости. С определенного периода начнутся голод, массовые заболевания, деградация среды обитания и, как след-

стве, резкое уменьшение численности населения и разрушение человеческого сообщества. Уже в настоящее время в экологически неблагоприятных регионах наблюдается связь между ухудшением состояния среды обитания и сокращением продолжительности жизни, ростом детской смертности.

При устойчивом развитии (второй вариант прогнозов) численность населения необходимо стабилизировать на уровне 10 млрд человек, что при существующем уровне развития технологий жизнеобеспечения будет соответствовать удовлетворению жизненных потребностей человека и нормальному развитию общества.

Одновременно с демографическим взрывом идет процесс урбанизации населения планеты. *Урбанизация* – это исторический процесс повышения роли городов в жизни общества, связанный с концентрацией и интенсификацией несельскохозяйственных функций, распространением городского образа жизни, формированием специфических социально-пространственных форм расселения (рис. 2.2). К 1990 г. в США урбанизировано 70 % населения, в Российской Федерации к 1995 г. – 76 %.

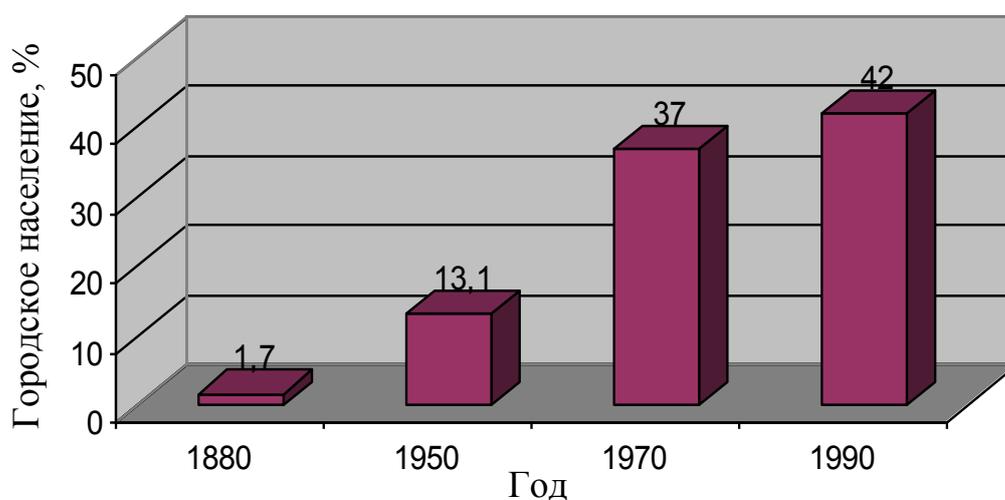


Рис. 2.2. Урбанизация в XIX–XX вв.

Процесс урбанизации имеет положительные последствия, т. к. способствует повышению производительной деятельности во многих сферах, одновременно решает социальные и культурно-просветительные проблемы общества.

Неоспоримы экономические и социальные преимущества городских форм расселения – значительный потенциал хозяйственного развития, более широкие по сравнению с другими формами поселений возможности приобщения к культурным ценностям, выбора образования, профессии.

Однако окружающая среда многих городов мира уже не в состоянии удовлетворить многие биологические и социальные требования современного человека.

Чрезмерная плотность населения порождает такие проблемы, как:

- загрязнение окружающей среды;
- шум;
- недостаток жилья, школ, больниц, транспорта, зеленых насаждений;
- безработица;
- отчужденность молодежи.

Социально-психологические последствия скученности:

- отчуждение;
- утрата социальной значимости личности;
- снижение ценности жизни;
- социальное безразличие и карьеризм (стремление обрести значимость любой ценой);
- саморазрушение (алкоголизм, наркомания и пр.);
- преступность.

2.4. Экологический кризис и экологическая революция

Между природой и обществом существуют сложные взаимодействия, обмен веществом и энергией.

Взаимоотношение общества и природы – воздействие человеческого общества (антропогенных факторов) на природу и природы (природных факторов) на здоровье и хозяйственную деятельность человека.

Воздействие человека на природу можно классифицировать как:

- разрушительное, стабилизирующее и конструктивное;
- прямое и косвенное;
- преднамеренное и непреднамеренное;
- длительное и кратковременное;
- статическое и динамическое;
- площадное и точечное;
- глубинное и приповерхностное;
- глобальное, региональное и локальное;
- механическое, физическое, химическое и биологическое.

Разрушительное (деструктивное) воздействие – человеческая деятельность, ведущая к утрате природной средой своих качеств.

Например, сведение тропических лесов под агроценозы, в результате чего нарушается биогеохимический круговорот веществ и почва за два-три года теряет свое плодородие.

Стабилизирующее воздействие – человеческая деятельность, направленная на замедление деструкции (разрушения) природной среды в результате как хозяйственной деятельности человека, так и природных процессов. Например, почвозащитные мероприятия, направленные на уменьшение эрозии почв.

Конструктивное воздействие – человеческая деятельность, направленная на восстановление природной среды, нарушенной в результате хозяйственной деятельности человека или природных процессов. Например, рекультивация ландшафтов, восстановление численности редких видов животных и растений и т. д.

Прямое (непосредственное) воздействие – изменение природы в результате прямого воздействия хозяйственной деятельности человека на природные объекты и явления.

Косвенное (опосредованное) воздействие – изменение природы в результате цепных реакций или вторичных явлений, связанных с хозяйственной деятельностью человека.

Непреднамеренное воздействие является неосознанным, когда человек не предполагает последствий своей деятельности.

Преднамеренное воздействие является осознанным, когда человек ожидает определенных результатов своей деятельности. Расширяющееся использование природных ресурсов вследствие роста населения и развития научно-технического прогресса приводит к их истощению и увеличению загрязнения природной среды отходами производства и отбросами потребления.

Ухудшение природной среды происходит по двум причинам:

- 1) из-за сокращения природных ресурсов;
- 2) из-за загрязнения природной среды.

Несбалансированные взаимоотношения общества и природы, т. е. нерациональное природопользование, часто приводят к экологическому кризису и даже экологической катастрофе.

Экологический кризис (чрезвычайная экологическая ситуация) – экологическое неблагополучие, характеризующееся устойчивыми отрицательными изменениями окружающей среды и представляющее угрозу для здоровья людей. Экологические кризисы, произошедшие в истории развития человечества, – это напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой, обусловленное несоответствием размеров производственно-хозяйственной деятельности человека ресурсно-экологическим возможностям биосферы (рис. 2.3).

Экологический кризис характеризуется не столько усилением воздействия человека на природу, сколько резким увеличением влияния измененной людьми природы на общественное развитие.

Экологическая катастрофа (экологическое бедствие) – экологическое неблагополучие, характеризующееся глубокими необратимыми изменениями окружающей среды и существенным ухудшением здоровья населения; природная аномалия, нередко возникающая на основе прямого или косвенного воздействия человеческой деятельности на природные процессы и ведущая к остро неблагоприятным экономическим последствиям или массовой гибели населения определенного региона.

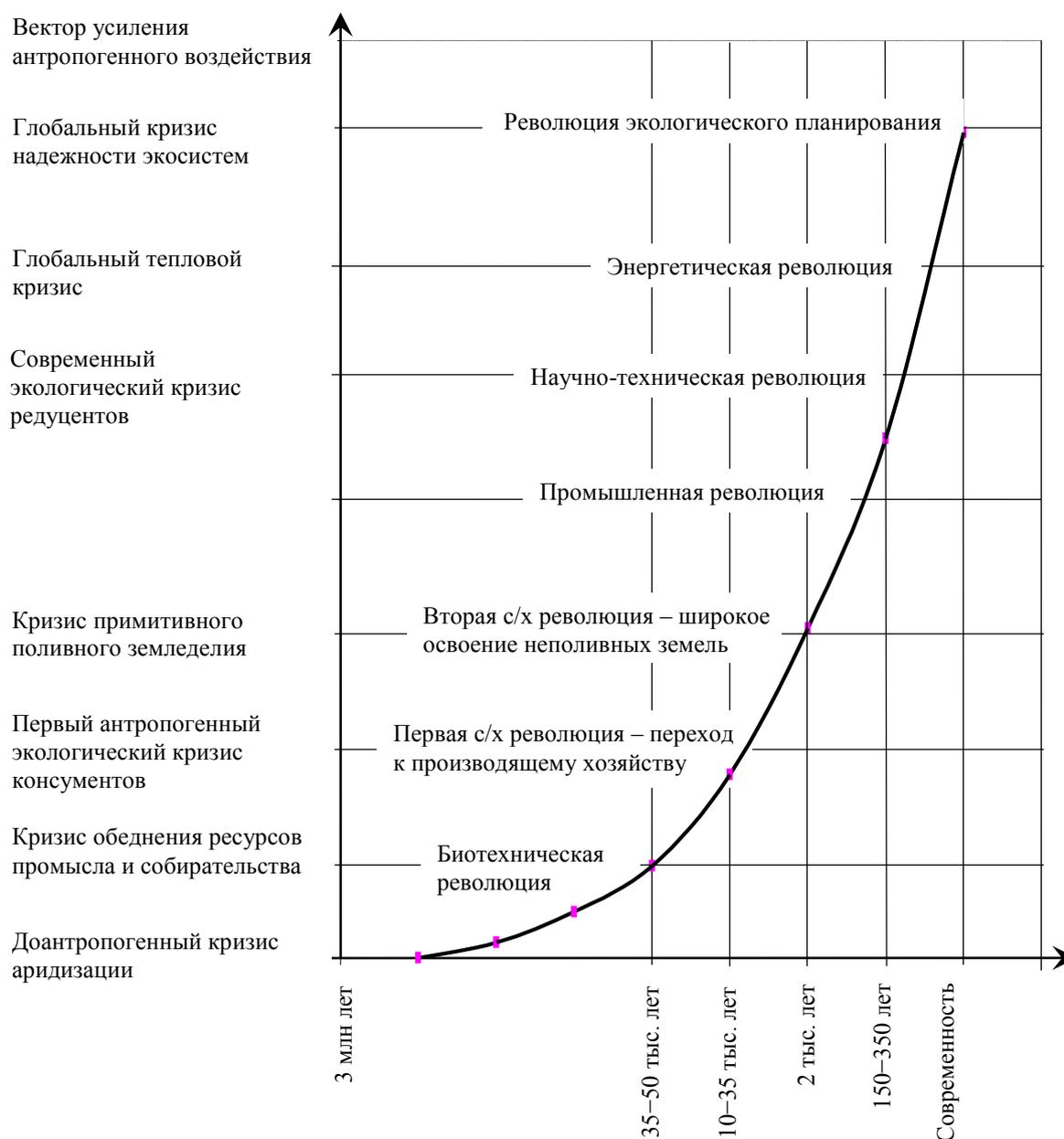


Рис. 2.3. Экологические кризисы в истории человечества

Принципиальным является следующее различие между экологическим кризисом и экологической катастрофой: *кризис – обратимое явление, в котором человек выступает активно действующей стороной; катастрофа – необратимое явление, в которой человек – пассивная, страдающая сторона.*

Экологический кризис и экологическая катастрофа в зависимости от масштаба могут быть:

- локальными;
- региональными;
- глобальными.

Важнейшие глобальные экологические проблемы, стоящие перед современным человеком:

- перенаселение;
- урбанизация;
- загрязнение окружающей среды;
- парниковый эффект;
- истощение «озонового слоя»;
- смог;
- кислотные дожди;
- деградация почв;
- обезлесивание;
- опустынивание;
- отходы;
- сокращение генофонда биосферы и др.

2.5. Техногенные системы и техносфера

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

Люди активно расширяют свою экологическую нишу, создавая **техносферу**, которая представляет собой совокупность искусственных объектов, созданных целенаправленной деятельностью человека, и природных объектов, измененных этой деятельностью.

Совокупность инженерно-технических процессов в земной коре, гидросфере, атмосфере и ближнем Космосе, научных и техниче-

ских достижений, позволяющих человеку использовать природные ресурсы, а также перестройка биосферы и создание техносферы, где господствует человечество как геологическая сила, т. е. все, что связано с производственной деятельностью человека, называют **техногенезом**.

Созданные в процессе техногенеза или возникшие как его побочный результат искусственные вещества, включая вышедшую из строя технику, оказывающие определенные воздействия на среду обитания организмов, называют **техногенной продукцией**.

Техногенная система – это сложная, искусственно созданная человеком в результате производственной деятельности система, которая находится в контакте с окружающей природной средой. В техногенных системах (в городах, на промышленных предприятиях) энергообмен резко отличается от процессов, протекающих в природе. Поток вещества и энергии через производственную систему почти не имеет обратной положительной связи.

Всё возрастающее потребление ресурсов и энергии ведет к деградации природных систем. Огромное количество отходов, поступающих в окружающую среду, является главной причиной ее загрязнения. Энтропия техногенных систем имеет тенденцию к неумолимому росту: возникают аварии, нарушаются связи управления, усиливается хаос. Для поддержания этих систем в рабочем состоянии требуются всё увеличивающиеся энергетические затраты. Рост производства, увеличение населения больших городов ведут к обострению экологической обстановки.

Основными причинами возникновения техногенных опасностей являются:

- нерациональное размещение потенциально опасных объектов производственного назначения, хозяйственной и социальной инфраструктуры;
- технологическая отсталость производства, низкие темпы внедрения ресурсоэнергосберегающих и других технически совершенных и безопасных технологий;
- износ средств производства, достигающий в ряде случаев предаварийного уровня;
- увеличение объемов транспортировки, хранения, использования опасных или вредных веществ и материалов;
- снижение профессионального уровня работников, культуры труда, уход квалифицированных специалистов из производства, проектно-конструкторской службы, прикладной науки;
- низкая ответственность должностных лиц, снижение уровня производственной и технологической дисциплины;
- недостаточность контроля за состоянием потенциально опасных объектов;

- ненадежность системы контроля за опасными или вредными факторами;
- снижение уровня техники безопасности на производстве, транспорте, в энергетике, сельском хозяйстве;
- отсутствие нормативно-правовой базы страхования техногенных рисков.

2.6. Основные источники загрязнения окружающей среды и технические меры защиты от загрязнений

Транспорт – один из важнейших элементов материально-технической базы общественного производства и необходимое условие функционирования современного индустриального общества, т. к. с его помощью осуществляется перемещение грузов и пассажиров. Различают гужевой, автомобильный, сельскохозяйственный, железнодорожный, водный, воздушный и трубопроводный транспорт.

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

- 1) транспортные коммуникации (автодороги, железные дороги, аэродромы, трубопроводы), влияющие на природную среду прямо, постоянно и длительно;
- 2) транспортные средства (автомобили, самолеты, суда), кратковременно влияющие на природную среду.

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

- оксид углерода и углеводороды (бензол, формальдегид, бенз(а)пирен) образуются при неполном сгорании топлива в условиях нехватки кислорода или слишком низких температурах горения, а также при испарении топлива;
- оксиды азота образуются при горении топлива. Их количество сильно возрастает при повышении температуры сгорания;
- сажа выбрасывается преимущественно дизельными, а также газотурбинными двигателями. Выброс зависит от типа двигателя, срока эксплуатации и регулировки системы впрыскивания топлива;
- диоксид серы образуется при работе дизельных двигателей, поскольку дизельное топливо содержит серу;
- свинец добавляется в бензин в качестве антидетонатора, в год один автомобиль выбрасывает около 1 кг свинца;

– при работе автомобиля в атмосферу поступает резиновая пыль, образующаяся при истирании покрышек.

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

Известно, что вдоль автотрасс, железных дорог и выходящих на поверхность нефтегазотрубопроводов почвенный покров загрязняется соединениями свинца, серы, нефтепродуктами и другими веществами.

Приземный слой воздуха вблизи автодорог загрязнен пылью, состоящей из частиц асфальта, резины, металла, свинца, и другими веществами, часть которых обладает канцерогенным и мутагенным действием.

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

Приоритетными направлениями снижения загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом являются:

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

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

В условиях города двигатель автомобиля работает 30 % времени на холостом ходу, 30–40 % – с постоянной нагрузкой, 20–25 % – в режиме разгона и 10–15 % – в режиме торможения. При этом на холостом ходу автомобиль выбрасывает 5–7 % оксида углерода к объему всего выхлопа, а в процессе движения с постоянной нагрузкой – только 1,0–2,5 %. Условия, приближенные к работе под высокой нагрузкой, могут быть созданы путем увеличения числа передач или более частого переключения передач на оптимальный режим с помощью компьютера. Другим вариантом решения является использование вариаторов. Для каждого вида двигателя внутреннего сгорания (ДВС)

при прочих равных условиях объем загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферу, пропорционален расходу топлива. Поэтому экономия топлива означает сокращение выброса токсичных примесей в атмосферу.

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

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

В качестве перспективных топлив могут быть использованы также аммиак и водород, причем водород особенно перспективен с экологической точки зрения, т. к. при его сгорании образуются преимущественно пары воды.

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

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

Санитарно-технические мероприятия связаны с рециркуляцией и нейтрализацией отработавших газов.

К **административным** относятся установление нормативов качества топлива и допускаемых региональных выбросов, вывод из города транзитного транспорта, складских баз и терминалов, выделение полос движения общественного транспорта и скоростных дорог безостановочного движения, разработка альтернативных видов автотранспорта.

В городских условиях весьма перспективным считается использование полуавтономных троллейбусов. Такой троллейбус оснащен аккумуляторами, позволяющими преодолеть до 10 км автономно.

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

Идеальный автомобиль для города – электромобиль. Он приводится в движение электродвигателем, который, в свою очередь, получает энергию от аккумуляторных батарей.

Электромобиль почти не дает выбросов вредных веществ, у него большой крутящий момент на малых скоростях вращения, кроме того, он предпочтительнее с точки зрения удельной мощности и более компактен, требует меньше регулировок, не потребляет много масла, его система охлаждения проще, а топливная – вообще отсутствует. Кроме того, такой автомобиль излучает значительно меньше шума, чем автомобили с дизельным или бензиновым приводом. Шведские автостроители разработали гибридную модель автомобиля, у него два двигателя – электрический, питаемый от аккумулятора, и газотурбинный, потребляющий дизельное топливо.

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

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

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

Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Существуют два способа получения целлюлозы (основы для производства бумаги) – сульфитный и сульфатный. При сульфитном

загрязняются преимущественно водные источники, при сульфатном – воздушный бассейн.

Характерными загрязняющими веществами, производимыми этими предприятиями, являются твердые вещества, оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, толуол, сероводород, ацетон, ксилол, бутилацетат, этилацетат, метилмеркаптан, формальдегид. Сточные воды при сульфитной технологии различаются по типу основных загрязняющих веществ, образуя коро-, волокно-, каолино-, щелоко- и хлорсодержащие стоки. Такие воды, попадая в водоемы, приводят к накоплению токсичных илов, к повышению биологической потребности в кислороде, резкому ухудшению качества воды, гибели ценных пород рыб.

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

3. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ И СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД В ГИДРОСФЕРУ

3.1. Методы очистки выбросов в атмосферу

Промышленная очистка – это очистка газа с целью последующей утилизации или возврата в производство отделенного от газа или превращенного в безвредное состояние продукта.

Промышленная очистка является необходимой стадией технологического процесса. В качестве пыле- и газоулавливающего оборудования могут использоваться циклоны, пылеосадительные камеры, фильтры, адсорберы, скрубберы и т. д.

Санитарная очистка – это очистка газа от остаточного содержания загрязняющего вещества (ЗВ), при которой обеспечивается соблюдение установленных для данного газа ПДК в воздухе населенных мест или производственных помещений.

Санитарная очистка производится при поступлении отходящих газов в атмосферный воздух. Выбор метода очистки зависит от конкретных условий производства и определяется рядом факторов: объема и температуры газов, их агрегатным состоянием, концентрацией и т. д.

Кроме очистки, производится обезвреживание, обеззараживание и дезодорация выбросов.

Очистка – это удаление (выделение, улавливание) примесей из различных сред.

Обезвреживание – это обработка примесей до безвредного уровня для людей, животных, растений и в целом для состояния окружающей среды.

Обеззараживание – инактивация (дезактивация) микроорганизмов различных видов, находящихся в газовой воздушных выбросах, жидких и твердых средах.

Дезодорация – обработка веществ, обладающих запахом и содержащихся в воздухе, воде или твердых средах, с целью устранения или снижения интенсивности запахов.

Очистка газовой воздушных выбросов производится либо абсорбцией, либо адсорбцией.

Абсорбция – это процесс поглощения газов или паров из газовой воздушных смесей жидкими поглотителями (абсорбентами). Процесс абсорбции является избирательным и обратимым. Избирательность абсорбции заключается в поглощении конкретного ЗВ из смеси абсорбентом определенного типа. Обратимость абсорбции заключается в

том, что поглощенное вещество может быть снова извлечено, а абсорбент – использован в процессе очистки.

Схема абсорбционного процесса состоит в следующем: газовая смесь поступает в абсорбер, где поглощается ЗВ. Очищенный воздух удаляется, а поглотитель поступает в десорбер, где извлекается ЗВ, а абсорбент после охлаждения снова идет в абсорбер.

Выбор абсорбента зависит от извлекаемого вещества. Например, для удаления CO используют медно-аммиачные растворы; от SO₂ – аммиачные, известковые и марганцевые; от H₂S – карбонаты натрия, калия или аммиак.

Адсорбция – это процесс поглощения примесей из газовой смеси при помощи твердых веществ (адсорбентов).

В качестве адсорбентов применяют в основном активные угли, силикагели, цеолиты. Активные угли изготавливают из каменного угля, торфа, древесины и т. д.; по внешнему виду – это зерна или порошок. Силикагели – это минеральные адсорбенты с регулярной структурой пор; по внешнему виду – стекловидные или матовые зерна. Силикагели способны поглощать полярные вещества, например, метанол. Разновидностью силикагелей являются алюмогели, представляющие собой активный оксид алюминия. Цеолиты – это синтетические алюмосиликатные кристаллические вещества, обладающие большой поглотительной способностью. Они поглощают сероводород, сероуглерод, аммиак, этан, этилен, метан, оксид углерода и др.

Если концентрация примесей в газовой смеси выбросах незначительна, то улавливание экономически и технически нецелесообразно. В этих случаях используются различные способы *обезвреживания*.

Рассмотрим основные методы обезвреживания.

Каталитические методы основаны на каталитических реакциях, в результате которых вредные примеси превращаются или в безвредные соединения, или же в соединения, легко удаляющиеся из среды. В качестве катализаторов используются платина, палладий, никель, хром, медь, железо. Каталитические методы не получили широкого распространения: они дороги, срок службы катализаторов мал, чувствительны к пыли, недопустимы перепады температуры.

Термический метод – окисление органических веществ кислородом воздуха при высокой температуре до нетоксичных соединений. Этот метод является очень энергозатратным, т. к. дожиг происходит при температуре 800–1200 °С. Но очистные установки имеют небольшие габариты, просты в обслуживании, высокоэффективны, что определяет широкое их распространение.

Термокаталитический метод – нейтрализация вредных веществ в установках сжигания при наличии катализаторов (инициаторов окисления), что позволяет снизить температуру дожига до 300–400 °С.

Для дезодорации и обеззараживания газоздушных выбросов применяются все вышеперечисленные методы термического и термокаталитического дожига, абсорбции, адсорбции и их различные сочетания.

Дезодорация осуществляется чаще всего в том случае, когда концентрация ЗВ ниже ПДК (нормативно-чистая смесь), но имеет запах.

Абсорбционно-окислительные методы основаны на поглощении газов водой или другими поглотителями с применением окислителей (перманганата калия, оксида водорода, озона и др.). Эти методы очистки широко распространены на предприятиях химической промышленности. Недостатки методов – высокая стоимость окислителя, необходимость доочистки для удаления оксида марганца. Из всех абсорбционно-окислительных методов самым эффективным является озонирование. К преимуществам озонирования относятся: высокая окислительная способность по отношению к спиртам, нефтепродуктам, фенолам и другим сложным соединениям, доступность сырья, технологическая гибкость очистки.

Каталитические методы очистки газов основаны на реакциях в присутствии твердых катализаторов, т. е. на закономерностях гетерогенного катализа. В результате каталитических реакций примеси, находящиеся в газе, превращаются в другие соединения, т. е., в отличие от рассмотренных методов, примеси не извлекаются из газа, а трансформируются в безвредные соединения, присутствие которых допустимо в выхлопном газе, или в соединения, легко удаляемые из газового потока. Если образовавшиеся вещества подлежат удалению, то требуются дополнительные операции (например, извлечение жидкими или твердыми сорбентами).

Трудно провести границу между адсорбционными и каталитическими методами газоочистки, т. к. такие традиционные адсорбенты, как активированный уголь, цеолиты, служат активными катализаторами для многих химических реакций. Очистку газов на адсорбенто-катализаторах называют адсорбционно-каталитической. Этот прием очистки выхлопных газов весьма перспективен ввиду высокой эффективности очистки от примесей и возможности очищать большие объемы газов, содержащих малые доли примесей (например, 0,1–0,2 в объемных долях SO₂). Но методы утилизации соединений, полученных при катализе, не такие, как в адсорбционных процессах.

Озонные методы применяют для обезвреживания дымовых газов от SO_2 (NO_x) и дезодорации газовых выбросов промышленных предприятий. Введение озона ускоряет реакции окисления NO до NO_2 и SO_2 до SO_3 . После образования NO_2 и SO_3 в дымовые газы вводят аммиак и выделяют смесь образовавшихся комплексных удобрений (сульфата и нитрата аммония). Время контакта газа с озоном, необходимое для очистки от SO_2 (80–90 %) и NO_x (70–80 %), составляет 0,4–0,9 с. Энергозатраты на очистку газов озонным методом оценивают в 4–4,5 % от эквивалентной мощности энергоблока, что является, по-видимому, основной причиной, сдерживающей применение данного метода в промышленности.

Использование озона для дезодорации газовых выбросов основано на окислительном разложении неприятно пахнущих веществ. В одной группе методов озон вводят непосредственно в очищаемые газы, в другой – газы промывают предварительно озонированной водой. Применяют также последующее пропускание озонированного газа через слой активированного угля или подачу его на катализатор. При вводе озона и последующем пропускании газа через катализатор температура превращения таких веществ, как амины, ацетальдегид, сероводород и др., понижается до 60–80 °С. В качестве катализатора используют как $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$, так и оксиды меди, кобальта, железа на носителе. Основное применение озонные методы дезодорации находят при очистке газов, которые выделяются при переработке сырья животного происхождения на мясо-, жиροкомбинатах и в быту.

Биохимические методы очистки основаны на способности микроорганизмов разрушать и преобразовывать различные соединения. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами в среде очищаемых газов. При частом изменении состава газа микроорганизмы не успевают адаптироваться к выработке новых ферментов, и степень разрушения вредных примесей становится неполной. Поэтому биохимические системы более всего пригодны для очистки газов постоянного состава.

Биохимическую газоочистку проводят или в биофильтрах, или в биоскрубберах. В биофильтрах очищаемый газ пропускают через слой насадки, орошаемый водой, которая создает влажность, достаточную для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов. Поверхность насадки покрыта биологически активной биопленкой (БП) из микроорганизмов.

Микроорганизмы БП в процессе своей жизнедеятельности поглощают и разрушают содержащиеся в газовой среде вещества, в результате чего происходит рост их массы. Эффективность очистки в значительной мере определяется массопереносом из газовой фазы в БП и равномерным распределением газа в слое насадки. Такого рода

фильтры используют, например, для дезодорации воздуха. В этом случае очищаемый газовый поток фильтруется в условиях прямотока с орошаемой жидкостью, содержащей питательные вещества. После фильтра жидкость поступает в отстойники и далее вновь подается на орошение.

В настоящее время биофильтры используют для очистки отходящих газов от аммиака, фенола, крезола, формальдегида, органических растворителей покрасочных и сушильных линий, сероводорода, метилмеркаптана и других сероорганических соединений.

К недостаткам биохимических методов следует отнести:

- низкую скорость биохимических реакций (увеличивает габариты оборудования);
- специфичность (высокую избирательность) штаммов микроорганизмов (затрудняет переработку многокомпонентных смесей);
- трудоемкость переработки смесей переменного состава.

Плазмохимический метод основан на пропускании через высоковольтный разряд воздушной смеси с вредными примесями. Используют, как правило, озонаторы на основе барьерных, коронных или скользящих разрядов либо импульсные высокочастотные разряды на электрофильтрах. Проходящий низкотемпературную плазму воздух с примесями подвергается бомбардировке электронами и ионами. В результате в газовой среде образуются атомарный кислород, озон, гидроксильные группы, возбужденные молекулы и атомы, которые участвуют в плазмохимических реакциях с вредными примесями. Применение данного метода направлено в основном на удаление SO_2 , NO_x и органических соединений. Использование аммиака при нейтрализации SO_2 и NO_x дает на выходе из реактора порошкообразные удобрения $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NH_4NH_3 , которые фильтруются.

Недостатками данного метода являются:

- неполное разложение вредных веществ до воды и углекислого газа в случае окисления органических компонентов при приемлемых энергиях разряда;
- наличие остаточного озона, который необходимо разлагать термически или каталитически;
- существенная зависимость от концентрации пыли при использовании озонаторов с барьерным разрядом.

Плазмокаталитический метод. Это новый метод очистки, основанный на двух известных методах – плазмохимическом и каталитическом. Установки, позволяющие реализовать метод, состоят из двух ступеней: плазмохимического реактора (озонатора) и каталитического реактора. Газообразные загрязнители, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с про-

дуктами электросинтеза, разрушаются и переходят в безвредные соединения, вплоть до CO_2 и H_2O . Глубина конверсии (очистки) зависит от величины удельной энергии, выделяющейся в зоне реакции. После плазмохимического реактора воздух подвергается финишной тонкой очистке в каталитическом реакторе. Синтезируемый в газовом разряде плазмохимического реактора озон попадает на катализатор, где сразу распадается на активный атомарный и молекулярный кислород. Остатки загрязняющих веществ (активные радикалы, возбужденные атомы и молекулы), не уничтоженные в плазмохимическом реакторе, разрушаются на катализаторе благодаря глубокому окислению кислородом.

Преимуществом этого метода является использование каталитических реакций при температурах, более низких (40–100 °С), чем при термокаталитическом методе, что приводит к увеличению срока службы катализаторов, а также к меньшим энергозатратам (при концентрациях вредных веществ до 0,5 г/м³).

Недостатки данного метода:

- большая зависимость от концентрации пыли, необходимость предварительной очистки до концентрации 3–5 мг/м³;
- при больших концентрациях вредных веществ (свыше 1 г/м³) стоимость оборудования и эксплуатационные расходы превышают соответствующие затраты в сравнении с затратами при термокаталитическом методе.

Фотокаталитический метод. В настоящее время широко изучается и развивается фотокаталитический метод окисления органических соединений. При этом чаще всего используются катализаторы на основе TiO_2 , которые облучаются ультрафиолетом. Известны бытовые очистители воздуха японской фирмы «Дайкин», использующие этот метод. Недостатком метода является засорение катализатора продуктами реакции. Для устранения этого используют введение в очищаемую смесь озона, однако данная технология применима для ограниченного состава органических соединений и при небольших их концентрациях.

Биосорбционная дезодорация – сочетание адсорбции и биохимического окисления микроорганизмами. В качестве сорбентов используют торф, древесные опилки, песок, камни, активированный уголь и т. д. Выбор микроорганизмов зависит от состава очищаемого газа. Этот вид дезодорации осуществляется в биофильтрах. Метод имеет целый ряд преимуществ, таких как универсальность, незначительные затраты, высокая эффективность очистки.

Комбинированные методы – это сочетание абсорбционно-окислительных методов и методов ультрафиолетового облучения или сочетания нескольких методов окисления.

Классификация газоочистного и пылеулавливающего оборудования

Установки очистки газа по ГОСТ 17.2.1.04-77 – это комплекс сооружений, оборудования и аппаратуры, предназначенный для отделения от поступающих из промышленного источника газов или для обезвреживания веществ, загрязняющих атмосферу. В зависимости от агрегатного состояния улавливаемого или обезвреживаемого вещества установки подразделяются на газоочистные и пылеулавливающие.

Аппарат очистки газа – элемент установки, в котором непосредственно осуществляется избирательный процесс улавливания или обезвреживания веществ, загрязняющих атмосферу. В зависимости от метода очистки газоочистные аппараты подразделяют на семь групп.

Первая группа (С) – сухие механические пылеуловители (гравитационные, сухие инерционные и ротационные).

Вторая группа (М) – мокрые пылеуловители (инерционные, конденсационные), скрубберы (механические, ударно-инерционные, полые, насадочные, центробежные, Вентури).

Третья группа (Ф) – промышленные фильтры (рукавные, волокнистые, карманные, зернистые), с регенерацией (импульсной обратной промывкой ультразвуком), с механическим и вибровстряхиванием.

Четвертая группа (Э) – электрические пылеуловители (сухие и мокрые электрофильтры).

Пятая группа (Х) – аппараты сорбционные (химической) очистки газа от газообразных примесей (адсорберы, абсорберы).

Шестая группа (Т) – аппараты термической и термокаталитической очистки газов от газообразных примесей (печи сжигания, каталитические реакторы).

Седьмая группа (Д) – аппараты других методов очистки.

Работа газоочистных установок в промышленных условиях характеризуется *степенью очистки*, которая определяется по одному из следующих соотношений:

$$Г = M_2 / M_1 = (M_1 - M_3) / M_1 = M_2 / (M_2 + M_3) = (C_{вх} \cdot Q_1 - C_{вых} \cdot Q_2) / C_{вх} \cdot Q_1,$$

где M_1 , M_2 , M_3 – масса примесей, содержащихся в газе до поступления в аппарат, уловленных в аппарате и содержащихся в очищенном потоке соответственно, кг; $C_{вх}$, $C_{вых}$ – средние концентрации примесей в отходящих газах до и после очистки соответственно, г/м³; Q_1 , Q_2 – объемные расходы отходящих газов до и после очистки, приведенные к нормальным условиям.

Иногда эффективность работы газоочистного оборудования вычисляют по упрощенной формуле

$$\Gamma = 1 - (C_{\text{вых}} / C_{\text{вх}}),$$

но только в случае одинаковых газовых потоков – до и после очистки. Кроме того, газоочистное оборудование характеризуется величиной аэродинамического сопротивления, технологическими условиями очистки (температура, влажность газового потока, дисперсность и плотность пыли, способность ее к коагуляции и гидратации, заряд частиц пыли, физико-химические свойства примесей, пожаро- и взрывоопасность, объемный расход очищаемого газа), металло- и энергоемкостью, расходом орошающей жидкости, себестоимостью очистки 100 м³ газа.

Основные требования к эксплуатации газоочистного оборудования состоят в следующем:

- надежная и бесперебойная работа на проектных показателях;
- все установки очистки газа должны быть зарегистрированы в органах Минприроды РБ, иметь паспорт, журнал учета работы и неисправностей;
- установки должны подвергаться проверке на эффективность периодически (не реже 1 раза в год) с оформлением соответствующего акта.

Установки, предназначенные для очистки выбросов с токсичными примесями, проверяют на эффективность не реже 2-х раз в год, а также при переходе установки на новый режим работы (постоянный), при работе на измененном режиме более 3-х месяцев, после капремонта или реконструкции установки, после строительства.

В соответствии с ГОСТ 12.2.043-80 *пылеулавливающее оборудование* в зависимости от способа отделения пыли от газовоздушного потока делится на *сухое*, когда частицы пыли осаждаются на сухую поверхность, и *мокрое*, когда отделение частиц пыли производится с использованием жидкостей.

Устройства для очистки технологических выбросов в атмосферу от аэрозолей

Сухие пылеуловители (циклоны). Сухие пылеуловители предназначены для грубой механической очистки от крупной и тяжелой пыли. Принцип работы – оседание частиц под действием центробежной силы и силы тяжести. Широкое распространение получили циклоны различных видов: одиночные, групповые, батарейные.

На схеме (рис. 3.1) изображена упрощенная конструкция одиночного циклона. Пылегазовый поток вводится в циклон через вход-

ной патрубком 2, закручивается и совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса 1. Частицы пыли отбрасываются под действием центробежных сил к стенке корпуса, а затем под действием силы тяжести собираются в пылевой бункер 4, откуда периодически удаляются. Газ, освободившись от пыли, разворачивается на 180° и выходит из циклона через трубу 3.

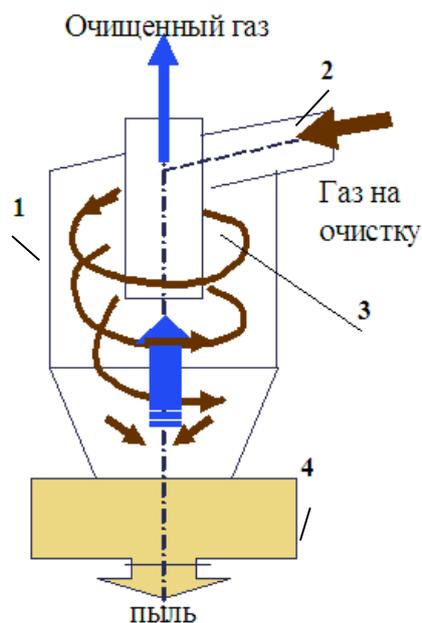


Рис. 3.1. Схема одиночного пылеуловителя (циклона)

Циклоны наиболее часто применяют в промышленности для осаждения твердых аэрозолей. Газовый поток подается в цилиндрическую часть циклона тангенциально, описывает спираль по направлению ко дну конической части и затем устремляется вверх через турбулизованное ядро потока у оси циклона на выход. Циклоны характеризуются высокой производительностью по газу, простотой устройства, надежностью в работе. Степень очистки от пыли зависит от размеров частиц. Для циклонов высокой производительности, в частности батарейных циклонов (производительностью более 20000 м³/ч), степень очистки составляет около 90 % при диаметре частиц $d > 30$ мкм.

Для частиц с $d = 5,30$ мкм степень очистки снижается до 80 %, а при $d = 2,5$ мкм она составляет менее 40 %. Диаметр частиц, улавливаемых циклоном на 50 %, можно определить по эмпирической формуле

$$d = \sqrt{\frac{9 \cdot \mu \cdot D_{\text{Ц}}}{2 \cdot \pi \cdot N_{\text{ОБ}} \cdot \omega_r \cdot (\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{г}})}},$$

где μ – вязкость газа, Па·с; $D_{\text{Ц}}$ – диаметр выходного патрубка циклонов, м; $N_{\text{ОБ}}$ – эффективное число оборотов газа в циклоне; $\omega_{\text{Г}}$ – средняя входная скорость газа, м/с; $\rho_{\text{ч}}$, $\rho_{\text{Г}}$ – плотность частиц и газа соответственно, кг/м³.

Гидравлическое сопротивление высокопроизводительных циклонов составляет около 1080 Па. Циклоны широко применяют при грубой и средней очистке газа от аэрозолей. Другим типом центробежного пылеуловителя служит ротоклон, состоящий из ротора и вентилятора, помещенного в осадительный кожух. Лопастей вентилятора, вращаясь, направляют пыль в канал, который ведет в приемник пыли.

Мокрые пылеуловители (скрубберы). Мокрые пылеуловители (рис. 3.2) характеризуются высокой эффективностью очистки от мелкодисперсной пыли размером до 2 мкм, работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель под действием сил инерции или броуновского движения.

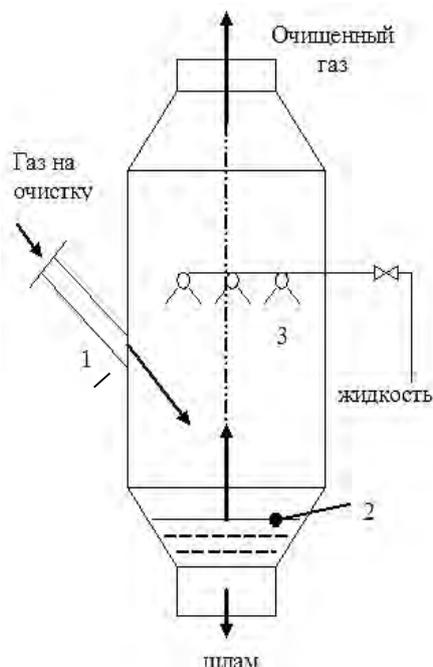


Рис. 3.2. Схема скруббера

Запыленный газовый поток по патрубку 1 направляется на зеркало жидкости 2, на котором осаждаются наиболее крупные частицы пыли. Затем газ поднимается навстречу потоку капель жидкости, подаваемой через форсунки, где происходит очистка от мелких частиц пыли.

Мокрая очистка газов от аэрозолей основана на промывке газа жидкостью (обычной водой) при возможно более развитой поверхно-

сти контакта жидкости с частицами аэрозоля и возможно более интенсивном перемешивании очищаемого газа с жидкостью. Этот универсальный метод очистки газов от частиц пыли, дыма и тумана любых размеров является наиболее распространенным приемом заключительной стадии механической очистки, в особенности для газов, подлежащих охлаждению. В аппаратах мокрой очистки применяют различные приемы развития поверхности соприкосновения жидкости и газа.

Башни с насадкой (насадочные скрубберы) отличаются простой конструкции и эксплуатации, устойчивостью в работе, малым гидравлическим сопротивлением ($DP = 300-800$ Па) и сравнительно малым расходом энергии. В насадочном скруббере возможна очистка газов с начальной запыленностью до $5-6$ г/м³. Эффективность одной ступени очистки для пыли диаметром $d > 5$ мкм не превышает $70-80$ %. Насадка быстро забивается пылью, особенно при высокой начальной запыленности.

Орошаемые циклоны (центробежные скрубберы) применяют для очистки больших объемов газа. Они имеют сравнительно небольшое гидравлическое сопротивление ($400-850$ Па). Для частиц размером $2-5$ мкм степень очистки составляет ~ 50 %. Центробежные скрубберы высокопроизводительны благодаря большой скорости газа; во входном патрубке $\omega_r = 18,20$ м/с, а в сечении скруббера $\omega_r = 4,5$ м/с.

Пенные аппараты применяют для очистки газа от аэрозолей полидисперсного состава. Интенсивный пенный режим создается на полках аппарата при линейной скорости газа в его полном сечении $1-4$ м/с. Пенные газоочистители обладают высокой производительностью по газу и сравнительно небольшим гидравлическим сопротивлением (DP одной полки около 600 Па). Для частиц диаметром $d > 5$ мкм эффективность улавливания на одной полке аппарата $90-99$ %; при $d < 5$ мкм $h = 75-90$ %. Для повышения h устанавливают двух- и трехполочные аппараты.

Скрубберы Вентури (рис. 3.3) – высокоинтенсивные газоочистительные аппараты, но работающие с большим расходом энергии. Скорость газа в сужении трубы (горловине скруббера) составляет $100-200$ м/с, а в некоторых установках – до 1200 м/с. При такой скорости очищаемый газ разбивает на мельчайшие капли завесу жидкости, впрыскиваемой по периметру трубы. Это приводит к интенсивному столкновению частиц аэрозоля с каплями и улавливанию частиц под действием сил инерции. Скруббер Вентури – универсальный малогабаритный аппарат, обеспечивающий улавливание тумана на $99-100$ %, частиц пыли $d = 0,01-0,35$ мкм – на $50-85$ % и частиц пыли $d = 0,5-2$ мкм – на 97 %. Для аэрозолей $d = 0,3-10$ мкм эффективность улавливания определяется в основном силами инерции и может быть оценена по формуле

$$\eta = 1 - e^{-KL\sqrt{\varphi}},$$

где K – константа; L – объем жидкости, подаваемой в газ, $\text{дм}^3/\text{м}^3$; φ – инерционный параметр, отнесенный к скорости газа в горловине; при $h = 90\%$ φ является однозначной функцией перепада давления в скруббере.

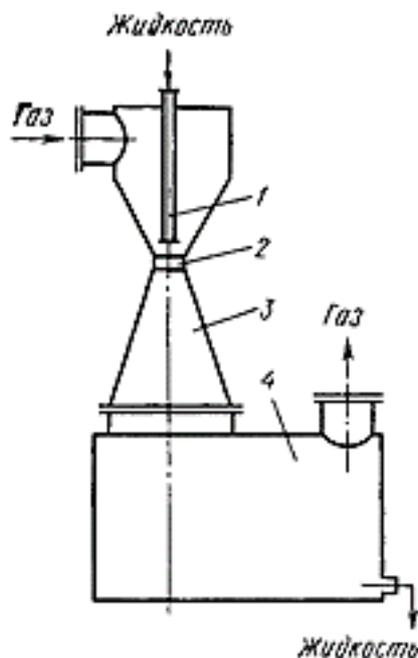


Рис. 3.3. Реактор полного смешения – скруббер Вентури: 1 – сопло; 2 – горловина; 3 – камера смешения; 4 – разделительная камера

Главный недостаток скруббера Вентури – большой расход энергии по преодолению высокого гидравлического сопротивления, которое в зависимости от скорости газа в горловине может составлять $0,002$ – $0,013$ МПа. Помимо того, аппарат не отличается надежностью в эксплуатации, управление им сложное.

Основной недостаток всех методов *мокрой* очистки газов от аэрозолей – это образование больших объемов жидких отходов (шлама). Таким образом, если не предусмотрены замкнутая система водооборота и утилизация всех компонентов шлама, то мокрые способы газоочистки только переносят загрязнители из газовых выбросов в сточные воды, т. е. из атмосферы в водоемы.

Фильтры. Предназначены для тонкой очистки газов за счет осаждения частиц пыли (до $0,05$ мкм) на поверхности пористых фильтрующих перегородок (рис. 3.4).

Фильтрация основана на прохождении очищаемого газа через различные фильтрующие ткани (хлопок, шерсть, химические волокна,

стекловолокну и др.) или через другие фильтрующие материалы (керамика, металлокерамика, пористые перегородки из пластмассы и др.). Наиболее часто для фильтрации применяют специально изготовленные волокнистые материалы – стекловолокну, шерсть или хлопок с асбестом, асбоцеллюлозу. В зависимости от фильтрующего материала различают тканевые фильтры (в том числе рукавные), волокнистые, из зернистых материалов (керамика, металлокерамика, пористые пластмассы).

Тканевые фильтры, чаще всего рукавные, используются при температуре очищаемого газа не выше 60–65 °С. В зависимости от гранулометрического состава пылей и начальной запыленности степень очистки составляет 85–99 %. Гидравлическое сопротивление фильтра DP около 1000 Па, расход энергии ~ 1 кВт·ч на 1000 м³ очищаемого газа. Для непрерывной очистки ткани продувают воздушными струями, которые создаются различными устройствами – соплами, расположенными против каждого рукава, или движущимися наружными продувочными кольцами и др. Сейчас применяют автоматическое управление рукавными фильтрами с продувкой их импульсами сжатого воздуха.

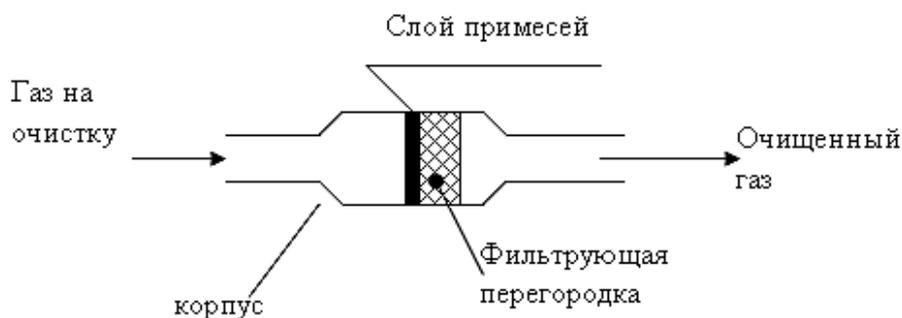


Рис. 3.4. Схема фильтрующей установки

Волокнистые фильтры, имеющие поры, равномерно распределенные между тонкими волокнами, работают с высокой эффективностью; степень очистки $h = 99,5–99,9 \%$ при скорости фильтруемого газа 0,15–1,0 м/с и DP = 500–1000 Па.

На фильтрах из стекловолоконных материалов возможна очистка агрессивных газов при температуре до 275 °С. Для тонкой очистки газов при повышенных температурах применяют фильтры из керамики, тонковолокнистой ваты из нержавеющей стали, обладающие высокой прочностью и устойчивостью к переменным нагрузкам; однако их гидравлическое сопротивление велико – 1000 Па.

Фильтрация – весьма распространенный прием тонкой очистки газов. Ее преимущества – сравнительно низкая стоимость оборудования (за исключением металлокерамических фильтров) и высокая эффективность. Недостатки фильтрации – высокое гидравлическое сопротивление и быстрое забивание фильтрующего материала пылью.

Электростатическая очистка газов служит универсальным средством, пригодным для любых аэрозолей, включая туманы кислот, и при любых размерах частиц. Метод основан на ионизации и зарядке частиц аэрозоля при прохождении газа через электрическое поле высокого напряжения, создаваемое коронирующими электродами. Осаждение частиц происходит на заземленных осадительных электродах. Промышленные электрофильтры состоят из ряда заземленных пластин или труб, через которые пропускается очищаемый газ. Между осадительными электродами подвешены проволочные коронирующие электроды, к которым подводится напряжение 25–100 кВ. Теоретическое выражение для степени улавливания аэрозолей в трубчатых электрофильтрах имеет вид:

$$\eta = 1 - e^{-y}; \quad y = \frac{2 \cdot u \cdot l}{r \cdot \omega_r},$$

где u – скорость дрейфа частиц к электроду; l – длина электрода; r – радиус осадительного электрода; ω_r – скорость очищаемого газа.

На рис. 3.5 приведены идеальные кривые зависимости степени улавливания аэрозолей в электрофильтре от размеров частиц. Кривые на этом рисунке отвечают разным значениям произведения rEE_0 (r – коэффициент (для непроводящих частиц $r = 1,5-2$, для проводящих частиц $r = 3$); E – напряженность электрического поля; E_0 – критическое значение напряженности поля).

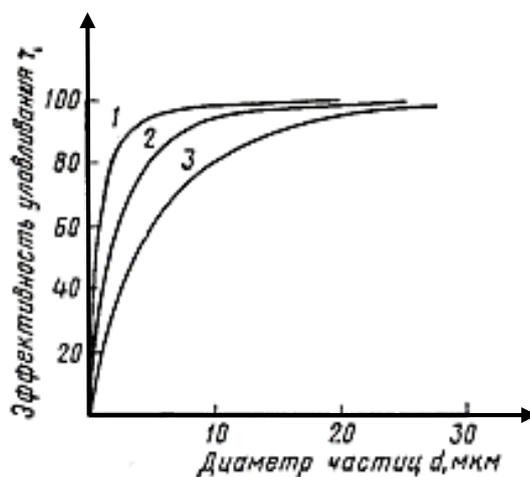


Рис. 3.5. Кривые зависимости степени улавливания пыли в электрофильтре от размеров частиц: 1 – $rEE_0 = 160$; 2 – $rEE_0 = 80$; 3 – $rEE_0 = 40$

Фактическая зависимость степени улавливания аэрозолей h от диаметра частиц d для промышленных электрофильтров определяется экспериментально. Очистка осложнена прилипанием частиц к электроду, аномальным (пониженным) сопротивлением слоя пыли на электродах и др.

При очистке от пыли сухих газов электрофильтры могут работать в широком диапазоне температур (от 20 до 500 °С) и давлений. Их гидравлическое сопротивление невелико – 100–150 Па. Степень очистки от аэрозолей – выше 90 %, на многопольных электрофильтрах при $d > 1$ мкм достигает 99,9 %. Недостаток этого метода – большие затраты средств на сооружение и содержание очистных установок и значительный расход энергии на создание электрического поля. Расход электроэнергии на электростатическую очистку – 0,1–0,5 кВт на 1000 м³ очищаемого газа.

Звуковая и ультразвуковая коагуляция, а также *предварительная электризация* пока мало применяются в промышленности и находятся в основном в стадии разработки. Они основаны на укрупнении аэрозольных частиц, облегчающем их улавливание традиционными методами. Аппаратура звуковой коагуляции состоит из генератора звука, коагуляционной камеры и осадителя. Звуковые и ультразвуковые методы применимы для агрегирования мелкодисперсных аэрозольных частиц (тумана серной кислоты, сажи) перед их улавливанием другими методами. Начальная концентрация частиц аэрозоля для звуковой коагуляции должна быть не менее 2 г/м³ (для частиц $d = 1–10$ мкм).

Коагуляцию аэрозолей методом предварительной электризации производят, например, пропуская газ через электризационную камеру с коронирующими электродами, где происходит зарядка и коагуляция частиц, а затем через мокрый газоочиститель, в котором газожидкостный слой служит осадительным электродом (рис. 3.6).

Осадительным электродом может служить пенный слой в пенных аппаратах, слой газожидкостной эмульсии в насадочных скрубберах и других мокрых газопромывателях, в которых решетки или другие соответствующие детали должны быть заземлены.

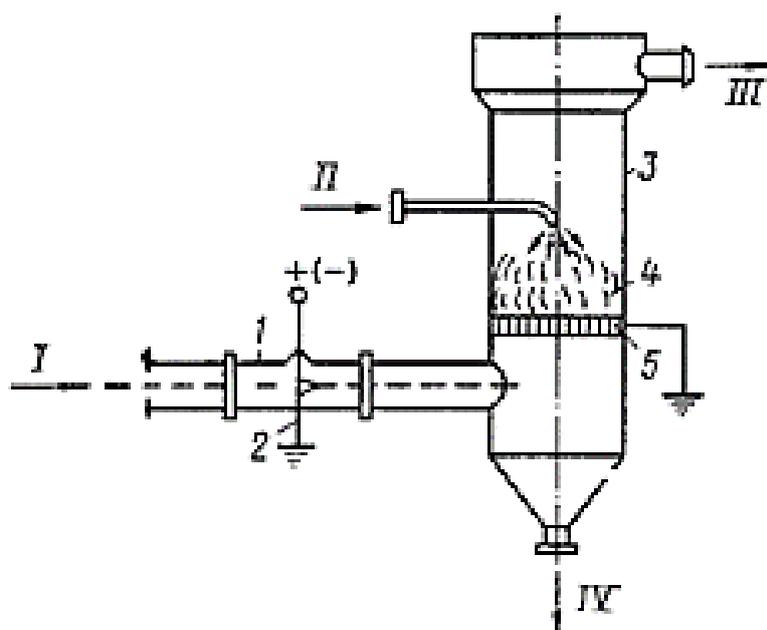


Рис. 3.6. Схема мокрого пылеулавливания с предварительной электризацией: 1 – камера электризации; 2 – коронирующий электрод; 3 – пенный аппарат; 4 – газожидкостный (пенный) слой; 5 – заземленная решетка; I – очищаемый газ; II – вода; III – очищенный газ; IV – слив шлама

Очистка газов от парообразных и газообразных примесей.

Газы в промышленности обычно загрязнены вредными примесями, поэтому очистка широко применяется на заводах и предприятиях для технологических и санитарных (экологических) целей. Промышленные способы очистки газовых выбросов от газо- и парообразных токсичных примесей можно разделить на три основные группы:

- 1) абсорбция жидкостями;
- 2) адсорбция твердыми поглотителями;
- 3) каталитическая очистка.

В меньших масштабах применяются *термические методы сжигания* (или дожигания) горючих загрязнений, способ *химического взаимодействия примесей с сухими поглотителями* и *окисление примесей озоном*.

Абсорбция жидкостями применяется в промышленности для извлечения из газов диоксида серы, сероводорода и других сернистых соединений, оксидов азота, паров кислот (HCl, HF, H₂SO₄), диоксида и оксида углерода, разнообразных органических соединений (фенол, формальдегид, летучие растворители и др.).

Абсорбционные методы служат для технологической и санитарной очистки газов. Они основаны на избирательной растворимости газо- и парообразных примесей в жидкости (физическая абсорбция) или на избирательном извлечении примесей химическими реакциями с активным компонентом поглотителя (хемосорбция). Абсорбционная

очистка – непрерывный и, как правило, циклический процесс, т. к. поглощение примесей обычно сопровождается регенерацией поглотительного раствора и его возвращением в начало цикла очистки. При физической абсорбции (и в некоторых хемосорбционных процессах) регенерацию абсорбента проводят нагреванием и снижением давления, в результате чего происходит десорбция поглощенной газовой примеси и ее концентрирование (рис. 3.7).

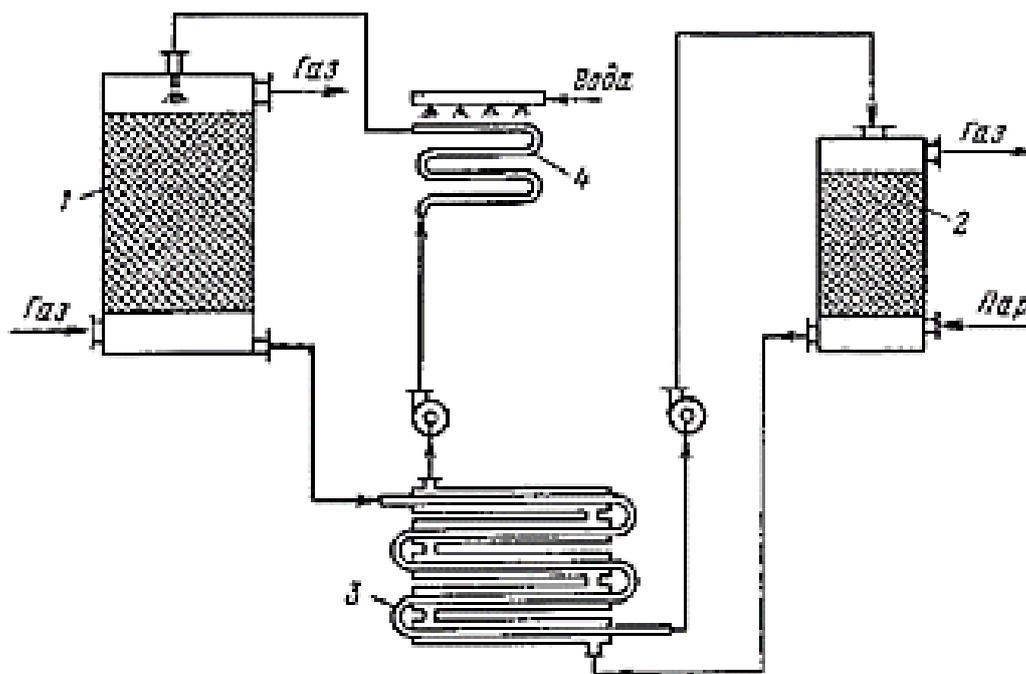


Рис. 3.7. Схема установки для абсорбционно-десорбционного метода разделения газов: 1 – абсорбер; 2 – десорбер; 3 – теплообменник; 4 – холодильник

Показатели абсорбционной очистки – степень очистки, КПД и коэффициент массопередачи k – зависят от растворимости газа в абсорбенте, технологического режима в реакторе (параметров ω , T , p) и от других факторов, например от равновесия и скорости химических реакций при хемосорбции. В хемосорбционных процессах, где в жидкой фазе происходят химические реакции, коэффициент массопередачи увеличивается по сравнению с физической абсорбцией. Большинство хемосорбционных процессов газоочистки обратимы, т. е. при повышении температуры поглотительного раствора химические соединения, образовавшиеся при хемосорбции, разлагаются с регенерацией активных компонентов поглотительного раствора и с десорбцией поглощенной из газа примеси. Этот прием положен в основу регенерации хемосорбентов в циклических системах газоочистки. Хемосорбция, в частности, применима для тонкой очистки газов при сравнительно небольшой начальной концентрации примесей.

Абсорбенты, используемые в промышленности, оцениваются по следующим показателям:

- абсорбционная емкость, т. е. растворимость извлекаемого компонента в поглотителе в зависимости от температуры и давления;
- селективность, характеризующаяся соотношением растворимостей разделяемых газов и скоростей их абсорбции;
- минимальное давление паров во избежание загрязнения очищаемого газа парами абсорбента;
- дешевизна;
- отсутствие коррозирующего действия на аппаратуру.

В качестве абсорбентов применяют воду, растворы аммиака, едких и карбонатных щелочей, солей марганца, этаноламины, масла, суспензии гидроксида кальция, оксидов марганца и магния, сульфат магния и др.

Очистная аппаратура похожа на уже рассмотренную аппаратуру мокрого улавливания аэрозолей. Наиболее распространен насадочный скруббер для очистки газов от диоксида серы, сероводорода, хлороводорода, хлора, оксида и диоксида углерода, фенолов и т. д. В насадочных скрубберах скорость массообменных процессов мала из-за малоинтенсивного гидродинамического режима этих реакторов, работающих при скорости газа $\omega_r = 0,02-0,7$ м/с. Поэтому объемы аппаратов велики и установки громоздки.

Для очистки выбросов от газообразных и парообразных примесей применяют и интенсивную массообменную аппаратуру – пенные аппараты, безнасадочный форсуночный абсорбер, скруббер Вентури, работающие при более высоких скоростях газа. Пенные абсорберы работают при $\omega_r = 1,4$ м/с и обеспечивают сравнительно высокую скорость абсорбционно-десорбционных процессов; их габариты в несколько раз меньше, чем насадочных скрубберов. При достаточном числе ступеней очистки (многополочный пенный аппарат) достигаются высокие показатели глубины очистки (для некоторых процессов до 99,9 %). Особенно перспективны для очистки газов от аэрозолей и вредных газообразных примесей пенные аппараты со стабилизатором пенного слоя. Они сравнительно просты по конструкции и работают в режиме высокой турбулентности при линейной скорости газа до 4–5 м/с.

Примером безотходной абсорбционно-десорбционной циклической схемы может служить поглощение диоксида углерода из отходящих газов растворами моноэтаноламина с последующей регенерацией поглотителя при десорбции CO_2 . На рис. 3.8 приведена схема абсорбции CO_2 в пенных абсорберах; десорбция CO_2 проводится также при пенном режиме. Установка безотходна, т. к. чистый диоксид углерода после сжижения передается потребителю в виде товарного продукта.

Абсорбционные методы характеризуются непрерывностью и универсальностью процесса, экономичностью и возможностью извлечения больших количеств примесей из газов. Недостаток этого метода в том, что насадочные скрубберы, барботажные и даже пенные аппараты обеспечивают достаточно высокую степень извлечения вредных примесей (до ПДК) и полную регенерацию поглотителей только при большом числе ступеней очистки. Поэтому технологические схемы мокрой очистки, как правило, сложны, многоступенчаты и очистные реакторы (особенно скрубберы) имеют большие объемы.

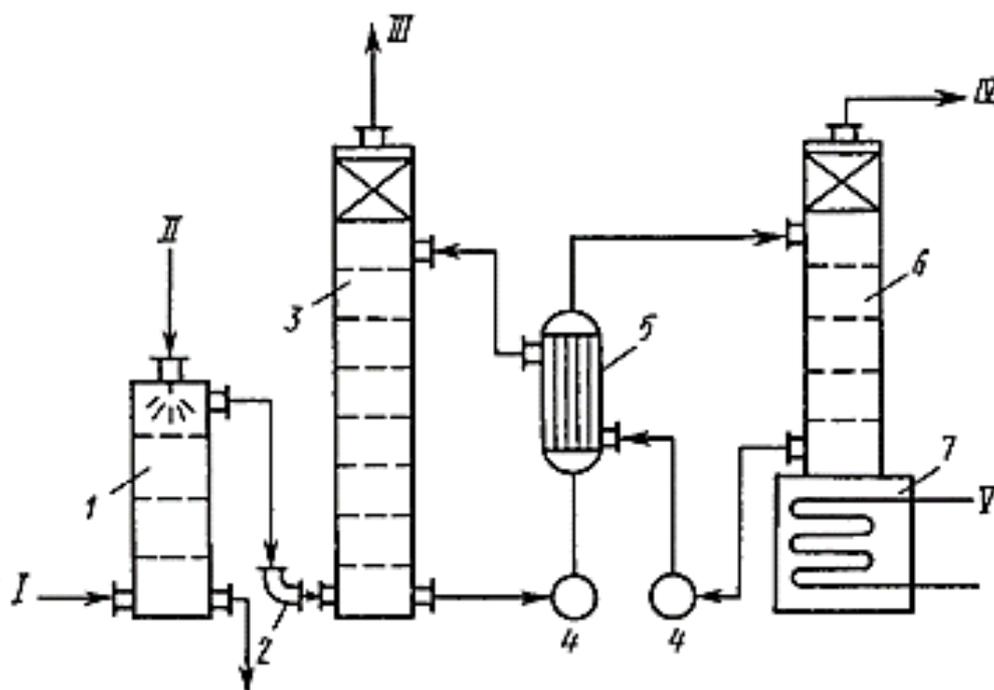


Рис. 3.8. Схема абсорбционной очистки газов от CO_2 с получением товарного диоксида углерода: 1 – холодильник; 2 – воздуходувка; 3 – пенный абсорбер; 4 – насос; 5 – теплообменник; 6 – пенный десорбер; 7 – кипятильник десорбера; I – газ на очистку; II – вода; III – очищенный газ; IV – диоксид углерода потребителю; V – пар

Любой процесс мокрой абсорбционной очистки выхлопных газов от газо- и парообразных примесей целесообразен только в случае его цикличности и безотходности. Но и циклические системы мокрой очистки конкурентоспособны только тогда, когда они совмещены с пылеочисткой и охлаждением газа.

Адсорбционные методы применяют для различных технологических целей, например, для разделения парогазовых смесей на компоненты с выделением фракций, осушки газов и для санитарной очистки газовых выхлопов. В последнее время адсорбционные методы выходят на первый план как надежное средство защиты атмосферы от

токсичных газообразных веществ, обеспечивающее возможность концентрирования и утилизации этих веществ.

Адсорбционные методы основаны на избирательном извлечении из парогазовой смеси определенных компонентов при помощи адсорбентов – твердых высокопористых материалов, обладающих развитой удельной поверхностью $S_{уд}$ ($S_{уд}$ – отношение поверхности к массе, m^2/g). Промышленные адсорбенты, чаще всего используемые в газоочистке, – это активированный уголь, силикагель, алюмогель, природные и синтетические цеолиты (молекулярные сита). Основные требования к промышленным сорбентам – высокая поглотительная способность, избирательность действия (селективность), термическая устойчивость, длительная служба без изменения структуры и свойств поверхности, возможность легкой регенерации. Чаще всего для санитарной очистки газов применяют активный уголь благодаря его высокой поглотительной способности и легкости регенерации.

Адсорбцию газовых примесей обычно ведут в полочных реакторах периодического действия без теплообменных устройств; адсорбент расположен на полках реактора. Когда необходим теплообмен (например, требуется получить при регенерации десорбат в концентрированном виде), используют адсорберы со встроенными теплообменными элементами или выполняют реактор в виде трубчатых теплообменников; адсорбент засыпан в трубки, а в межтрубном пространстве циркулирует теплоноситель.

Очищаемый газ проходит адсорбер со скоростью 0,05–0,3 м/с. После очистки адсорбер переключается на регенерацию. Адсорбционная установка, состоящая из нескольких реакторов, работает в целом непрерывно, т. к. одновременно одни реакторы находятся на стадии очистки, а другие – на стадиях регенерации, охлаждения и др. (рис. 3.9). Регенерацию проводят нагреванием, например выжиганием органических веществ, пропусканием острого или перегретого пара, воздуха, инертного газа (азота). Иногда адсорбент, потерявший активность (экранированный пылью, смолой), полностью заменяют.

Наиболее перспективны непрерывные циклические процессы адсорбционной очистки газов в реакторах с движущимся или взвешенным слоем адсорбента, которые характеризуются высокими скоростями газового потока (на порядок выше, чем в периодических реакторах), высокой производительностью по газу и интенсивностью работы.

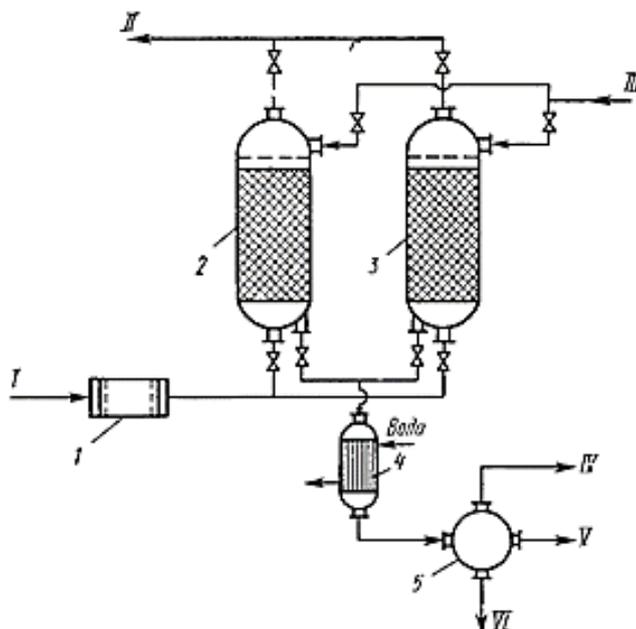


Рис. 3.9. Схема адсорбционной газоочистной установки: I – фильтр; 2, 3 – адсорберы; 4 – конденсатор; 5 – сепаратор; I – очищаемый газ; II – очищенный газ; III – водяной пар; IV – неконденсируемые пары; V – сконденсированный адсорбтив в хранилище; VI – водный конденсат

Общие достоинства адсорбционных методов очистки газов:

- глубокая очистка газов от токсичных примесей;
- сравнительная легкость регенерации этих примесей с превращением их в товарный продукт или возвратом в производство; таким образом осуществляется принцип безотходной технологии.

Адсорбционный метод особенно рационален для удаления токсических примесей (органических соединений, паров ртути и др.), содержащихся в малых концентрациях, т. е. целесообразен как завершающий этап санитарной очистки отходящих газов.

Недостатки большинства адсорбционных установок – периодичность процесса и связанная с этим малая интенсивность реакторов, высокая стоимость периодической регенерации адсорбентов. Применение непрерывных способов очистки в движущемся и кипящем слое адсорбента частично устраняет эти недостатки, но требует высокопрочных промышленных сорбентов, разработка которых для большинства процессов еще не завершена.

3.2. Методы обработки и очистки сточных вод

Обработка сточных вод – это воздействие на воду с целью обеспечения необходимых свойств и состава (ГОСТ 12.1.1.01-77).

Очистка сточных вод – это обработка воды с целью разрушения или удаления из нее определенных веществ (ГОСТ 12.1.1.01-77).

В настоящее время существует множество методов очистки сточных вод (рис. 3.10).

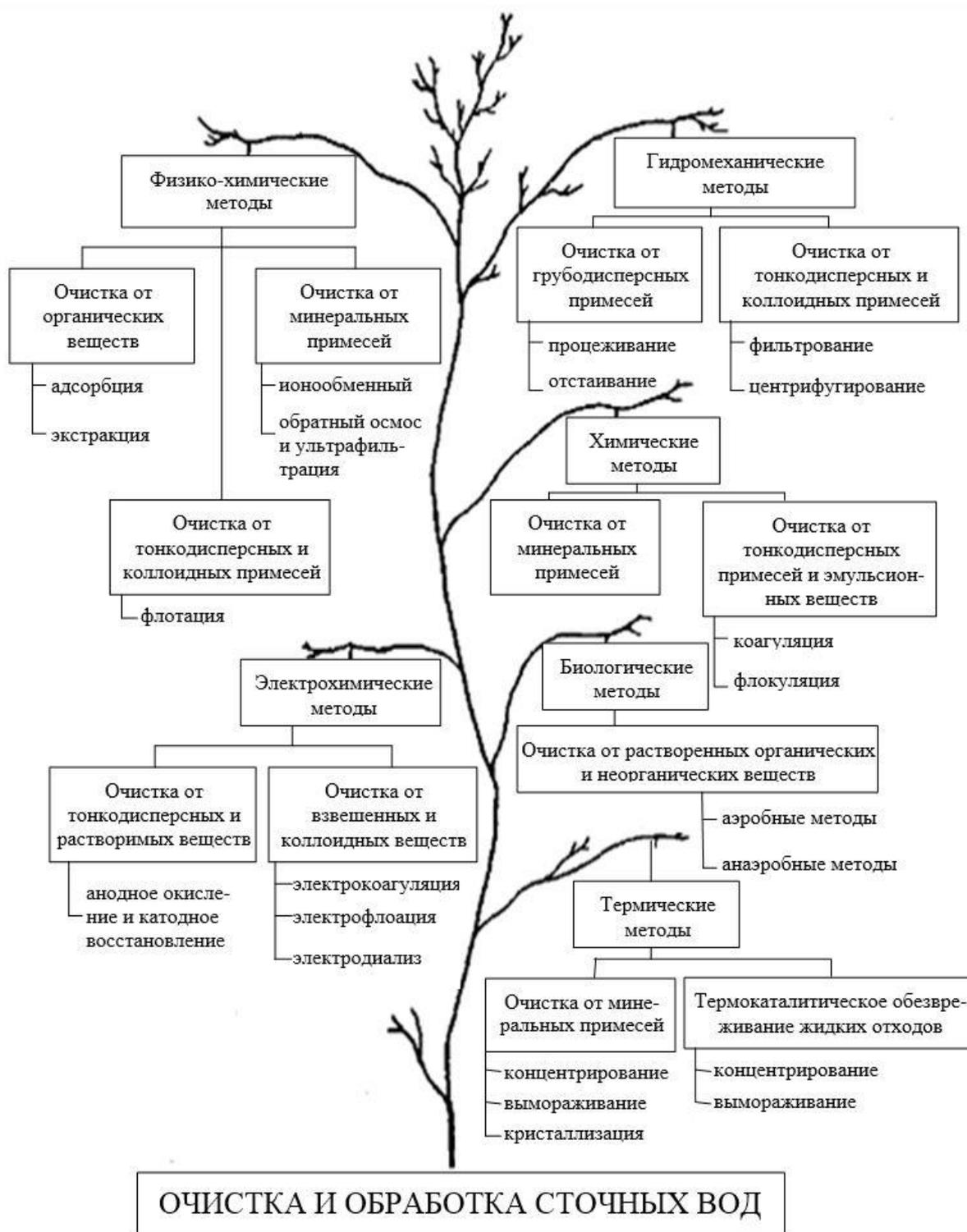


Рис. 3.10. Методы очистки и обработки сточных вод

К основным группам обработки и очистки сточных вод относятся следующие.

Гидромеханическая очистка применяется для удаления нерастворимых примесей. Осуществляется следующими способами:

- *процеживание* на решетках и сетках для выделения крупных примесей и посторонних предметов. Процеживание осуществляется главным образом для защиты очистных сооружений от засорения и поломки движущихся частей оборудования;

- *улавливание* в песколовках тяжелых примесей;

- *отстаивание* воды для удаления нерастворяющихся тонущих и плавающих органических и неорганических примесей, незадерживаемых решетками и песколовками. Осуществляется в отстойниках и осветителях, удаление примесей происходит естественным образом под действием силы тяжести;

- удаление твердых взвешенных частиц в *гидроциклонах*. Гидроциклоны просты по устройству, легко обслуживаются, имеют высокую производительность и небольшую мощность. К недостаткам гидроциклонов относится большая энергоемкость;

- *фильтрация* для улавливания тонкодисперсных взвесей. Эффективность метода зависит от применяемых фильтров. Выбор того или иного фильтра определяется свойствами сточных вод, их температурой и давлением. Чаще всего в качестве фильтра используются кварцевый песок, металлические перфорированные листы, тканевые и керамические перегородки.

Физико-химическая очистка используется для удаления мелкодисперсных взвешенных частиц, растворенных газов, минеральных и органических веществ. Существуют разные способы физико-химической очистки.

Флотация применяется для удаления нерастворимых диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются. При флотации через сточные воды в резервуаре подают воздух, который поднимается вверх пузырьками, увлекая за собой ЗВ, и образует на поверхности грязную пену. Примеси легко удаляются вместе с пеной.

Адсорбция применяется для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки. Адсорбция чаще всего используется для доочистки, когда концентрация ЗВ невелика или ЗВ очень ядовиты. Этим методом удаляют из сточных вод гербициды, пестициды, фенолы, ПАВ, красители и т. д.

Экстракция применяется для очистки сточных вод, содержащих фенолы, масла, органические кислоты. Экстракция выгодна лишь тогда, когда стоимость извлеченных веществ компенсирует все затраты на проведение процесса, т. е. когда концентрация примеси составляет 3–4 г/л. Сточные воды смешивают с жидкостью, растворяю-

щей ЗВ лучше, чем вода, но которая сама в воде не растворяется. Образуются две фазы: экстракт, содержащий ЗВ и экстрагент, и рафинат, содержащий воду и экстрагент. Первая фаза легко удаляется из раствора.

Ионообменная очистка применяется для извлечения металлов, соединений мышьяка, фосфора, цианидов. Ионный обмен основан на взаимодействии раствора с твердой фазой, которая обладает свойством обменивать содержащиеся в ней подвижные ионы на ионы, присутствующие в растворе.

Обратный осмос и *ультрафильтрация* используются для обессоливания воды на ТЭЦ и для очистки городских сточных вод. Обратный осмос заключается в фильтровании через полупроницаемые мембраны под давлением, превышающим осмотическое.

Химические методы очистки применяются для удаления растворимых примесей, обычно в сочетании с другими видами очистки. Такие методы основаны на проведении химических реакций и получении безвредных или менее вредных веществ, которые легче удалить, чем исходные. Существуют различные способы химической очистки.

Нейтрализация используется для удаления минеральных кислот или щелочей.

Коагуляция применяется для ускорения процесса осаждения тонкодисперсных примесей и эмульгированных веществ. Коагуляция – это процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты. Для этого в сточную воду добавляются коагулянты (гидроокислы металлов, обладающие способностью сорбировать вещества, – соли алюминия, железа или их смесь). Агрегированные частицы легко удаляются из сточных вод.

Флокуляция применяется для интенсификации процессов образования хлопьев гидроокислов алюминия и железа с целью повышения скорости их осаждения. Флокуляция – это процесс агрегации частиц в результате добавления в сточные воды высокомолекулярных соединений. Флокулянты в отличие от коагулянтов способны взаимодействовать между собой. Самыми распространенными флокулянтами являются крахмал, эфиры целлюлозы, полиакриламид и др.

Окисление и восстановление используется для перевода опасных веществ в безвредное или менее вредное состояние. Используются такие окислители, как хлор, оксид хлора, гипохлориты кальция и натрия, перекись водорода, перманганат калия, бихромат калия, кислород, озон и др. Этот метод является чрезвычайно дорогим и применяется только в том случае, когда ЗВ другими способами извлечь невозможно.

Электрохимическая обработка сточных вод позволяет извлекать из сточных вод ценные продукты без использования химических реагентов. Существуют разные способы электрохимической очистки.

Анодное окисление и катодное восстановление используются для удаления цианидов, аминов, спиртов, альдегидов, сульфидов и др. Анодное окисление производится в электролизерах. В процессе окисления ЗВ полностью распадаются, образуя углекислый газ, воду, аммиак и ряд других нетоксичных соединений.

Электрокоагуляция применяется для обработки сточных вод, содержащих высокоустойчивые соединения. Происходит при пропускании электрического тока через сточные воды. Электролиз проводится с использованием растворимых стальных или алюминиевых катодов, образуются гидроокислы металлов, агрегирующие ЗВ.

Электрофлотация – очистка от взвешенных частиц с применением электролиза воды. При электролизе образуются пузырьки воздуха, которые способствуют очистке сточных вод.

Электродиализ используется для опреснения соленых вод и очистки радиоактивных вод. Электродиализ основан на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы (ЭДС), создаваемой в растворе по обе стороны мембраны. Этот метод позволяет извлекать кислоты и щелочи и снова использовать их в технологическом процессе.

Биологическая очистка осуществляется при помощи живых организмов разного уровня организации.

В зависимости от организмов, которые применяются при очистке, выделяют аэробную и анаэробную очистку.

Анаэробная очистка основана на использовании бактерий, не нуждающихся в кислороде. Проводится в метантенках. В Беларуси из-за высокой стоимости не применяется.

Аэробная очистка производится бактериями при наличии в воде кислорода. Аэробная очистка подразделяется на естественную и искусственную. При этом *естественная аэробная очистка* происходит на полях орошения, полях фильтрации и в биологических прудах, *искусственная* – в аэротенках, биофильтрах и окислителях.

Естественная аэробная очистка относится к экстенсивным методам и в настоящее время применяется все реже. Наиболее распространенным методом аэробной очистки является эксплуатация аэротенков.

Все аэротенки построены по одному принципу: смесь воды и активного ила медленно движется по резервуарам, непрерывно насыщаясь воздухом. Процесс очистки основан на способности микроорганизмов использовать ЗВ для питания в процессе жизнедеятельности.

Процесс очистки сложен и требует постоянного контроля и управления: контроль концентрации ила, режима аэрации, температуры и т. д. Из-за этих недостатков более широко распространены биофильтры.

Тем не менее, сами биофильтры также имеют ряд существенных недостатков: они быстро заиливаются, распространяют неприятные запахи, являются средой, в которой выводятся личинки мух.

4. МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

4.1. Отходы производства и отходы потребителя

Отходы производства – остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства продукции или выполнения работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства, а также сопутствующие вещества, образующиеся в процессе производства и не находящие применения в этом производстве.

Отходы потребителя – изделия и материалы, утратившие свои потребительские качества вследствие физического или морального износа.

Опасные отходы – отходы, которые в результате их реакционной способности или токсичности создают непосредственную или потенциальную опасность для здоровья человека или состояния окружающей среды самостоятельно либо при вступлении в контакт с другими веществами и окружающей средой.

Токсичные промышленные отходы – смеси физиологически активных веществ, образующиеся в процессе технологического цикла в производстве и обладающие токсичным эффектом.

4.2. Методы обезвреживания и утилизации твердых бытовых и промышленных отходов

Выделяют следующие методы обезвреживания и утилизации твердых бытовых и промышленных отходов:

- **биологические** (основаны на разрушении органической части отходов микроорганизмами);
- **термические** (сжигание на мусороперерабатывающих предприятиях, пиролиз);
- **химические** (самым распространенным является гидролиз);
- **механические** (включают прессование с применением связующих и складирование на полигонах).

В Беларуси складирование на полигонах является самым распространенным методом утилизации твердых отходов. Токсичные отходы первого-третьего классов опасности хранятся в специальной таре. Соответствующими органами ведется учет количества и мест захоронения отходов. Всего на территории Беларуси зарегистрировано 160 полигонов ТБО и 80 накопителей промышленных отходов. Полигоны являются мощными загрязнителями окружающей среды. Боль-

шинство из них минимально обустроены природоохранными сооружениями: земляными валами, кольцевыми канавами, противофильтрационными экранами.

Свалки при небольшом усовершенствовании могут стать источником альтернативного топлива – биогаза. Биогаз образуется в результате микробиологических процессов при разложении органической части отходов. В специальных биотермических башнях из отходов можно получать компост. Термические способы не являются безопасными из-за выделения при сжигании мусора диоксинов и других токсикантов. Тем не менее, мусоросжигание считается более экономически целесообразным способом переработки отходов. Шлаки, образующиеся после сжигания, могут служить сырьем для производства стеновых блоков, дорожных покрытий, тепловой изоляции, бордюрного камня и облицовочной плитки.

5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И СЕРТИФИКАЦИЯ

5.1. Государственная экологическая экспертиза

Государственная экологическая экспертиза – это деятельность органов государственного контроля по анализу, проверке и оценке предплановой, проектно-сметной документации на её соответствие правилам и требованиям охраны окружающей среды и рационального природопользования в целях предупреждения возможных негативных воздействий на окружающую среду и обеспечения благоприятного её состояния.

Цель экологической экспертизы состоит в обеспечении экологической безопасности развития общества, и ее главная функция – определение экологической обоснованности как намечаемых, так и уже принятых решений.

Объектами экологической экспертизы являются:

- проекты и технико-экономические обоснования строительства и эксплуатации хозяйственных сооружений, а также действующие предприятия и комплексы;
- нормативно-техническая документация на создание новой техники, технологий, материалов, а также работающее оборудование;
- проекты нормативных и административных актов и действующее законодательство.

5.2. Экологический паспорт предприятия

Экологический паспорт предприятия – комплексный документ, содержащий характеристику взаимоотношений предприятия с окружающей природной средой. Экологический паспорт состоит из двух частей.

Первая часть содержит общие сведения о предприятии, используемом сырье, описание технологических схем выработки основных видов продукции, схем очистки сточных вод и воздушных выбросов, их характеристики после очистки, данные о твердых и других отходах, а также сведения о наличии в мире технологий, обеспечивающих достижение наилучших удельных показателей по охране природы.

Вторая часть экологического паспорта содержит перечень планируемых мероприятий, направленных на снижение нагрузки на окружающую среду, с указанием сроков, объемов затрат, удельных и общих объемов выбросов вредных веществ до и после осуществления каждого мероприятия.

5.3. Экологическая сертификация

Экологическая сертификация – это деятельность по утверждению соответствия объекта сертификации природоохранным требованиям, установленным действующим законодательством.

Экологическая сертификация является подсистемой Национальной системы сертификации Республики Беларусь.

Цель экологической сертификации – защита интересов государства, общества и его граждан в сфере окружающей среды, обеспечения экологической безопасности и сохранения биоразнообразия.

Задачи экологической сертификации:

- установление экологического сертификата и знака экологически чистой продукции как гаранта экологической безопасности объекта сертификации;
- обеспечение экологической безопасности технологических процессов, оборудования, производств и продукции;
- предотвращение ввоза в страну экологически опасных технологий и продукции;
- выполнение международных обязательств Республики Беларусь в области охраны окружающей среды.

Экологическая сертификация строится на следующих *принципах*:

- независимость – исключение влияния каких-либо юридических или физических лиц на результаты сертификации;
- объективность – исключение предоставления преимуществ каким-либо предприятиям, юридическим или физическим лицам;
- компетентность – наличие у участников процедуры необходимой квалификации, средств и полномочий;
- открытость – отсутствие ограничений на доступ к участию в работах по процедуре экологической сертификации.

Объекты экологической сертификации:

- продукция, способная оказывать вредное воздействие на окружающую среду, жизнь и здоровье населения;
- системы управления окружающей средой производственных, опытно-экспериментальных и других объектов, предприятий и организаций.

Проводится как обязательная, так и добровольная сертификация. Организации, сертифицировавшие свою продукцию, получают экологические сертификаты соответствия и знак экологически чистой продукции. При этом они получают право маркировать свою продукцию этим знаком и рекламировать ее в средствах массовой информации как экологически чистой.

6. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

6.1. Природоохранное законодательство Беларуси

Объекты охраны окружающей природной среды делятся на природные объекты, природные ресурсы и природные комплексы (Закон «Об охране природной среды» Российской Федерации и Закон «Об охране окружающей среды» Республики Беларусь).

Основу законодательства Республики Беларусь в области охраны окружающей среды и природопользования составляют:

- Конституция Республики Беларусь;
- Концепция государственной политики Республики Беларусь в области охраны окружающей среды;
- законы Республики Беларусь «Об охране окружающей среды»; «О государственной экологической экспертизе»; «Об особо охраняемых природных территориях и объектах»; «О налоге за пользование природными ресурсами»; «Об отходах производства и потребления»; «Об охране и использовании животного мира»; «Об охране атмосферного воздуха»;
- Кодекс Республики Беларусь о земле;
- Водный кодекс Республики Беларусь;
- Кодекс Республики Беларусь о недрах;
- Лесной кодекс Республики Беларусь.

Кроме того, отдельные статьи Уголовного и Административного кодексов Республики Беларусь регламентируют ответственность за экологические правонарушения.

Задачами природоохранного законодательства являются:

- обеспечение безопасного для жизни и здоровья людей состояния окружающей среды;
- регулирование отношений в области охраны, использования и воспроизводства природных ресурсов;
- сохранение генетического фонда, охрана естественных богатств ландшафтов и других природных комплексов.

Надзор за соблюдением природоохранного законодательства осуществляется прокуратурой Республики Беларусь.

Права граждан на здоровую окружающую среду в РФ определены ст. 42 Конституции Российской Федерации и ст. 11 Закона «Об охране природной среды» и делятся на две группы:

- 1) права человека на чистую, здоровую и благоприятную для жизни природную среду;

2) право граждан на охрану своего здоровья от вредного воздействия окружающей среды, измененной антропогенной деятельностью.

Права граждан на здоровую окружающую среду в Беларуси определены следующими статьями Конституции:

– *статья 34.* Гражданам Республики Беларусь гарантируется право на получение, хранение и распространение полной, достоверной и своевременной информации о деятельности государственных органов, общественных объединений о политической, экономической, культурной и международной жизни, в том числе о состоянии окружающей среды;

– *статья 44.* Государство гарантирует каждому право собственности и содействует её приобретению. ... Осуществление права собственности не должно противоречить общественной пользе и безопасности, наносить вреда окружающей среде, историко-культурным ценностям, ущемлять права и защищаемые законом интересы других лиц;

– *статья 45.* Гражданам Республики Беларусь гарантируется право на охрану здоровья. ... Право граждан Республики Беларусь на охрану здоровья обеспечивается также развитием физической культуры и спорта, мерами по оздоровлению окружающей среды, возможностью пользования оздоровительными учреждениями, совершенствованием охраны труда;

– *статья 46.* Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду и на возмещение вреда, причинённого нарушением этого права. Государство осуществляет контроль за рациональным использованием природных ресурсов в целях защиты и улучшения условий жизни, а также охраны и восстановления окружающей среды;

– *статья 55.* Охрана природной среды – долг каждого.

Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» является комплексным нормативным актом, регулирующим природоохранительные отношения в сфере всей окружающей среды. Главными достоинствами этого закона являются закрепление нормативов вредных воздействий как критериев качества окружающей среды, установление экологических требований к хозяйственной деятельности, определение механизмов исполнения этих требований.

Управление качеством окружающей среды осуществляется с помощью нормирования:

– качества окружающей среды и степени воздействия на окружающую среду путём установления ПДК, ПДВ, ПДС и т. д.;

– качества продукции путём установления стандартов качества продукции, учитывающих её экологическую безопасность;

– технологическое, техническое и санитарно-гигиеническое нормирование, включающее нормы проектирования СНиП, СНБ, СанПиН и т. д.

6.2. Нормирование качества атмосферного воздуха

Центральное место в административном регулировании качества окружающей среды принадлежит системе экологических стандартов с едиными и обязательными для всех объектов управления экологическими нормами и требованиями.

Различают следующие их виды:

- стандарты качества окружающей среды;
- стандарты воздействия на окружающую среду;
- технологические стандарты;
- стандарты качества продукции.

Основой оценки качества воздуха населенных мест являются такие санитарно-гигиенические нормативы, как предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, коэффициенты их комбинированного действия (ККД), показатели уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе (ПДКа.в.) – это максимальная концентрация примеси, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния, включая отдаленные последствия и на окружающую среду в целом. ПДК подразделяются на максимальные разовые (осредненные двадцатиминутные отборы) – ПДК_{МР} и среднесуточные – ПДК_{СС}.

Коэффициент комбинированного действия (ККД) отражает характер воздействия одновременно присутствующих в атмосферном воздухе вредных веществ:

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

где C_1, C_2, \dots, C_n – концентрация вредных веществ; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации.

Сумма отношений концентраций вредных веществ, обладающих эффектом суммации, к соответствующим им ПДК не должна превышать единицы.

Показатели уровня загрязнения воздуха характеризуют его опасность для здоровья населения и в зависимости от этой опасности

подразделяются на пять степеней: допустимое, слабое, умеренное, сильное, очень сильное. Загрязнение допустимой степени является безопасным для здоровья населения. Загрязнение других степеней вызывает у населения различные неблагоприятные эффекты с разной частотой и выраженностью.

Наиболее часто используемый показатель уровня загрязнения атмосферы – индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), при расчете которого учитывают отношение среднегодовых концентраций различных веществ к ПДК, а также коэффициент изотоксичности примесей. Для того чтобы значения ИЗА были сравнимы в различных населенных пунктах, их определяют для одинакового количества веществ. В Беларуси ИЗА рассчитывают для пяти примесей, однако список так называемых приоритетных примесей для каждого населенного пункта устанавливается индивидуально. Этот параметр определяется для 14 городов, из которых повышенный уровень загрязнения отмечается в Могилеве, Гродно, Гомеле и Мозыре (выше 5), низкий – в Витебске, Орше, Бресте, Полоцке, Новополоцке, Светлогорске, Минске, Бобруйске и Пинске.

6.3. Нормирование качества воды

Требования к качеству вод устанавливаются в зависимости от целей использования водных объектов (табл. 6.1).

Табл. 6.1. Общие требования к составу и свойствам воды

Показатель	Вид водопользования			
	Хозяйственно-питьевое	Культурно-бытовое	Рыбохозяйственное	
			высшая и первая категории	вторая категория
1	2	3	4	5
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных веществ не должно увеличиваться более чем на			
	0,25 мг/л	0,75 мг/л	0,25 мг/л	0,75 мг/л
Плавающие примеси	На поверхности водоема не должны обнаруживаться плавающие пленки, пятна минеральных масел и других примесей			
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике		Вода не должна иметь окраски	
	20 см	10 см		

Окончание табл. 6.1

1	2	3	4	5
Запахи, привкусы	Вода не должна приобретать сильных запахов и привкусов (более 2 баллов), обнаруживаемых		Вода не должна придавать посторонних привкусов и запахов мясу рыбы	
	непосредственно или после хлорирования	непосредственно		
Температура	Летом, после спуска сточных вод, не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со средней в самый жаркий месяц		Не должна повышаться более чем на 5 °С там, где обитают холодолюбивые рыбы, и не более 8 °С в остальных случаях (по сравнению с естественной температурой водного объекта)	
Водородный показатель рН	Не должен выходить за пределы 6,5–8,5			
Минерализация воды	Не должна превышать по плотному остатку 1000 мг/л, в т. ч. хлоридов 350 мг/л, сульфатов 500 мг/л	Нормируется по показателю «привкусы»	Нормируется согласно таксации рыбохозяйственных водоемов	

Выделяют несколько видов водопользования:

– хозяйственно-питьевое – использование водных объектов или их участков в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности;

– культурно-бытовое – применение водных объектов для купания, занятий спортом и отдыха. К этому виду водопользования относятся и участки водных объектов, находящиеся в черте населенных пунктов, независимо от их использования;

– водоемы рыбохозяйственного назначения. Выделяют следующие категории таких водоемов:

а) высшая – места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных и ценных видов рыб, других промысловых водных организмов, а также охранные зоны хозяйств для искусственного разведения и выращивания рыб, других водных животных и растений;

б) первая – водные объекты для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

в) вторая – водные объекты для других рыбохозяйственных целей.

Все водопользователи обязаны соблюдать условия, которые обеспечивают качество воды, соответствующее установленным для данного объекта нормативам.

Нормы качества воды включают:

– общие требования к составу и свойствам воды для различных видов водопользования;

– ПДК для вредных веществ.

Под ПДК природных вод подразумевается концентрация вещества в воде, при превышении которой она непригодна для установленного вида водопользования.

ПДК устанавливается в зависимости от действия вредного вещества.

Если химическое соединение тормозит естественные процессы самоочищения и вызывает ухудшение общего санитарного состояния водоема (дефицит кислорода, гниение, появление сероводорода, метана и др.), ПДК устанавливают по *общесанитарному* признаку вредности.

Если химическое соединение изменяет органолептические свойства воды (мутность, запах, привкус, температуру), ПДК определяется по *органолептическому* признаку вредности.

Если химическое соединение оказывает токсическое действие при непосредственном контакте или попадании в организм, ПДК устанавливается по *токсикологическому* признаку вредности.

Таким образом, для одного и того же вещества могут устанавливаться разные ПДК по перечисленным признакам вредности. При нормировании качества воды водоемов ПДК определяется по такому признаку вредного действия вещества, который характеризуется наименьшей пороговой концентрацией. При нормировании качества воды водоемов разных категорий водопользования этот признак может различаться. Например, аммиак для хозяйственно-питьевого водопользования нормируется по общесанитарному признаку вредности, а для рыбохозяйственных водоемов – по токсикологическому. Если водоем используется для нескольких видов водопользования, то в качестве ПДК выбирается самое низкое значение.

При сбросе в водоемы нескольких загрязняющих веществ и от нескольких источников действует то же правило, что и при выбросе нескольких ЗВ в атмосферу: сумма отношений концентраций веществ, нормируемых по одинаковому признаку вредности и относящихся к

первому и второму классам опасности, к их ПДК не должна превышать единицы:

$$\sum \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

где C_i – концентрации отдельных веществ, нормируемых по одинаковому признаку вредности и относящихся к первому и второму классам опасности; ПДК_i – предельно допустимая концентрация суммируемых веществ.

6.4. Нормирование загрязняющих веществ в почве

Загрязняющие вещества (ЗВ) в почве нормируются:

- в пахотном слое почвы сельскохозяйственных угодий;
- в почве территорий предприятий;
- в почвах жилых районов в местах хранения бытовых отходов.

Допустимая концентрация ЗВ в почве $\text{ПДК}_п$ устанавливается с учетом его фоновой концентрации, стойкости и токсичности.

ПДК устанавливается экспериментально в зависимости от допустимой остаточной концентрации (ДОК) в пищевых, кормовых растениях и в продуктах питания. ДОК – это максимальное количество ЗВ в продуктах питания, которое, поступая в организм в течение всей жизни, не вызывает никаких нарушений в здоровье людей.

Для летучих веществ $\text{ПДК}_п$ устанавливают в зависимости от ПДК их веществ в атмосферном воздухе. Кроме того, учитывается поступление ЗВ из почвы в грунтовые воды, в которых не должны быть превышены ПДК для водных объектов. С учетом всех этих признаков вредности в качестве $\text{ПДК}_п$ принимается наиболее жесткая концентрация.

В почвах нормируется в основном содержание пестицидов, тяжелых металлов, галогенов, микроэлементов. При этом содержание нормируемых примесей зависит от вида сельскохозяйственной продукции (мясная, молочная, растительная).

Если в почве содержится несколько загрязняющих веществ, то степень опасности загрязнения Z оценивается по формуле

$$Z = K_c \cdot (n - 1),$$

где K_c – коэффициент концентрирования вещества, n – количество загрязняющих веществ.

В зависимости от полученных значений присваивается категория загрязнения почв.

Помимо прочего, оценивается санитарное состояние почвы по так называемому **санитарному числу** (отношению содержания белкового азота к общему органическому), а также содержание в почве кишечной палочки, личинок мух и яиц гельминтов.

6.5. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды

Рассмотрим деятельность ООН и ее специализированных учреждений в области охраны окружающей среды.

ЮНЕСКО в 1970 г. выступила с инициативой осуществления специальной долгосрочной программы «Человек и биосфера» – МАБ (Man and Biosphere – МАВ). В настоящее время в работе МАБ участвует более 100 стран. Как правило, эту работу ведут по отдельным проектам, например: «Экологическое воздействие деятельности человека на тропические и субтропические экосистемы», «Экологическое воздействие различных видов землепользования и практики хозяйствования на леса умеренной зоны и Средиземноморья» и т. д.

Первая конференция ООН по окружающей среде состоялась в 1972 г. в Стокгольме. В 1973 г. была принята программа по проблемам окружающей среды – ЮНЕП (United Nations Environment Programmer). Она координирует работы, ведущиеся в разных странах, обобщает мировой опыт, поддерживает перспективные начинания. Главное направление работы ЮНЕП – обеспечение Глобальной системы наблюдений (мониторинга) за состоянием окружающей среды (климат, перенос загрязняющих веществ, возобновимые ресурсы, состояние Мирового океана, наблюдения для целей здравоохранения). ЮНЕП отвечает за глобальную информационную сеть, за Международный регистр потенциально токсичных химических веществ. ЮНЕП руководит работами по борьбе с опустыниванием и обезлесиванием, осуществляет программу региональных морей. Под контролем ЮНЕП находятся использование малоотходных и безотходных технологий, производство и транспортирование ядовитых веществ и отходов. ЮНЕП руководит также специальной программой по образованию в области охраны окружающей среды.

Всемирный союз охраны природы и природных ресурсов издает Красную книгу. Совместно с ЮНЕП подготовил и опубликовал «Всемирную стратегию охраны природы» – документ, отражающий коллективную озабоченность народов состоянием окружающей среды, со-

держаций развернутую программу их совместной деятельности, включающий конкретные рекомендации, относящиеся и к отдельным видам производств, и к отдельным районам Земли.

Всемирная комиссия по окружающей среде и развитию была создана ООН в 1983 г., результатом ее работы явилась разработка стратегии устойчивого развития.

Конференция ООН по окружающей среде и развитию состоялась в 1992 г. (г. Рио-де-Жанейро, Бразилия), на ней были приняты пять основных документов.

1. «Декларация по окружающей среде и развитию». В преамбуле декларации отмечается, что единственный путь обеспечения долгосрочного экономического прогресса – это его увязка с охраной окружающей среды. Далее следуют 27 принципов, которые определяют права и обязанности стран в деле обеспечения развития и благосостояния людей.

2. «Повестка дня на XXI век». Документ представляет собой программу работы мирового сообщества на ближнюю и дальнюю перспективу и охватывает все аспекты устойчивого развития.

3. «Заявление о принципах в отношении лесов». В нем говорится о необходимости признать ключевую роль всех видов лесов в области поддержания экологических процессов, удовлетворения потребности в энергии, различных видах сырья и потребительских продуктах, благоприятного воздействия на устойчивое развитие сельского хозяйства, о необходимости процессов контроля обезлесивания, обуздания безудержной вырубке лесов, в том числе и путем более жесткой регламентации международной торговли древесиной, а также о всемерном стимулировании работы по возобновлению лесов.

4. «Конвенция о биоразнообразии». Предусматривает многочисленные меры по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия как в природной среде, так и в искусственных условиях. При этом на государства возлагается обязанность разрабатывать национальные стратегии, планы и программы, направленные на сохранение такого разнообразия. Подписавшие конвенцию имели также в виду, что за ее общими положениями последуют более конкретные соглашения, протоколы и иные договоренности.

5. «Конвенция об изменении климата». Исходит из того, что изменения климата Земли и его неблагоприятные последствия должны быть предметом общей озабоченности. В ней подчеркивается, что глобальные изменения климата требуют сотрудничества всех стран и их участия в соответствующих международных мероприятиях.

На конференции был создан Глобальный экологический фонд.

Предпринятые меры дали определенный положительный эффект. Тем не менее, сколько-нибудь радикального сдвига к лучшему в

состоянии глобальной природной среды достигнуть пока не удалось. К такому выводу пришла 19 Специальная сессия Генеральной Ассамблеи ООН (1997), созванная для подведения итогов деятельности государств в области охраны окружающей среды за пятилетний период после конференции в Рио-де-Жанейро. Многие стратегические решения конференции выполнены не были. Это относится не только к национальным экологическим программам, но и к финансированию природоохранных мер богатыми странами.

Современная система международного сотрудничества в области охраны окружающей среды объединяет следующие направления:

- парламентское – состоит в координации законодательной деятельности стран, обеспечивает решение межгосударственных экологических проблем путем разработки рекомендательных законов в природоохранной сфере;

- межправительственное – взаимодействие исполнительных структур отдельных государств ориентируется на координирующие разработки и решение экологических проблем под эгидой ООН;

- конвенционное – состоит в регулировании природоохранной деятельности путем заключения договоров и других видов международных соглашений, в которых предлагается единый подход всех стран к решению конкретных экологических проблем;

- научно-техническое – направлено на обмен научно-технической информацией, совместную реализацию природоохранных проектов, комплексное использование научных разработок, совместно осуществляемую экспертизу и т. п.;

- экологическое – состоит в организации международных форумов, конференций и других подобных мероприятий.

Основными объектами международного сотрудничества являются те, по поводу использования которых разные страны вступают в экологические отношения. Среди них выделяют две категории объектов: *не входящие в юрисдикцию государств и входящие в нее.*

К первой относятся:

- воздушный бассейн;
- космос;
- Мировой океан;
- Антарктика;
- мигрирующие виды животных.

Эти объекты используются и охраняются в соответствии с нормами международного экологического права.

Вторую категорию составляют:

- реки;

- моря;
- озера;
- объекты мирового природного наследия;
- редкие и исчезающие виды животных и растений.

6.6. Экономические механизмы охраны окружающей среды

На современном этапе в хозяйственном механизме природопользования все большую значимость приобретает экономический блок, охватывающий все виды экономического стимулирования рационального природопользования.

Экономические методы управления природопользованием базируются на принципах:

- альтернативных издержек – применяется в условиях ограниченных природных ресурсов при существовании различных способов их использования;
- «загрязнитель платит» – лежит в основе применения «платности» природных ресурсов;
- устойчивого развития – предполагает включение окружающей среды в процесс экономического развития и сохранения её качества для будущих поколений людей;
- предосторожности – заключается в предотвращении острых экологических ситуаций, а не борьбы с их последствиями.

Экономические механизмы охраны окружающей среды включают:

- кадастры природных ресурсов;
- финансовое и материально-техническое обеспечение мероприятий по охране окружающей среды;
- плату за пользование природными ресурсами и их загрязнение;
- экологические фонды;
- экономическое стимулирование.

Кадастры природных ресурсов – это своды экономических, экологических, организационных и технических показателей, характеризующих количество и качество природного ресурса, а также категории природопользователей. Кадастры составляются по видам природных ресурсов: *земельный, лесной, водный* и др. На базе их данных определяется денежная стоимость природного ресурса.

Финансовое и материально-техническое обеспечение мероприятий по охране окружающей среды осуществляется из нескольких источников финансирования:

- государственный бюджет;
- внебюджетные экологические фонды;
- средства предприятий, учреждений и организаций.

Мероприятия по охране окружающей среды и природопользованию проводятся на основе государственной экологической программы с учётом природно-ресурсного потенциала отдельных регионов.

Финансирование экологических программ в бюджете выделяется отдельной строкой и обеспечивается материально-техническими ресурсами.

Плата за пользование природными ресурсами и их загрязнение – новый институт, введённый после отмены исключительной государственной собственности на природные ресурсы. Предполагается, что «платность» природных ресурсов повышает материальную заинтересованность производителей в эффективном использовании и сохранении этих природных ресурсов, а также обеспечивает появление дополнительных средств на восстановление и воспроизводство природных ресурсов.

Законом предусмотрено два вида платы:

- 1) за пользование природными ресурсами;
- 2) за загрязнение окружающей среды.

Основным назначением платы за пользование окружающей средой является компенсация причиняемого вреда, стимуляция сокращения выбросов и экономическое обеспечение оздоровления и охраны окружающей среды.

Плата за право пользования природным ресурсом – это реализация права собственника природного ресурса на получение рентного дохода, образующегося при использовании данного ресурса. Платой являются земельный налог; лесной налог; плата за пользование водными ресурсами и объектами; плата за лицензии на отлов, отстрел животных и сбор растений.

Плата за воспроизводство и охрану природных ресурсов, а также за сверхлимитное и нерациональное их использование (форма финансового обеспечения воспроизводства природных ресурсов и затрат на реализацию проектов по поддержанию качества окружающей среды) включает:

- плату за загрязнение атмосферного воздуха;
- плату за сброс в природные объекты сточных вод;
- плату за размещение твёрдых отходов;
- плату за сверхлимитное загрязнение атмосферного воздуха;
- плату за сверхлимитное использование и загрязнение водных ресурсов;

– плату за сверхлимитное использование минеральных ресурсов.

Экологические фонды – это учреждения, предназначенные для централизации поступающих средств на цели охраны природы. Фонды формируются за счёт:

- платежей за выбросы и сбросы ЗВ в окружающую среду;
- платежей за размещение твёрдых отходов;
- платежей за ввоз озонразрушающих веществ;
- штрафов;
- добровольных взносов физических и юридических лиц.

Основные направления природоохранной деятельности, финансируемой за счёт экологических фондов:

- оздоровление окружающей среды;
- научные исследования в области охраны окружающей среды;
- осуществление программ по охране окружающей среды и воспроизводству природных ресурсов;
- внедрение экологически чистых технологий;
- строительство очистных сооружений;
- создание особо охраняемых природных территорий;
- пропаганда экологических знаний;
- участие в организации международного сотрудничества в области охраны природы.

Расходование средств экологических фондов на цели, не связанные с природоохраняемой деятельностью, запрещается.

Экономическое стимулирование осуществляется:

– установлением налоговых и иных льгот предприятиям при внедрении безотходных технологий, использовании вторичных ресурсов и осуществлении другой деятельности, обеспечивающей природоохранный эффект;

- освобождением экологических фондов от налогообложения;
- передачей части экологических фондов в кредит предприятиям, гарантирующим снижение выбросов загрязняющих веществ;
- установлением повышенных норм амортизации основных производственных, природоохранных фондов;
- применением поощрительных цен на экологически чистую продукцию;
- введением специального налога на экологически вредную продукцию;
- применением льготного кредитования предприятий, эффективно осуществляющих природоохранную деятельность.

Местными властями могут устанавливаться и другие виды экологического стимулирования охраны окружающей среды.

7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Рост численности населения на планете и интенсификация человеческой деятельности в связи с научно-технической революцией неминуемо приводят к резкому росту антропогенного влияния на природу. Оно выражается в загрязнении биосферы выбросами, сбросами, твердыми отходами промышленности.

Многие загрязнения с осадками из атмосферы попадают в воду и почву и отравляют их. Если атмосфера и водная среда могут самоочищаться, то почва таким свойством не обладает: токсичные вещества постоянно накапливаются в ней и приводят к изменению ее состава, которое соответственно вызывает изменения в растительном и животном мире, что не может не сказаться на жизнедеятельности человека. Загрязнение атмосферы вредными веществами вызывает множество неизлечимых заболеваний, являющихся характерной особенностью современного общества.

Для того чтобы препятствовать этому процессу и контролировать его, необходимо уметь измерять и оценивать вредное влияние антропогенного фактора на окружающую среду.

Студенты выполняют четыре лабораторные работы, по которым составляются отчеты.

Содержание отчета:

- наименование лабораторной работы;
- цель;
- основные теоретические положения;
- схема установки и исследуемых устройств;
- таблицы измеряемых и вычисляемых величин;
- пример обработки результатов эксперимента (с подстановкой числовых значений, полученных в ходе выполнения одного опыта);
- графики;
- выводы.

Не позже чем на следующем лабораторном занятии отчет по предыдущей лабораторной работе должен быть защищен.

7.1. Приземная часть атмосферного бассейна

Чистый и сухой воздух на уровне моря представляет собой механическую смесь нескольких газов: азот – 78,08 %, кислород – 20,95 %, аргон – 0,93 %, углекислый газ – 0,03 %. На долю остальных газов – неона, гелия, метана, криптона, ксенона, водорода, йода, угарного газа и оксидов азота – приходится менее 0,01 %.

Загрязнение атмосферы – изменение газового состава атмосферы в результате привнесения в нее примесей. Выделяют два вида загрязнения воздуха:

- 1) антропогенное – обусловлено выбросами от различных источников, обусловленных хозяйственной деятельностью человека;
- 2) естественное – вызвано природными процессами.

Наиболее распространенными примесями в атмосфере являются:

- твердые частицы (пыль или сажа, копоть);
- сернистый газ SO_2 ;
- оксид углерода CO ;
- окислы азота NO ;
- формальдегид HCHO (в последние годы).

Сернистый газ поступает в атмосферу главным образом при сжигании твердого и жидкого топлива, содержащих серу (каменный уголь, мазут), а окислы азота – при сжигании топлива при высоких температурах в транспортных двигателях, на тепловых электростанциях и некоторых промышленных объектах. Сжигание органического топлива приводит к поступлению в атмосферу окислов углерода CO_2 и CO . Наличие формальдегида в атмосфере обусловлено выбросами автотранспортных средств в сочетании с высокой интенсивностью солнечной радиации.

Основными источниками выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу на территории РБ являются автотранспорт, объекты энергетики и промышленности. На долю передвижных источников загрязнения атмосферы приходится более 70 %. Крупнейшими стационарными источниками загрязнения воздуха на территории Беларуси являются Новополоцкое ПО «Нафтан», Мозырский нефтеперерабатывающий завод, Новолукомльская ГРЭС, ПО «Беларуськалий», Гродненское ПО «Азот», Минская ТЭЦ-4, Мозырская ТЭЦ, Минский тракторный завод, Минская станция аэрации, Белорусский цементный завод.

Постоянный мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится в 13 городах республики. В этих городах размещены стационарные станции, на которых 3–4 раза в сутки проводится наблюдение за 24 видами ЗВ. Основной объем наблюдений относится к веществам, имеющим повсеместное распространение (пыль, диоксид серы, оксид углерода и оксиды азота). В ряде городов проводится контроль специфических ЗВ, которые присутствуют в выбросах предприятий. Во всех промышленных центрах определяется содержание формальдегида.

Всю информацию о загрязнении воздуха получают в соответствии с методиками, вошедшими в «Перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий эко-

логического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь». Качество воздуха оценивается с учетом национального стандарта – предельно допустимой концентрации (ПДК) и, дополнительно, путем сравнения с международными нормами, рекомендованными Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

ПДК зависит от степени токсичности вещества, характеризующейся классом опасности. В зависимости от степени воздействия на организм человека все нормируемые вещества подразделяются на:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные, значение ПДК_{МР} которых в воздухе рабочей зоны не должно превышать 0,01 мг/м³;
- 2-й класс – высокоопасные со значением ПДК_{МР} от 0,01 до 0,1 мг/м³;
- 3-й класс – умеренно опасные со значением ПДК_{МР} от 0,1 до 1 мг/м³;
- 4-й класс – малоопасные со значением ПДК_{МР} больше 1 мг/м³.

Гигиеническая оценка загрязнения воздуха выполняется по численному значению индекса загрязнения атмосферы (ИЗА). Этот безразмерный показатель определяется как сумма выраженных в среднегодовых концентрациях пяти веществ, имеющих наибольший для каждого конкретного места уровень и приведенных к классу опасности для человека сернистого газа SO₂. Индекс загрязнения атмосферы рассчитывается по формуле

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^5 (C_{\text{CC}_i} / \text{ПДК}_{\text{CC}_i}) \cdot \gamma_i, \quad (7.1)$$

где C_{CC_i} – среднегодовая концентрация i -й примеси, мг/м³; ПДК_{CC_i} – среднесуточное ПДК для i -й примеси, мг/м³; γ_i – коэффициент, соответствующий классу опасности вещества, принимаемый равным 1,7 – для 1-го класса, 1,3 – для 2-го класса, 1 – для 3-го класса, 0,85 – для 4-го класса.

Уровень загрязнения классифицируется согласно существующим методикам и оценивается как:

- низкий, ИЗА < 5;
- повышенный, $5 \leq \text{ИЗА} < 7$;
- высокий, $7 \leq \text{ИЗА} \leq 14$;
- очень высокий, ИЗА > 14.

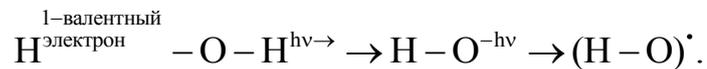
При наличии в атмосферном воздухе нескольких веществ, которые обладают однонаправленным действием, проявляется их эффект суммации. Усиление токсического действия учитывается в формуле за счет сложения уровней и учета их как одного вещества.

7.2. Атмосферные процессы

Диоксид углерода CO_2 образуется при сжигании органического топлива (при неполном сгорании выделяется токсичный оксид CO). Основное отрицательное последствие – нарушение теплового баланса верхних слоев тропосферы.

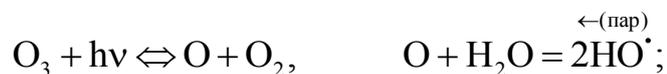
В приземных слоях от нескольких сотен метров до нескольких километров мигрируют выброшенные в результате технологических процессов вещества в разных физических состояниях. Главный окислитель в воздушном океане – молекулярный кислород O_2 . С его участием и участием солнечного света протекают многочисленные химические реакции. В многофазной (газ + вода + пыль) атмосферной среде происходят превращения с доминирующим участием веществ:

– гидроксидного радикала (специфическое состояние иона, у которого не сбалансирован заряд) $(\text{H}-\text{O})^\cdot$:



При воздействии солнечного света $h\nu$ -квант выбивает из оболочки электрон и передает ему свою энергию. Таким образом, радикал $(\text{H}-\text{O})^\cdot$ обладает избыточным отрицательным зарядом;

– озона O_3 :



– гидропероксидного радикала HO_2^\cdot :



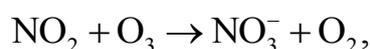
– пероксида водорода H_2O_2 ;

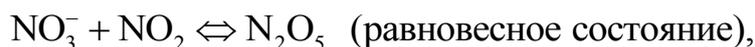
– органических пероксидных радикалов ROO^\cdot ;

– нитрат-иона NO_3^- .

7.3. Атмосферные реакции

Кислотные дожди. Ночью в атмосферных процессах важную роль играет нитрат-ион NO_3^- :

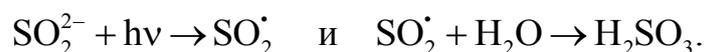




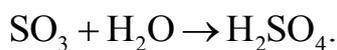
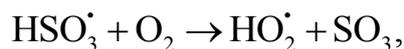
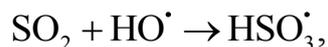
Днем азотная кислота в газовой фазе образуется по реакции



При участии солнечного света сульфат-ион преобразуется в свободный радикал:



Серная кислота образуется в результате следующих реакций:



Наибольшее содержание радикалов HO^\bullet наблюдается при соотношении летучих органических соединений и оксидов азота примерно 10:1. В ходе газофазных окислительных реакций с участием ROO^\bullet , кроме азотной и серной кислот, образуются и органические кислоты – преимущественно муравьиная и уксусная.

Фотохимический смог. При интенсивной солнечной радиации и наличии в атмосфере высокой концентрации оксидов азота, соединений углерода, озона и других ЗВ, а также безветрия или очень слабого обмена воздушных масс, в приземном слое образуются высокотоксичные загрязнители. Основным источником их возникновения являются выхлопные газы автомобилей. Массы выхлопных газов не поднимаются вверх и не рассеиваются в атмосфере, причем теплые газы вредных веществ остаются в непосредственной близости от земной поверхности.

Под действием солнечного излучения формируется белесый туман, синеватая прозрачная дымка (перекиси). Концентрация озона при солнечном излучении достигает 2–3 мг/м³, что во много раз больше, чем в чистом воздухе.

7.4. Воздействие атмосферных токсикантов на человека

Чаще всего вредное влияние происходит через органы дыхания. За одни сутки в организм человека вдыхается 6–12 м³ воздуха (0,5–2 л за один вздох).

Оксид углерода CO обладает сродством в 300 раз большим, чем кислород, к гемоглобину крови, препятствует переносу кислорода (кислородное голодание организма). При отравлении через 2–3 ч появляется головная боль, ощущение пульса в висках, головокружение. Воздействует на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает удушье.

Оксиды азота NO_x – бесцветные, не имеющие запаха ядовитые газы. В городах, взаимодействуя с углеводородами выхлопных газов, они образуют фотохимический смог. Отравляющее действие начинается с кашля, далее – сильный кашель, рвота, иногда головная боль. При контакте с влажной поверхностью слизистой оболочки оксиды азота образуют кислоты HNO₃ и HNO₂, которые приводят к отеку легких.

Диоксид серы SO₂ – бесцветный газ с острым запахом, создает неприятный вкус во рту, раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательные пути.

Углеводороды (пары бензина, пентан, гексан и др.) обладают наркотическим действием, в малых концентрациях вызывают головную боль, головокружение и т. п.

Дисульфид углерода CS₂ является ядом нервного действия, вызывает психическое расстройство, наркотическую потерю сознания.

Хлор Cl₂ наносит урон органам зрения и дыхания.

Фториды вымывают кальций из костей, отрицательно влияют на дыхательные пути.

В табл. 7.1 приведены ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

Табл. 7.1. ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест

Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	
		ПДК _{МР}	ПДК _{СС}
1	2	3	4
Бенз(а)пирен	1	–	10 ⁻⁵
Хром шестивалентный	1	0,015	0,0015
Свинец и его соединения	1	–	0,0003
Ртуть металлическая	1	–	0,0003

Окончание табл. 7.1

1	2	3	4
Диоксид азота NO ₂	2	0,085	0,04
Хлороводород	2	0,2	0,2
Сероводород	2	0,008	0,008
Серовуглерод	2	0,03	0,005
Серная кислота	2	0,3	0,1
Формальдегид	2	0,035	0,003
Цианистый водород	2	0,2	0,2
Диметиловый эфир	2	0,05	0,01
Медь	2	–	0,002
Никель	2	–	0,001
Фенол	2	0,01	0,003
Пыль	3	0,5	0,15
Спирт метиловый	3	1,0	0,5
Диоксид серы SO ₂	3	0,5	0,05
Динил	3	0,01	0,01
Оксид азота NO	3	0,4	0,06
Ксилол	3	0,2	0,2
Уксусная кислота	3	0,2	0,06
Цинк	3	–	0,05
Сажа	3	0,15	0,05
Оксид углерода CO	4	5,0	3,0
Аммиак	4	0,2	0,04
Хлор	2	0,1	0,03
Углеводород	4	0,14	–
Метан	–	50	–
Оксид Mn	2	0,01	0,001
Сварочный аэрозоль	3	0,1	–
Оксид железа	3	–	0,4
Бензол	2	0,3	0,1
Аэрозоль краски	3	0,008	–
Зола	3	0,3	0,1

8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ГОРОДА

Цель работы: овладение методикой комплексной оценки качества атмосферы промышленного предприятия и города.

8.1. Общие положения

В настоящее время известно немало различных подходов и показателей, применяемых для оценки загрязненности атмосферного воздуха. Для оценки степени загрязнения атмосферы средние и максимальные концентрации веществ относят к величине средней (максимальной) концентрации вещества-токсиканта или к санитарно-гигиеническому нормативу, например, к ПДК.

Нормированные характеристики загрязнения атмосферы иногда называют индексом загрязнения атмосферы, который является комплексной оценкой влияния вредных веществ на окружающую среду. Они не дают полного представления о характере загрязнения атмосферы городов, а также не учитывают суммарного загрязнения атмосферного воздуха, класса опасности вредных веществ, характера комбинированного действия вредных примесей, совместно присутствующих в воздухе.

Для оценки степени воздействия крупных и мелких предприятий на атмосферу города используют категорию опасности предприятия (КОП), которая оценивает объем воздуха, необходимый для разбавления выбросов i -го вещества над территорией предприятия до уровня ПДК _{i} . В свою очередь, качество атмосферы города можно оценить через категорию опасности города (КОГ), физический смысл которой заключается в некотором условном объеме загрязненного воздуха от всех предприятий, разбавленного до ПДК и приведенного к одной токсичности.

8.2. Расчет загрязнения атмосферы выбросами от промышленных предприятий

Расчет категорий опасности предприятия и города. Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности.

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^m \text{КОВ}_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (8.1)$$

где m – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием; КОВ_i – категория опасности i -го вещества, $\text{м}^3/\text{с}$; M_i – масса выбросов i -й примеси в атмосферу, $\text{мг}/\text{с}$; ПДК_i – среднесуточная ПДК i -го вещества в атмосфере населенного пункта, $\text{мг}/\text{м}^3$; α_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы (табл. 8.1).

Табл. 8.1. Значения коэффициента α_i для загрязняющих веществ разных классов опасности

Класс опасности вещества	1	2	3	4
α_i	1,7	1,3	1,0	0,9

КОП рассчитывают при условии $\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} > 1$. КОП не определяют

и приравнивают к нулю при $\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} < 1$.

Для расчета КОП при отсутствии $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ используют значения $\text{ПДК}_{\text{мр}}$, ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для веществ, информация о ПДК или ОБУВ которых отсутствует, значения КОП приравнивают к массе их выбросов.

Предприятия по категории опасности делят в соответствии с граничными условиями, приведенными в табл. 8.2.

Табл. 8.2. Граничные условия для деления предприятий по категории опасности

Категория опасности предприятия	Значения КОП
I	$\geq 31,7 \cdot 10^6$
II	$\geq 31,7 \cdot 10^4$
III	$\geq 31,7 \cdot 10^3$
IV	$< 31,7 \cdot 10^3$

Форма отчета о выполненной работе. Отчет о выполненной работе оформляется в виде реферата с титульным листом. Отчет включает в себя исходное задание (табл. 8.3), формулы и результаты расчетов.

Табл. 8.3. Варианты заданий для расчета категории опасности предприятий

Номер варианта	Вещество	Масса выбросов, т/год	Предприятие
1	2	3	4
1	Диоксид азота	3956,3	1
	Диоксид серы	2075,0	
	Оксид углерода	7751,07	
	Пыль летучая (зола)	0,19	
	Пыль известковая	0,88	
	Оксид марганца	0,0015	
2	Диоксид азота	3039,0	2
	Оксид азота	494,0	
	Оксид марганца	0,005	
	Диоксид серы	405,0	
	Оксид углерода	1503,0	
	Мазутная зола (по ванадию)	0,763	
3	Диоксид азота	566,2	3
	Диоксид серы	20642,1	
	Оксид углерода	33427,4	
	Сероводород	173,1	
	Углеводороды (по метану)	841,1	
	Пыль серы	100,1	
4	Диоксид азота	1118,1	4
	Диоксид серы	1744,07	
	Оксид углерода	1002,1	
	Сероводород	7,3	
	Метанол	102,1	
	Сажа	85,3	
5	Диоксид азота	928,1	5
	Сероводород	0,003	
	Оксид углерода	364,2	
	Углеводороды	831,2	
	Пыль металлическая	0,156	
	Оксид углерода	4002,4	
6	Диоксид азота	213,5	6
	Диоксид серы	11,7	
	Оксид углерода	800,2	
	Углеводороды	1238,3	
	Пыль	0,3	
	Сероводород	0,02	
7	Диоксид азота	186,0	7
	Диоксид серы	2,7	
	Оксид углерода	551,7	
	Мазутная зола	0,3	
	Углеводороды (по метану)	0,01	
	Фтористый водород	0,003	

Продолжение табл. 8.3

1	2	3	4
8	Диоксид азота	10,1	8
	Диоксид серы	259,3	
	Оксид углерода	82,1	
	Сероводород	0,3	
	Углеводороды (по метану)	6,7	
	Сажа	1,7	
9	Диоксид азота	57,7	9
	Диоксид серы	11,6	
	Оксид углерода	58,6	
	Мазутная зола	0,04	
	Углеводороды	21,7	
	Сажа	0,9	
10	Диоксид азота	31,1	10
	Диоксид серы	0,5	
	Оксид углерода	97,9	
	Пыль	122,6	
	Формальдегид	0,21	
	Оксид марганца	0,02	
11	Диоксид азота	21,8	11
	Диоксид серы	0,8	
	Оксид углерода	65,2	
	Пыль	44,2	
	Пыль древесная	4,7	
	Углеводороды	2,0	
12	Диоксид азота	127,8	12
	Диоксид серы	16,51	
	Оксид углерода	626,8	
	Углеводороды	310,2	
	Пыль	1,03	
	Толуол	1,5	
13	Диоксид азота	7503,1	13
	Диоксид серы	10630,1	
	Оксид углерода	80038,2	
	Сероводород	157,1	
	Пыль каменноугольная	1166,1	
	Пыль коксовая	558,3	
14	Диоксид азота	58,3	14
	Диоксид серы	547,3	
	Сероводород	5,4	
	Оксид углерода	155,3	
	Пыль	235,0	
	Оксид хрома	131,1	
15	Диоксид азота	12,1	15
	Диоксид серы	0,037	
	Оксид углерода	39,47	
	Пыль	70,55	

Окончание табл. 8.3

1	2	3	4
	Серная кислота	16,5	
	Углеводороды (по метану)	15809,5	
16	Диоксид азота	247,0	16
	Диоксид серы	3446,3	
	Оксид углерода	617,1	
	Углеводороды (по метану)	18709,1	
	Пыль неорганическая	71,3	
	Сероводород	70,1	
17	Диоксид азота	549,5	17
	Диоксид серы	873,08	
	Оксид углерода	15,3	
	Углеводороды (по метану)	263,4	
	Пыль формовочная	392,2	
	Оксид железа	2,5	
18	Диоксид азота	207,1	18
	Диоксид серы	47,9	
	Ксилол	48,13	
	Бензол	21,77	
	Сварочный аэрозоль	5,3	
	Аэрозоль краски	15,1	
19	Диоксид азота	73,8	19
	Диоксид серы	27,3	
	Оксид углерода	25,1	
	Сероводород	0,3	
	Зола	55,1	
	Оксид ванадия	0,009	
20	Диоксид азота	5,8	20
	Диоксид серы	6,9	
	Оксид углерода	123,3	
	Углеводороды	7,3	
	Сварочный аэрозоль	21,5	
	Пыль неорганическая	1678,4	

Результаты расчетов.

1. Расчет КОП, таблицы с результатами по ранжированию выбросов предприятий по категории опасности вещества (КОВ) и массе выбросов (табл. 8.4 и 8.5).

2. Выводы.

Табл. 8.4. Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов

Вещество	Масса выбросов		Ранг	Предприятие
	т/год	%		
Диоксид азота				
Диоксид сырья				
Оксид углерода				
Пыль				
Всего				

Табл. 8.5. Результаты ранжирования загрязняющих веществ по категории опасности вещества

Показатель	Масса выбросов в атмосферу		
	Значение КОВ		Ранг
	м ³ /с	%	
Суммарный по предприятию			
Диоксид азота			
Диоксид сырья			
Пыль			
Оксид углерода			

Пример расчета.

Исходные данные представлены в табл. 8.6, где проведено ранжирование по мощности выбросов. В табл. 8.7 даны ПДК и классы опасности для используемых загрязнителей. Результаты расчета заносим в табл. 8.8.

Табл. 8.6. Количество выбросов загрязняющих веществ

Вещество	Масса выбросов		Ранг	Предприятие
	т/год	%		
Диоксид азота	3,521	16,46	3	Комбикормовый завод
Диоксид серы	1,136	5,31	4	
Оксид углерода	12,643	59,1	1	
Пыль	4,092	19,13	2	
Всего	21,392	100		

Табл. 8.7. ПДК_{сс} и класс опасности для используемых загрязнителей

Показатель	ПДК _{сс} , мг/м ³	Класс опасности
1	2	3
Диоксид азота	0,04	2

Окончание табл. 8.7

1	2	3
Сероводород	0,008	2
Диоксид серы	0,05	3
Пыль	0,15	3
Оксид углерода	3	4

Выполнение расчета:

$$\text{КОВ}_{\text{NO}_2} = \left(\frac{3,521 \cdot 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 30700 = 3,07 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\text{КОВ}_{\text{SO}_2} = \left(\frac{1,136 \cdot 31,7}{0,05} \right)^{1,0} = 720,2 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\text{КОВ}_{\text{пыль}} = \left(\frac{4,092 \cdot 31,7}{0,15} \right)^{1,0} = 866,7 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\text{КОВ}_{\text{CO}} = \left(\frac{12,643 \cdot 31,7}{3} \right)^{0,9} = 81,7 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчет категории опасности предприятия:

$$\text{КОП} = 2,9 \cdot 10^4 + 720,2 + 866,7 + 81,7 = 3,07 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Табл. 8.8. Ранжирование выбросов по категории опасности

Показатель	Характеристика выбросов в атмосферу		
	Значение КОВ		Ранг
	м ³ /с	%	
Суммарный по предприятию	3,07·10 ⁴	100	
Диоксид азота	2,9·10 ⁴	94,56	1
Диоксид серы	720,2	2,35	3
Пыль	866,7	2,82	2
Оксид углерода	81,7	0,27	4

Вывод: приоритетным загрязняющим веществом по массе выбросов на комбикормовом заводе являются основные продукты неполного сгорания топлива – угарный газ (59,1 %) и диоксид азота (16,5 %), а также пыль (19,1 %).

Приоритетным загрязняющим веществом по классам опасности веществ на комбикормовом заводе является наиболее токсичное соединение – диоксид азота (94,56 %). Затем следуют вещества третьего класса опасности: пыль (2,82 %) и диоксид серы (2,35 %). На последнем месте находится соединение четвертого класса опасности – оксид углерода (0,27 %). То есть приоритетным загрязняющим веществом на комбикормовом заводе по массе выбросов является оксид углерода, а по классу опасности вещества – диоксид азота.

Комбикормовый завод – предприятие IV категории опасности.

Контрольные вопросы

1. Основные источники загрязнения воздуха, их ранжирование.
2. Определение понятий «загрязнение» и «мониторинг».
3. Основные эколого-экономические последствия загрязнения атмосферы оксидами азота и серы.
4. Комплексная оценка качества атмосферного воздуха.
5. Критерии и параметры для оценки качества воздушной среды. Чем отличаются критерии от параметров?
6. Основная тенденция загрязнения атмосферы оксидами азота.
7. Основные методы уменьшения масштабов загрязнения атмосферы оксидами азота, серы.
8. Комплексные показатели качества атмосферы (КОВ и КОП).

9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ГАЗОВ ОТ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА АВТОТРАНСПОРТОМ

Цель работы: овладение методикой расчета выброса вредных веществ от автотранспорта.

9.1. Общие положения

Эксплуатация автомобилей связана со значительным загрязнением окружающей среды отработавшими газами. Доля вредных компонентов отработавших газов в общем объеме атмосферных загрязнений газами в различных регионах страны достигает 90 %. Особенно негативное воздействие автомобильного транспорта проявляется в крупных городах.

В состав отработавших газов входят токсичные и поэтому наиболее опасные для здоровья человека: окись углерода, окислы (окись и двуокись) азота, углеводороды, альдегиды (формальдегид и акролеин), соединения серы, ядовитый свинец и его соединения, сажа и канцерогенное вещество бенз(а)пирен.

Транспортные источники загрязнения атмосферы обладают рядом специфических особенностей, учет которых необходим на любом уровне рассмотрения проблемы. По существующей классификации их можно отнести к линейным наземным непрерывнодействующим источникам с переменной мощностью выброса, расположенным непосредственно в селитебных районах города. Особую опасность для окружающей среды эти источники создают тем, что выброс осуществляется в приземном слое воздуха на очень небольшой высоте (менее 1 м).

Наиболее опасными для здоровья человека в выбросах автомобильного транспорта являются вещества канцерогенного характера. К ним относятся свинец, некоторые полициклические углеводороды (бенз(а)пирен).

Свинец образуется при сгорании тетраэтилсвинца в двигателях внутреннего сгорания, который используется как антидетонатор для повышения октанового числа бензина. Максимальное содержание в бензине составляет 0,25 г/кг (0,37 г/л).

Если легкие фракции загрязнителей могут перемещаться на дальние расстояния, рассеиваясь на больших площадях, то соединения свинца выпадают локально.

Таким образом, в результате движения автотранспорта происходит загрязнение свинцом почвы и растительности придорожной полосы.

Многочисленные исследования показывают, что до 70 % свинца накапливается в верхнем 10-сантиметровом слое почвы в полосе до 60 м от полотна дороги. По мере удаления количество свинца в почве постепенно снижается, хотя и прослеживается на расстоянии до 300 м от полотна дороги.

При этом распространение свинца зависит от наличия и плотности зеленых насаждений (чем плотность выше, тем меньше свинца в почве), а также от наличия различных препятствий.

Фоновое содержание свинца в воздухе колеблется от 10 до 60 нг/м³, а в почве вдоль дорог доходит до 10 мг/кг. В то же время предел допустимой концентрации свинца в воздухе населенных пунктов установлен 0,007 мг/м³.

Токсичные вещества попадают в атмосферу в составе отработавших газов. Токсичными являются и сами углеводородные топлива, особенно бензины, точнее их пары, выходящие из отверстий топливных баков и карбюратора, а также картерные газы двигателя.

Предельно допустимая среднесуточная концентрация паров бензина – 1,5 мг/м³.

Однако автотранспорт является еще и мощным источником выделения аэрозолей, которые формируются по двум разным механизмам:

– первая часть аэрозолей поступает в атмосферу города в результате неполного сгорания топлива в двигателях (особенно в дизелях) транспортных средств. При этом выделяется тонкодисперсный аэрозоль сажи. В составе сажи, выбрасываемой двигателем, есть и полициклические углеводороды, обладающие канцерогенным и мутагенным действием (около 75 % мутагенов адсорбируются именно на саже), что сильно повышает ее агрессивность;

– вторая часть аэрозоля формируется в результате взаимодействия шин автомобиля и воздушного потока, создаваемого им, с поверхностью дороги.

Таким образом, автомобильные дороги крупного города являются мощным источником как первичного, так и вторичного выделения веществ загрязнителей в атмосферу.

9.2. Расчет выбросов от автомобильного транспорта

Массовый выброс M_{ij} загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице определяется по формуле

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{\text{общ}}^N \cdot 10^{-6}, \quad (9.1)$$

где m_{ij} – приведенный пробеговый выброс,

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{ti}, \quad (9.2)$$

m_i – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км; K_{ri} – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов; K_{ti} – коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го ЗВ; $L_{\text{общ}}^N$ – суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице, который является функцией времени, интенсивности и скорости движения автотранспортного средства (АТС), км.

Суммарный сезонный пробег по улице $L_{\text{общ}}^N$ рассчитывается по следующей формуле:

$$L_{\text{общ}}^N = \sum_t^n L_{\text{сез}}^N = \sum_t^n v_{\text{авт}} t_g N_{\text{сез}}^N, \quad (9.3)$$

где $v_{\text{авт}}$ – скорость движения транспортных средств; $N_{\text{сез}}^N$ – число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон; t_g – время движения автотранспортного средства по данной улице,

$$t_g = \frac{L}{v_{\text{авт}}}, \quad (9.4)$$

где L – длина улицы, км.

Исходя из уравнений (9.3) и (9.4) суммарный годовой пробег автомобилей

$$L_{\text{общ}}^N = \sum_t^n L \cdot N_{\text{сез}}^N. \quad (9.5)$$

Число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон, определяется суммированием:

$$N_{\text{сез}}^N = t \cdot (N_y + N_d + N_b + N_n) \cdot n, \quad (9.6)$$



где t – время, $t = 6$ ч; n – количество дней в сезоне.

Значения приведенного пробегового выброса i -го загрязняющего вещества данным типом транспортных средств приведены в табл. 9.1.

Табл. 9.1. Приведенный пробеговой выброс для различных видов

Тип автотранспорта	Примесь	Пробеговой выброс, г/км	Коэффициент			Приведенный пробеговой выброс, г/км
			K_{ri}	K_{ti}	K_{ni}	
Легковые	CO	13,0	0,87	1,75	–	19,8
	NO ₂	1,5	0,94	1,0	–	1,4
	CH	2,6	0,92	1,48	–	3,5
	SO ₂	0,076	1,15	1,15	–	0,1
	Pb	0,025	1,15	1,15	–	0,03
Грузовые бензиновые	CO	52,6	0,89	2,0	0,68	63,7
	NO ₂	5,1	0,79	1,0	0,67	2,7
	CH	4,7	0,85	1,83	0,87	6,4
	SO ₂	0,16	1,15	1,15	1,19	0,3
	Pb	0,023	1,15	1,15	1,19	0,04
Грузовые дизельные	CO	2,8	0,95	1,6	0,68	2,9
	NO ₂	8,2	0,92	1,0	0,82	6,2
	CH	1,1	0,93	2,1	0,76	1,6
	SO ₂	0,96	1,15	1,15	1,2	1,5
	Сажа	0,5	0,8	1,9	0,54	0,4
Автобусы бензиновые	CO	67,1	0,89	1,4	0,9	75,2
	NO ₂	9,9	0,79	1,4	0,89	9,7
	CH	5,0	0,85	1,4	0,96	5,7
	SO ₂	0,25	1,15	1,1	1,3	0,4
	Pb	0,037	1,15	1,1	1,3	0,1
Автобусы дизельные	CO	4,5	0,95	1,4	0,89	5,3
	NO ₂	9,1	0,92	1,4	0,93	10,9
	CH	1,4	0,93	1,4	0,92	1,7
	SO ₂	0,9	1,15	1,1	1,3	1,5
	Сажа	0,8	0,8	1,4	0,75	0,7

Пример расчета.

Пробег легкового автотранспорта для улицы (зима). Варианты заданий представлены в табл. 9.2.

Табл. 9.2. Варианты заданий для расчета категории опасности улицы

Номер варианта	АТС	Интенсивность движения по сезонам, авт/ч				Длина улицы, м
		Зима	Весна	Лето	Осень	
1	2	3	4	5	6	7
1	Легковые	500	600	700	750	2000
	Грузовые	350	450	500	400	
	Автобусы	150	150	100	250	
	Всего	1000	1200	1300	1400	
2	Легковые	550	550	750	800	2500
	Грузовые	370	400	320	340	
	Автобусы	250	330	300	310	
	Всего	1120	1280	1370	1450	
3	Легковые	900	780	820	1000	3000
	Грузовые	200	360	410	390	
	Автобусы	150	200	230	190	
	Всего	1250	1340	1460	1580	
4	Легковые	930	1030	840	1010	3500
	Грузовые	330	320	390	410	
	Автобусы	150	190	230	160	
	Всего	1410	1540	1460	1580	
5	Легковые	1200	1330	1450	1370	4000
	Грузовые	370	370	390	330	
	Автобусы	130	200	160	100	
	Всего	1700	1900	2000	1800	
6	Легковые	830	860	910	940	4500
	Грузовые	100	110	115	120	
	Автобусы	70	80	75	90	
	Всего	1000	1050	1100	1150	
7	Легковые	945	915	970	905	5000
	Грузовые	130	145	120	115	
	Автобусы	105	90	110	60	
	Всего	1180	1150	1200	1080	
8	Легковые	1110	1050	1150	1010	5500
	Грузовые	90	120	140	180	
	Автобусы	10	80	60	20	
	Всего	1210	1250	1350	1210	
9	Легковые	1080	1210	1280	990	6000
	Грузовые	170	130	100	220	
	Автобусы	30	40	20	20	
	Всего	1280	1380	1400	1230	

Продолжение табл. 9.2

1	2	3	4	5	6	7
10	Легковые	1020	1050	1100	980	6500
	Грузовые	200	110	300	160	
	Автобусы	80	90	100	90	
	Всего	1300	1350	1500	1250	
11	Легковые	700	720	800	780	7000
	Грузовые	130	140	160	105	
	Автобусы	10	20	40	15	
	Всего	840	880	1000	900	
12	Легковые	705	810	840	690	7500
	Грузовые	150	190	165	240	
	Автобусы	35	50	55	50	
	Всего	890	1050	1060	980	
13	Легковые	785	815	860	905	8000
	Грузовые	90	200	190	110	
	Автобусы	45	65	70	55	
	Всего	920	1080	1120	1070	
14	Легковые	950	960	1000	910	8500
	Грузовые	100	105	135	80	
	Автобусы	50	65	85	20	
	Всего	1100	1130	1220	1010	
15	Легковые	925	955	1105	965	9000
	Грузовые	110	125	130	175	
	Автобусы	55	60	65	60	
	Всего	1090	1140	1300	1200	
16	Легковые	13	15	18	14	9500
	Грузовые	7	6	5	9	
	Автобусы	2	4	5	3	
	Всего	22	25	28	26	
17	Легковые	16	20	22	15	10000
	Грузовые	7	9	11	7	
	Автобусы	5	6	5	4	
	Всего	28	35	38	36	
18	Легковые	17	31	35	32	10500
	Грузовые	9	8	10	10	
	Автобусы	6	6	3	4	
	Всего	32	45	48	46	

Окончание табл. 9.2

1	2	3	4	5	6	7
19	Легковые	30	36	39	33	11000
	Грузовые	9	15	16	18	
	Автобусы	3	4	3	4	
	Всего	42	55	58	56	
20	Легковые	37	40	42	38	11500
	Грузовые	13	15	18	17	
	Автобусы	5	6	4	5	
	Всего	55	61	64	60	

$$L_{\text{зим}}^N = 6 \cdot 1,65 \cdot (150 + 108 + 135 + 6) \cdot 91 = 359459 \text{ км.}$$

Количество выбросов угарного газа за сезон

$$M_{\text{CO}} = 359459 \cdot 19,8 \cdot 10^{-6} = 7,1 \text{ т/сез.}$$

9.3. Расчет категории опасности автомобильного транспорта

Категорию опасности автомобильного транспорта (КОА) рассчитывают по аналогии с категорией опасности предприятия (КОП):

$$\text{КОА} = \sum_1^n \frac{M_i}{\text{ПДК}_i}. \quad (9.7)$$

Для расчета КОА при отсутствии ПДК_{СС} используют значения ПДК_{МР}, ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимой концентрации для рабочей зоны.

9.4. Расчет категории опасности дороги

Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается выбросами пыли M_n , а пылеобразование на дорогах можно количественно описать через категорию опасности дороги (КОД):

$$\text{КОД} = \frac{M_n}{\text{ПДК}_n} = \frac{CV^y}{\text{ПДК}_n}, \quad (9.8)$$



где C – концентрация пыли в воздухе улицы; V^y – объем воздуха, в котором рассеяна пыль.

Количество пыли, выбрасываемое n -м количеством автомобилей i -го класса, проходящих над поверхностью S_A , рассчитывается по формуле

$$M_a^y = \psi_i \cdot S_{Ai} \cdot N_i, \quad (9.9)$$

где S_A – площадь проекции автомобиля на поверхность дороги, m^2 ; ψ_i – сдуваемость пыли, $mg/(cm^2 \cdot c)$; N_i – интенсивность движения автомобилей i -го класса.

Значения удельной сдуваемости для различных транспортных средств представлены в табл. 9.3.

Табл. 9.3. Значения удельной сдуваемости для различных транспортных средств

Тип АТС	Значение удельной сдуваемости, $mg/(m^2 \cdot c)$
Легковой	240
Грузовой	516
Автобусы	541

Объем воздуха, в котором распределяется пыль, рассчитывается через постоянный объем атмосферы V_0^y , определяемый площадью улицы S и высотой приземного слоя h , и его прирост ΔV , создаваемый диффузионными процессами, по формуле

$$V^y = V_0^y + \Delta V = Sh + \Delta V. \quad (9.10)$$

Для случая, когда в атмосфере наблюдаются застойные явления ($v = 0-3$ м/с), прирост определяется через увеличение высоты приземного слоя:

$$\Delta V = [2 \cdot L \cdot h + S] \cdot v_{\text{диф}} \cdot t. \quad (9.11)$$

Вероятность таких погодных условий составляет 70 %.

9.5. Расчет категории опасности улицы

Как комплексный показатель, характеризующий качество атмосферы на улице любого назначения, используется категория опасности

улицы (КОУ), определяемая через опасность (выбросы) автомобиля и качественные характеристики автомобильной дороги:

$$КОУ = КОА + КОД. \quad (9.12)$$

Форма отчета о выполненной работе. Отчет включает в себя исходное задание, формулы и результаты расчетов.

Результаты расчета.

1. Расчет массы загрязняющих веществ, выбрасываемых автомобильным транспортом на данной улице, заполнение таблицы по суммарному выбросу вредных веществ (табл. 9.4).

2. Расчет КОА, заполнение таблицы с результатами КОВ для различного вида транспорта (табл. 9.5).

3. Выводы.

Табл. 9.4. Количество загрязняющих веществ, выбрасываемое автотранспортом на данной улице

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)							
	Тип автомобиля	Выброс разных веществ по сезонам, т/сез						Суммарный выброс, т/сез
		СО	СН	NO _x	SO ₂	Pb	Сажа	
	Легковые							
	Грузовые							
	Автобусы							
	Всего							

Табл. 9.5. Значения категории опасности вещества для различного вида автотранспорта

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)							
	Тип автомобиля	Значение КОВ, м ³ /с						КОА, м ³ /с
		СО	СН	NO _x	SO ₂	Pb	Сажа	
	Легковые							
	Грузовые							
	Автобусы							
	Всего							

Контрольные вопросы

1. Воздействие автотранспорта на атмосферу города.
2. Влияние выбросов от автотранспорта на здоровье людей.

3. Распространение отработавших газов в зоне дороги.
4. Пылеобразование на автомобильных дорогах.
5. Предупреждение пылеобразования на автомобильных дорогах.
6. Проблема загрязнения атмосферного воздуха и почвы соединениями свинца, входящими в состав отработавших газов.
7. Классификация дорожных загрязнений по источникам их образования.
8. Оценка уровня загрязнения атмосферы автотранспортом.
9. Проблема загрязнения почвы выбросами от автотранспорта.
10. Перспективы снижения загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом.

10. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАТЕГОРИИ ОПАСНОСТИ ИССЛЕДУЕМОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Цель работы: освоение методики расчета категории опасности исследуемого территориально-производственного комплекса.

Категория опасности территориально-производственного комплекса (КОГ) оценивается как сумма категорий опасности предприятий (КОП) и улиц (КОУ), расположенных на одной территории:

$$\text{КОГ} = \sum_{i=1}^n \text{КОП}_i + \sum_{i=1}^n \text{КОУ}_i. \quad (10.1)$$

Форма отчета о выполненной работе. Отчет включает в себя исходное задание, формулы и результаты расчетов.

Результаты расчета.

1. Расчет категории опасности территориально-производственного комплекса.
2. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Комплексные показатели качества атмосферы.
2. Критерии деления предприятий по категории опасности.
3. Естественные и антропогенные источники загрязнения окружающей среды.
4. Классификация источников загрязнения воздушного бассейна по дальности распространения.
5. Классификация источников загрязнения воздушного бассейна по геометрической форме.
6. Классификация источников загрязнения воздушного бассейна по режиму работы.

11. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ПОЛИГОНЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

11.1. Термины и определения

ОС (окружающая среда) – среда обитания и производственной деятельности человека, включающая и природную среду.

ЗВ (загрязняющие вещества) – привнесенные в ОС или возникшие в ней новые, не характерные для нее физические и химические агенты, приводящие к негативным (в том числе патологическим) последствиям для живых организмов.

Токсичность – присутствие вредных химических веществ, загрязняющих ОС, отравляющих находящиеся в ней живые организмы.

С (концентрация) – содержание вещества в единице объема (объемная масса).

ПДК_{сс} – предельно допустимая среднесуточная концентрация ЗВ, почти не влияющая отрицательно на живые организмы.

ПДК_{мр} – предельно допустимая максимальная разовая (не более 20 мин) концентрация.

ССК – среднесуточная концентрация вещества.

СГК (среднегодовая концентрация) – содержание примеси, определяемое как среднее значение из ССК, измеренных по полной программе контроля не менее чем за 200 сут.

ЭС (эффект суммации) – усиление вредного воздействия ЗВ, обладающих однонаправленным действием.

ЭП (эффект потенционирования) – ослабление вредного воздействия ЗВ в определенном их сочетании.

ПДВ (предельно допустимый выброс) – научно-технический норматив, устанавливаемый из условия: содержание ЗВ в приземном слое воздуха не должно превышать нормативов качества для населения, растительного и животного мира.

ИКС (индекс качества среды) – показатель, отражающий пригодность среды для жизни организма и выражающийся степенью заболеваемости, интенсивностью размножения, смертностью или выживаемостью.

ИЗА (индекс загрязнения атмосферы) – интегральный количественный показатель содержания в воздухе ЗВ с учетом их концентрации и класса опасности.

Мониторинг – система наблюдений, контроля и управления за состоянием ОС для предупреждения о возможных нежелательных и

критических ситуациях, вредных и опасных для людей и других живых существ.

ГСМОС (глобальная система мониторинга окружающей среды) – информационная система, позволяющая оценить современное фоновое состояние биосферы.

УЗ – уровень загрязнения (соотношение фактической концентрации ЗВ с ПДК_{СС}).

Отходы – мусор бытовой и строительный, отбросы учреждений питания, торговли, промышленности.

ТБО – твердые бытовые отходы.

МСЗ – мусоросжигающий завод.

МПЗ – мусороперерабатывающий завод.

СЗЗ – санитарно-защитная зона.

11.2. Обращение с отходами

Действующая на протяжении всей человеческой истории линейная схема «добыча – переработка (производство) – употребление – пополнение отходов» становится все менее приемлемой. Под отходы отчуждаются пахотные земли, а, главное, из-за них все более ухудшается состояние среды обитания. Известны следующие подходы к ТБО:

- стихийное складирование на открытых свалках (необорудованные, «дикие»);
- организованные свалки (формирование больших объемов без утилизации газов и стока);
- полигоны ТБО с утилизацией биогаза (анаэробная деструкция органики с выделением метана);
- компостирование (биохимический процесс обезвоживания);
- глубокое прессование твердого компонента в кипы при давлении до 80 МПа (на Минском МПЗ это кубы объемом 0,7 м³ и массой 700 кг) при сокращении объема в 20 раз и более;
- пиролиз (нагрев и сжигание при $t = 600-800$ °С высокотоксичных отходов сельхозхимии, фармацевтических производств, отходов после ухода за больными и т. п.).

11.3. Рисайклинг как система сбора и переработки ТБО

Рисайклингом называют рационализированную систему сбора и переработки компонентов ТБО в продукты, имеющие потребительскую стоимость. Он начинается с отдельного сбора и идентификации

отходов, пригодных для повторной переработки. Затем следует сортировка по типу сырья. Пищевые отходы, древесина, листва – все, что способно перегнивать, идет на компостирование. Рисайклинг по сравнению с устранением экономически целесообразен до тех пор, пока сумма прибыли от вторсырья и затрат на устранение является более высокой, чем затраты на рисайклинг. Технические границы рисайклинга обусловлены тем, что пока не для каждого случая существуют подходящие системы идентификации, сортировки и переработки. Расчеты вариантов с рисайклингом по стеклу, пластику, бумаге и картону, а также данные зарубежного опыта однозначно свидетельствуют, что переработка этих компонентов ТБО способна приносить прибыль.

Затраты на организацию сбора и переработку мусора несопоставимы с затратами на печь сжигания и сопутствующие ей системы очистки – нейтрализации. Для большинства видов горючих ТБО рисайклинг является более энергосберегающим методом переработки, нежели сжигание на МСЗ, даже при условии выработки электроэнергии и тепла. В 40-х гг. XX в. Западная Европа начала возводить МСЗ и активно строила их до 80-х гг. Загрязнение окружающей среды от МСЗ привело к необходимости переосмыслить стратегию в обращении с ТБО и перейти от чисто затратных методов к экономическим, рисайклинговым. Метод полного сжигания ТБО неэкологичен, чрезвычайно дорог и неэкономичен, находится вне современных тенденций. Доля сжигаемых ТБО составляет в США 16 %, в Канаде – 9 %, в Германии – 35 %, в Великобритании – 1 %, во Франции – 42 %, в Италии – 18 %, в Японии – 75 %.

Запустить рисайклинг вполне может легкий на подъем частный бизнес, но для этого необходимы корректировки нормативно-правовой основы обращения с отходами и минимальная поддержка государства. Следует разработать и законодательную базу поощрения предприятий, занимающихся сбором и вторичной переработкой компонентов ТБО. Опыт Германии: пошлина на загрязнителей ОС и доход от лицензирования экологичной продукции, маркированной «зеленой точкой», в качестве дотации поступают переработчикам ТБО.

11.4. Устройство и возведение полигона ТБО

Полигоны захоронения ТБО являются специальными природоохранительными сооружениями, предназначенными для сбора и обезвреживания отходов. Они также должны обеспечивать высокую степень экологической безопасности для ОС. На полигонах ТБО утилизируются отходы от служб коммунального хозяйства, предприятий тор-

говли, питания, некоторые виды промышленных отходов, не обладающие токсичными или радиоактивными свойствами, а также строительный и уличный мусор.

В состав сооружений полигона ТБО входят чаша и курган (рис. 11.1).

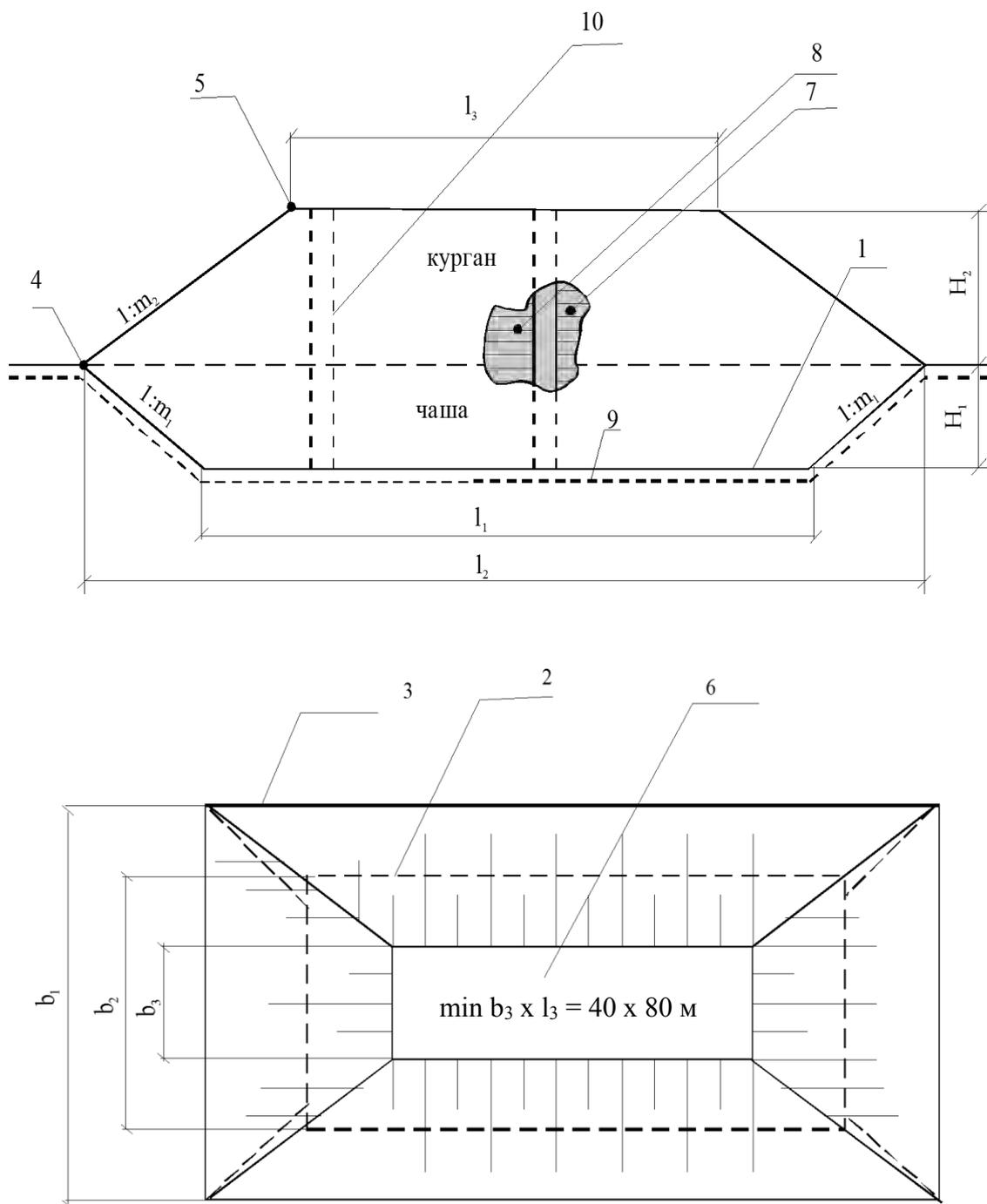


Рис. 11.1. Схема полигона ТБО: 1 – дно скважины; 2 – нижний периметр (контур) чаши; 3 – верхний контур чаши (нижний периметр кургана); 4 – бровка откоса чаши (подошва откоса кургана); 5 – бровка откоса кургана; 6 – верхняя площадка; 7 – рабочий пласт твердых отходов мощностью 2 м; 8 – изоляционный слой грунта толщиной 0,25 м; 9 – водонепроницаемый экран; 10 – колодец сбора биогаза

Чаша представляет собой выемку с изолирующим экраном для защиты грунтовой среды от фильтратной жидкости. Глубина выемки H_1 и высота кургана H_2 рассчитываются исходя из предполагаемого объема накопления отходов в течение 15–25 лет. Показатели площади полигона на расчетный период 15 лет приводятся в табл. 11.1.

Табл. 11.1. Ориентировочные значения величин площади участка складирования

Количество проживающих, тыс. чел.	Высота складирования отходов, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	4,5–5,5	–	–	–	–
100	12,5	8,5	6,5–7,5	–	–	–
250	31,0	21,0	16,0	11,5	–	–
500	61,0	41,0	31,0	23,0	16,5–20	–
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	–
1000	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	27,0–31,0

Высота откоса H_1 при устройстве строительного котлована под будущую чашу определяется по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения для заданного коэффициента устойчивости η (формула проф. Г. И. Тер-Степаняна – проф. М. Н. Гольдштейна):

$$\eta = f \cdot A + \left[\frac{c}{\gamma \cdot H_1} \right] \cdot B, \quad (11.1)$$

где f – коэффициент внутреннего трения, $f = \operatorname{tg} \varphi$; φ – угол внутреннего трения грунта основания, град; c – удельное сцепление, кПа; γ – собственный вес грунта, кН/м³; A и B – коэффициенты, зависящие от геометрических размеров сползающего клина, при условии прохождения поверхности скольжения через подошву откоса (принимаются по табл. 11.2).

Табл. 11.2. Коэффициенты, зависящие от геометрических размеров сползающего клина

Заложение откоса, 1: m_1	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2	1:2,25	1:2,5	1:2,75	1:3
A	2,37	2,64	2,64	2,87	3,23	3,19	3,53	3,59	3,59
B	5,79	6,05	6,50	6,58	6,70	7,27	7,30	8,02	8,91

Согласно формуле (11.1) высота откоса H_1 котлована при принятом значении величины η рассчитывается как

$$H_1 = \frac{c \cdot B}{\gamma \cdot (\eta - f \cdot A)}. \quad (11.2)$$

Контуры кургана назначаются исходя из рекомендуемого заложения его откосов $m_2 = 1:3-1:4$.

Высота складирования H_2 , м, определяется из условия заложения внешних откосов $1:m_2$ и необходимости иметь размеры верхней площадки не менее 40×80 м для обеспечения работы мусоровозов и бульдозеров. Каждый пласт ТБО имеет мощность 2 м, а на него укладывают изоляционный грунтовый слой толщиной 0,25 м.

11.5. Расчетная часть

Расчет вместимости полигона и объема отходов

1. В соответствии с заданным количеством жителей города и с учетом табл. 11.1 рассчитывается площадь S , га, участка прямоугольной формы. Принято, что наиболее экономичны земельные участки, близкие по форме к прямоугольнику с соотношением сторон $l_2 : b_2 = (2,1-1,7) : 1$.

2. После установления длины l_2 и ширины b_2 земельного участка определяются размеры строительного котлована (чаши). Его глубина H_1 рассчитывается по формуле (11.2).

Размеры площади дна котлована:

$$l_1 = l_2 - 2 \cdot [H_1 / (1 : m_1)] = l_2 - 2 \cdot m_1 \cdot H_1; \quad (11.3)$$

$$b_1 = b_2 - 2 \cdot [H_1 / (1 : m_1)] = b_2 - 2 \cdot m_1 \cdot H_1. \quad (11.4)$$

Размеры верхней площадки кургана:

$$l_3 = l_2 - 2 \cdot [H_2 / (1 : m_2)] = l_2 - 2 \cdot m_2 \cdot H_2; \quad (11.5)$$

$$b_3 = b_2 - 2 \cdot [H_2 / (1 : m_2)] = b_2 - 2 \cdot m_2 \cdot H_2. \quad (11.6)$$

3. Объем V_1 , м³, чаши захоронения (формула, как для усеченной правильной пирамиды):

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}) \cdot H_1, \quad (11.7)$$

где S_1 – площадь дна котлована, $S_1 = b_1 \cdot l_1$; S_2 – площадь сечения в уровне бровки откоса чаши, $S_2 = b_2 \cdot l_2$.

4. Объем V_2 , м³, кургана захоронения:

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot (S_2 + S_3 + \sqrt{S_2 \cdot S_3}) \cdot H_2, \quad (11.8)$$

где S_3 – площадь сечения в уровне верхней площадки, м³.

5. Общая вместимость полигона V , м³, определяется по формуле

$$V = V_1 + V_2. \quad (11.9)$$

6. Потребность в изолирующем материале (грунте)

$$V_{\text{гр}} = V \cdot (1 - 1/k), \quad (11.10)$$

где k – коэффициент коррекции вместимости полигона вследствие введения слоя грунта изоляции, $k = 1,25$.

7. Общий объем $V_{\text{ТБО}}$, м³, складирования отходов на полигоне:

$$V_{\text{ТБО}} = V - V_{\text{гр}}. \quad (11.11)$$

Расчет выделяющегося биогаза

В толще складированной массы отходов идет биотермический анаэробный процесс распада органических веществ. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основу которого составляют метан и диоксид углерода. Биогаз также содержит пары воды, сероводород, аммиак, оксид углерода, оксиды азота и ряд других примесей вредных для здоровья человека. Ориентировочная продолжительность периода образования биогаза составляет 10–30 лет, а максимальное выделение его с поверхности полигона приходится на седьмой год хранения.

1. Объем V_3 , м³, и масса M_3 , т, образующегося в течение года биогаза, рассчитываются как

$$V_3 = M_{\text{ТБО}} \cdot W_{\text{уд}}, \quad (11.12)$$



где $W_{уд}$ – удельный выход биогаза, $W_{уд} = 5,1 \text{ м}^3/\text{т}$; $M_{ТБО}$ – масса ТБО, завезенная на полигон,

$$M_{ТБО} = V_{ТБО} \cdot \rho_{ТБО}, \quad (11.13)$$

где $\rho_{ТБО}$ – плотность отходов, $\rho_{ТБО} = 0,75$;

$$M_3 = V_3 \cdot \rho_3, \quad (11.14)$$

где ρ_3 – плотность биогаза, $\rho_3 = 1,248 \text{ кг/м}^3$.

2. Суточный объем $V_{3,C}$, $\text{м}^3/\text{сут}$, и масса $M_{3,C}$, кг, биогаза:

$$V_{3,C} = V_3 / 365; \quad (11.15)$$

$$M_{3,C} = V_{3,C} \cdot \rho_3. \quad (11.16)$$

3. Расчет выбросов основных загрязняющих ингредиентов в атмосферу M_i , т/год, производится следующим образом:

$$M_i = \frac{M_{ТБО} \cdot M_{Вi}}{100000}, \quad (11.17)$$

где $M_{Вi}$ – параметр выброса i -го вещества, принимаемый по данным табл. 11.3.

Табл. 11.3. Параметры выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферу полигоном ТБО вместимостью 100000 т

Наименование веществ	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³	Класс опасности	Выброс, $M_{Вi}$, т/год
Азота диоксид	0,085	0,04	2	0,70973
Аммиак	0,2	0,04	4	0,39108
Ангидрид сернистый	0,5	0,05	3	0,05
Бензол C_6H_6	1,5	0,1	2	0,00114
Дихлорэтан	3	1	2	0,048
О-крезол	0,028	–	2	0,1176
Метан	100	25	4	115,69
Метилбензол (толуол)	0,6	0,6	3	0,1
Пропан	100	25	4	0,02
Сероводород	0,008	–	2	0,0652
Углерода оксид	3	3	4	1,2
Хлорэтан	–	0,2	4	0,044

Расчет сточных вод полигона

В результате протекания процесса анаэробного разложения ТБО и проникновения внутрь тела полигона воды и влаги образуется фильтрат, представляющий собой темную неприятно пахнущую жидкость. Основными источниками образования сточных вод полигона являются:

- атмосферные осадки;
- избыточная влага складированных отходов, удаляемая из них при укладке с уплотнением (отжимаемая жидкость);
- потребление воды на хозяйственно-бытовые нужды.

1. Суточный объем $V_{4,ф}$, м³, выделяющегося с уложенной массы отходов фильтрата определяется как

$$V_{4,ф} = k_1 \cdot (Q_1 + Q_2) / 365, \quad (11.18)$$

где k – коэффициент, учитывающий влагопоглощающую и испарительную способность бытовых отходов, $k = 0,1-0,15$; Q_1 – суммарное годовое количество осадков, выпадающих на поверхность отходов, $Q_1 = S_2 \cdot \bar{h}$; \bar{h} – среднегодовая норма осадков, м; Q_2 – суммарное годовое количество прочих вод, распределяемых по поверхности отходов,

$$Q_2 = K_L \cdot N \cdot n_m, \quad (11.19)$$

где K_L – расход воды на мойку одного контейнера, $K_L = 0,06$ м³; N – число контейнеров в сутки; n_m – число дней в году, когда осуществляется мойка контейнеров, $n_m = 160$.

2. Содержание веществ в фильтрате по видам для проектируемого полигона за сутки Q_c , кг, и за год Q_r , кг, при хранении отходов:

$$Q_c = 10^{-3} \cdot V_{4,ф} \cdot C_{ф}; \quad (11.20)$$

$$Q_r = Q_c \cdot 365, \quad (11.21)$$

где $C_{ф}$ – содержание вещества, принимаемое по данным табл. 11.4.

Табл. 11.4. Концентрация вещества в фильтрате

Наименования веществ	Концентрация вещества в фильтрате $C_{ф}$, мг/л		
	ПДК	в период образования	при хранении
1	2	3	4
Хлориды	350,0	1550–3000	1550–3000
Сульфаты	500,0	300–500	5–30,0

Окончание табл. 11.4

1	2	3	4
Взвешенные частицы	0,75 к фону	130–600,0	130–600,0
Железо общее	0,3	50,0	4–25
Медь	0,5	0,08–2,0	0,08–2,0
Цинк	1,0	0,6–1	0,3–0,5
Марганец	0,1	0,8–1,2	0,8–1,2
Никель	0,1	0,2–0,4	0,2–0,4
Фосфаты	3,5	8,5–15	8,5–15
Азот аммонийных солей	1,0	100–1200	100–1200
Азот нитратов	10,2	70–500	70–500
Хром	0,5	0,11–0,5	0,11–0,5
Нефтепродукты	0,3	0,7–1,0	–

11.6. Мероприятия по защите окружающей среды от воздействия полигона ТБО

Мониторинг выбросов

В процессе образования выбросов загрязняющих веществ полигоном ТБО осуществляют контроль за:

- работой технологического оборудования;
- соблюдением регламентов технологического процесса;
- составом атмосферного воздуха и химизмом грунтовых вод по внешнему периметру границы СЗЗ.

Отвод биогаза

Для исключения скопления биогаза в теле полигона предусматривается его отвод через сеть дегазационных колодцев. За основу конструкции приняты сборные железобетонные колодцы диаметром 1500 мм.

На поверхности защитного экрана устанавливается плита днища диаметром 2 м, на ней монтируются железобетонные кольца. Монтаж колец производится без заделки стыков, с засыпкой внутренней полости щебнем (гравием). С наружной стороны выполняется фильтрующая обсыпка кольцевым слоем толщиной 0,15–0,35 м. Перед укладкой изолирующего слоя в массу отходов укладывают радиальные газопроводы из полиэтиленовых труб диаметром 300 мм с выводом их в дегазационные вертикальные колодцы. Законченный колодец сверху перекрывают шатровой крышкой с газовыпуском.

Разогретый внутри массива отходов до 40–50 °С биогаз легче воздуха. Из толщи отходов по газопроводам через фильтрующую обсыпку из-за неплотности железобетонных колец он проникает во внутреннюю полость колодцев и поднимается вверх. Отвод его в атмосферу осуществляется через дефлекторы.

Сбор и обезвреживание фильтрата

Жидкий сток с участка захоронения отходов собирается специальной дренажной системой из перфорированных пластмассовых труб. Далее по сборному магистральному коллектору он самотеком сбрасывается в колодцы-отстойники за пределы карты складирования.

В качестве первой ступени обезвреживания фильтрата используется подача его на поверхность свалки (как одна из самых дешевых и ускоряющих процесс стабилизации свалки технологий). В колодце-отстойнике монтируется насос. В летний период стоки перекачиваются в сборно-разборную систему трубопроводов. Из перфорированных труб диаметром 76 мм обеспечивается разлив по поверхности карт складирования полигона. Распределение стока допускается из расчета до 30 м³/сут на участок площадью 1 га в течение 6 месяцев в году.

Излишки стоков фильтрата удаляются из колодцев сбора ассенизационной машиной и вывозятся на городские очистные сооружения.

Для отвода потока незагрязненных атмосферных и талых вод с участка и предотвращения подтопления полигона по его периметру устраиваются бетонные лотки сечением 0,5х0,5 м со сбором вод в понижении рельефа.

Рекультивация полигонов

Процесс рекультивации захороненных отходов начинается после завершения складирования и перехода свалочного материала в стабилизированное состояние и состоит из двух этапов – технического и биологического.

На первом этапе выполняются геологические, гидрогеологические, геофизические, ландшафтно-геохимические исследования. Этот этап включает также планировку, формирование откосов, строительство дорог, гидротехнических и др. сооружений. На биологическом этапе осуществляются работы по восстановлению нарушенных земель.

Территории полигонов используют в сельском и лесном хозяйстве, в строительстве. Жилищное строительство может быть допущено на территории полигона только после проведения соответствующих санитарно-бактериологических исследований.

Задание

1. Принять согласно табл. 11.5 исходные данные варианта (значения величин γ , c , φ , η , m_1 , \bar{h} и N).

2. Рассчитать вместимость полигона, объемы отходов и грунта изоляционных слоев.

3. Определить объемы биогаза, выделяющегося при деструкции органики в складированной массе.

4. Рассчитать объемы фильтратных стоков и массы содержащихся в них загрязняющих веществ.

5. Оценить влияние полигона ТБО на окружающую среду.

Табл. 11.5. Варианты заданий для проектирования полигона ТБО

Номер варианта	Количество жителей, тыс. чел.	Наименование грунта основания	Собственный вес грунта γ , кН/м ³	Удельное сцепление грунта c , кПа	Угол внутреннего трения φ , град	Коэффициент устойчивости откоса η	Заложение откосов чаши 1: m_1	Региональная норма осадков \bar{h} , м/год	Число контейнеров в сутки N
1	50	Песок	16	1,7	35	1,2	1:1	0,52	150
2	60	Супесь	19	18	24	1,5	1:1,5	0,498	160
3	70	Суглинок	20,5	37	15	1,7	1:2,5	0,5	155
4	90	Песок	17	2	30	1,25	1:1	0,55	180
5	100	Супесь	18,5	7	28	1,4	1:1,75	0,62	200
6	110	Суглинок	20	34	19	1,8	1:2,25	0,633	220
7	100	Глина	22,5	40	14	1,9	1:2,5	0,61	230
8	250	Супесь	17,2	17	25	1,6	1:1,25	0,62	300
9	270	Суглинок	20,9	38	14	1,8	1:2,75	0,6	350
10	280	Глина	22	42	9	1,9	1:3	0,58	320
11	300	Песок	16	1,5	38	1,15	1:1	0,6	310
12	350	Супесь	18	19	23	1,5	1:2	0,498	350
13	400	Глина	20,8	39	18	1,8	1:2,5	0,54	400
14	450	Глина	22	43	8,5	1,9	1:3	0,64	420
15	500	Супесь	19	18	23	1,4	1:2,5	0,630	450
16	500	Суглинок	21	38	14	1,7	1:2,75	0,54	450
17	750	Глина	22	41	13	1,9	1:3	0,62	500
18	750	Песок	16	1,6	39	1,15	1:1	0,65	520
19	50	Песок	16	1,7	35	1,2	1:	0,52	150
20	60	Супесь	19	18	24	1,5	1:1,5	0,498	160
21	70	Суглинок	20,5	37	15	1,7	1:2,5	0,5	155
22	90	Песок	17	2	30	1,25	1:1	0,55	180
23	100	Супесь	18,5	7	28	1,4	1:1,75	0,62	200
24	110	Суглинок	20	34	19	1,8	1:2,25	0,633	220
25	100	Глина	22,5	40	14	1,9	1:2,5	0,61	230
26	250	Супесь	17,2	17	25	1,6	1:1,25	0,62	300
27	270	Суглинок	20,9	38	14	1,8	1:2,75	0,6	350
28	280	Глина	22	42	9	1,9	1:3	0,58	320

Контрольные вопросы

1. Классификация отходов производства и отходов потребителя.
2. Методы обращения с отходами.
3. Рисайклинг.
4. Состав и устройство полигонов ТБО.
5. Основные методы снижения воздействия полигонов ТБО на окружающую среду.
6. Выработка и отвод биогаза.
7. Отвод и очистка сточных вод полигона.
8. Рекультивация полигонов ТБО.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Проблема загрязнения окружающей среды на протяжении ряда исторических эпох.
2. Основные среды жизни.
3. Загрязнение мировых водных бассейнов.
4. Современные проблемы лесопользования.
5. Характеристика биогеоценоза и экосистем (по регионам мира).
6. Коммонер и законы экологии.
7. Сущность прикладной экологии.
8. Экология города: проблемы и пути их разрешения.
9. Влияние автотранспортных средств на загрязнение окружающей среды.
10. Обеспечение радиационной безопасности.
11. Антропогенное воздействие на гидросферу.
12. Создание атомных электростанций и их влияние на развитие человечества и окружающую среду.
13. Влияние человека на окружающую среду.
14. Обеспечение лазерной безопасности.
15. Промышленные предприятия и их воздействие на природу.
16. Природные катаклизмы.
17. Автотранспорт и его влияние на экологическую ситуацию в городской местности.
18. Загрязнение открытых морей нефтепродуктами.
19. Охрана животного мира.
20. Заповедники: сущность и предназначение.
21. Изменение климата: предпосылки и последствия.
22. Человек и его стремление к покорению природы.
23. Компьютерные технологии и экологическая безопасность.
24. Международная система контроля окружающей среды.
25. Способы очистки сточных вод.
26. Влияние состояния окружающей среды на здоровье человека.
27. Мировые ресурсы полезных ископаемых.
28. Сущность парникового эффекта.
29. Разрушение озонового слоя.
30. Последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС.
31. Изменение химического состава подземных вод.
32. Методы борьбы с лесными пожарами.
33. Круговорот азота в природе.
34. Влияние мировых войн на окружающую среду.
35. Безотходная переработка бумажных отходов.

36. Пестициды и химические удобрения.
37. Проблема опустынивания планеты.
38. Экологическое воспитание населения.
39. Виды экологических кризисов.
40. Международные природоохранные организации.
41. Международное законодательство в области охраны окружающей среды.
42. Воздействие отраслей экономики на окружающую природную среду.
43. Нефтегазодобывающая промышленность и ее воздействие на окружающую среду.
44. Мероприятия по ликвидации аварийных нефтезагрязнений окружающей среды.
45. Природоохранная деятельность нефтегазодобывающих предприятий.
46. Электроэнергетика и ее воздействие на окружающую среду.
47. Лесозаготовительная и деревообрабатывающая промышленность и ее воздействие на окружающую среду.
48. Водный транспорт и его воздействие на окружающую среду.
49. Воздушный транспорт и его воздействие на окружающую среду.
50. Железнодорожный транспорт и его воздействие на окружающую среду.
51. Автомобильный транспорт и его воздействие на окружающую среду.
52. Трубопроводный транспорт и его воздействие на окружающую среду.
53. Промышленные аварии.
54. Отходы производства.
55. Промышленная экология.
56. Промышленное производство и его воздействие на окружающую среду.
57. Очистка выбросов.
58. Совершенствование технологии производства путем повторного использования отходов.
59. Совершенствование добывающих и промысловых отраслей промышленности.
60. Процессы разрушения ландшафтов.
61. Переход на экологически более чистые источники энергии.
62. Снижение вредного воздействия транспорта.
63. Антропогенное воздействие на биосферу.
64. Антропогенное воздействие на литосферу.

65. Основополагающие понятия промышленной экологии: устойчивость, равновесие, живучесть, безопасность.

66. Признаки и показатели антропогенного изменения природного ландшафта в регионе освоения.

67. Градация критериев промышленного техногенеза.

68. Загрязнение окружающей среды в Российской Федерации (по регионам или федеральным округам).

69. Загрязнение окружающей среды в Республике Беларусь (по областям).

70. Динамика роста промышленного производства, потребления сырья и энергии и количества отходов.

71. Место техногенного кругооборота веществ в биогеохимическом кругообороте.

72. Изменение энтропии при сжигании угля и при фотосинтезе.

73. Концепции безотходных или чистых производств.

74. Создание безотходного производства.

75. Использование энергии в безотходном производстве и ограничения второго закона термодинамики.

76. Методы стимулирования природоохранной деятельности.

77. Суть принципа «не повреди природе и себе» и методы внедрения в сознание людей этого принципа.

78. Основные источники загрязнения воздуха, их ранжирование.

79. Основные методы очистки газов от вредных частиц и аэрозолей и принципы, на которых они базируются.

80. Основные пути уменьшения объема выбросов в атмосферу диоксида серы.

81. Основные циклические методы очистки отходящих газов от диоксида серы, их достоинства и недостатки.

82. Основные эколого-экономические последствия загрязнения атмосферы диоксидом серы и оксидами азота.

83. Основные методы уменьшения масштабов загрязнения оксидом азота.

84. Основные методы очистки отходящих газов от оксидов азота и их физико-химическое обоснование.

85. Основные методы очистки фтор- и хлорсодержащих газов и их обоснование.

86. Основные методы очистки отходящих газов от монооксида углерода и органических соединений.

87. Основные недостатки абсорбционных и адсорбционных методов очистки отходящих газов.

88. Разработка замкнутых водооборотных систем.

89. Основные методы обессоливания воды.

90. Основные методы очистки воды от органических примесей.

91. Природа аэробной биохимической очистки воды.
92. Суть анаэробного метода очистки сточных вод.
93. Основные мембранные методы очистки сточных вод.
94. Процесс обратного осмоса.
95. Вторичные энергетические ресурсы и их использование.
96. Система сбора и переработки промышленных отходов.
97. Система сбора и переработки твердых бытовых отходов.
98. Основные перспективы переработки ТБО.
99. Основные требования к полигонам для захоронения токсичных веществ и пути их реализации.
100. Роль производства строительных материалов в обезвреживании токсичных веществ.
101. Основные проблемы и пути их решения при организации безотходных территориальных производственных комплексов и экопромышленных парков.
102. Переработка отходов полиграфии.
103. Утилизация осадков сточных вод гальванического производства.
104. Страхование экологических рисков.
105. От абсолютной безопасности к приемлемому риску.
106. Новая концепция переработки отходов в г. Москве на базе региональных центров.
107. Классификация твердых промышленных и бытовых отходов.
108. Информация «государственная» и «общественная».
109. Доступ к экологической информации: права и возможности.
110. ISO 14000 – международные стандарты в области систем экологического менеджмента.
111. Решение совещания по проблемам развития экологического аудирования в Российской Федерации.
112. Дискуссии за круглым столом «Международный опыт развития экологически эффективного бизнеса».
113. Современные технологии и экологические проблемы современности.
114. Экологические проблемы как элемент производственной политики.
115. Экоаудит.
116. Экологическая оценка эффективности использования осадка сточных вод в качестве удобрения.
117. Загрязнение окружающей среды и его формы.
118. Оценка природных ресурсов и плата за них.
119. Роль экологической этики в современном обществе.

120. Визуальная среда – один из главных компонентов жизнеобеспечения человека.

121. Обеззараживание и обезвреживание с использованием окислителей природных, сточных вод и их осадков.

122. Методика оценки радиационной обстановки.

123. Малые дозы ионизирующего излучения и их воздействие на организм человека.

124. Вредные вещества, воздействие и нормирование.

125. Водоснабжение и канализация города.

126. Экофилософия.

127. Технология переработки шин.

128. Обработка отходов птицефабрик.

129. Организация контроля окружающей среды на предприятиях.

130. Проблема утилизации мусора и бытовых отходов.

131. Проблема очистки бытовых стоков.

132. Проблема качества воды.

133. Влияние автотранспорта на окружающую среду.

134. Рациональная экологическая организация города.

135. Экологические проблемы сельского хозяйства.

136. Качество пищи и состояние окружающей среды.

137. Проблема перехода на замкнутые системы и безотходные производства.

138. Перспективы создания малоопасных и малотоксичных производств.

139. Правовое обеспечение охраны окружающей среды.

140. Нормативно-правовые документы по охране окружающей среды, промышленной и экологической безопасности.

141. Организация системы контроля экологической, технической безопасности и санитарного состояния предприятий.

142. Развитие цивилизации и цепь экологических кризисов.

143. Учение В. И. Вернадского.

144. Учение Тейяра де Шардена.

145. Работы представителей Римского клуба.

146. Экологическое моделирование.

147. Транснациональные корпорации и экология.

148. Международное сотрудничество в экологической сфере.

149. Экологические принципы в культуре общества.

150. Экологическая этика.

151. Принципы экологического гуманизма.

152. Основные направления экологического воспитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экология и ресурсосбережение на транспорте: учебник для вузов / Под ред. М. М. Болбаса. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2011. – 296 с.
2. **Мисюченко, В. М.** Экологическая экспертиза: учеб.-метод. пособие / В. М. Мисюченко, Л. С. Ивашечкина, К. М. Мукина. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 68 с.
3. Промышленная экология: учеб. пособие / Е. А. Алябышева [и др.]. – Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т, 2010. – 110 с.
4. **Власов, П. П.** Краткий курс экологии: учеб. пособие / П. П. Власов, М. В. Орлова, Н. В. Тарасенков. – СПб.: СПбГУТД, 2010. – 134 с.
5. Общая и прикладная экология: учеб. пособие / Под ред. Е. В. Кашевской. – Минск: Дизайн ПРО, 2003. – 192 с.
6. Общая и прикладная экология дорожно-транспортного комплекса: учеб. пособие / А. В. Бусел [и др.]; под ред. Е. В. Кашевской. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2004. – 330 с.
7. **Киселев, В. Н.** Основы экологии: учеб. пособие / В. Н. Киселев. – Минск: Універсітэцкае, 2000. – 383 с.
8. **Гарин, В. М.** Экология для технических вузов: учебник для техн. вузов / В. М. Гарин, И. А. Кленова, В. И. Колесников; под ред. В. И. Колесникова. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 384 с.
9. **Лебедева, М. И.** Экология: учеб. пособие / М. И. Лебедева, И. А. Анкудимова. – Тамбов: Тамбов. гос. техн. ун-т, 2002. – 80 с.
10. **Хван, Т. А.** Промышленная экология: учеб. пособие / Т. А. Хван. – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 320 с.
11. **Розанов, С. И.** Общая экология: учебник / С. И. Розанов. – СПб.: Лань, 2001. – 288 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ В ОТРАСЛЕВУЮ ЭКОЛОГИЮ	3
1.1. Цели и задачи отраслевой экологии. Взаимосвязь с другими отраслями экологии и науками.....	3
1.2. Краткая история развития отраслевой экологии как науки.....	4
1.3. Современные технологии и их особенности. Безотходные и малоотходные технологии	5
1.4. Экологические технологии.....	6
2. ТЕХНОСФЕРА И ТЕХНОГЕНЕЗ	7
2.1. Среда жизни человека	7
2.2. Рост народонаселения.....	10
2.3. Прогнозы развития численности человечества. Урбанизация	10
2.4. Экологический кризис и экологическая революция ...	12
2.5. Техногенные системы и техносфера	15
2.6. Основные источники загрязнения окружающей среды и технические меры защиты от загрязнений	17
3. МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ И СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД В ГИДРОСФЕРУ	22
3.1. Методы очистки выбросов в атмосферу	22
3.2. Методы обработки и очистки сточных вод.....	42
4. МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ	48
4.1. Отходы производства и отходы потребителя	48
4.2. Методы обезвреживания и утилизации твердых бытовых и промышленных отходов	48
5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА И СЕРТИФИКАЦИЯ.....	50
5.1. Государственная экологическая экспертиза	50

5.2. Экологический паспорт предприятия	50
5.3. Экологическая сертификация	51
6. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	52
6.1. Природоохранное законодательство Беларуси	52
6.2. Нормирование качества атмосферного воздуха	54
6.3. Нормирование качества воды	55
6.4. Нормирование загрязняющих веществ в почве	58
6.5. Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды	59
6.6. Экономические механизмы охраны окружающей среды	62
7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ	65
7.1. Приземная часть атмосферного бассейна	65
7.2. Атмосферные процессы	68
7.3. Атмосферные реакции	68
7.4. Воздействие атмосферных токсикантов на человека	70
8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ГОРОДА	72
8.1. Общие положения	72
8.2. Расчет загрязнения атмосферы выбросами от промышленных предприятий	72
9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ГАЗОВ ОТ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА АВТОТРАНСПОРТОМ	80
9.1. Общие положения	80
9.2. Расчет выбросов от автомобильного транспорта	81
9.3. Расчет категории опасности автомобильного транспорта	86
9.4. Расчет категории опасности дороги	86
9.5. Расчет категории опасности улицы	87

10. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КАТЕГОРИИ ОПАСНОСТИ ИССЛЕДУЕМОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА	90
11. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ПОЛИГОНЫ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	91
11.1. Термины и определения	91
11.2. Обращение с отходами	92
11.3. Рисайклинг как система сбора и переработки ТБО.....	92
11.4. Устройство и возведение полигона ТБО.....	93
11.5. Расчетная часть	96
11.6. Мероприятия по защите окружающей среды от воздействия полигона ТБО	100
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	109

Учебное издание

Щур Александр Васильевич
Макаревич Сергей Дмитриевич
Агеева Тамара Николаевна
Поляков Анатолий Григорьевич

ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебно-методический комплекс
для студентов строительных специальностей

Редактор Т. А. Рыжикова

Художественное оформление обложки Е. С. Фитцова

Технический редактор А. А. Подошевка

Компьютерный дизайн Е. С. Фитцова

Подписано в печать 10.06.2014. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл.-печ. л. 6,75. Уч.-изд. л.7,0. Тираж 100 экз. Заказ № 357.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 24.01.2014.

Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.