МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"
(ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ - ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ" В Г. ЗЕРНОГРАДЕ
(Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

Кафедра Физическая культура,
спорт и техносферная безопасность

ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Учебное пособие

Зерноград–2023

УДК 502: 62

Печатается по решению методического совета
энергетического факультета
Азово-Черноморского инженерного института

Рецензенты:
канд. с-х. наук, доцент кафедры агрономии и селекции
сельскохозяйственных культур ***Хронюк В.Б.***

канд. с-х. наук, доцент кафедры агрономии и селекции
сельскохозяйственных культур ***Кувшинова Е.К.***

Технические системы защиты среды обитания: учебное пособие / С.М. Пятикопов, Н.В. Петренко, И.В. Егорова, И.Э. Липкович, В.Н. Чеботарев – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО ДонГАУ в г. Зернограде, 2023. – 186 с.

В учебном пособии рассмотрены виды и источники загрязнения окружающей среды; принципы нормирования; общие закономерности распределения вредных веществ в биосфере; методы и средства очистки воздуха, сточных вод, снижения техногенного воздействия на ландшафт и почву; методы и способы ликвидации и утилизации отходов; безотходные и ресурсосберегающие технологии; методы контроля за состоянием окружающей среды и воздействием на нее промышленных объектов; основные положения по проведению экологической экспертизы, экоаудита; методы эколого-экономической оценки состояния окружающей среды. Уделено внимание экологическим вопросам в отраслях агропромышленного комплекса.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Техносферная безопасность» профиля «Безопасность технологических процессов и производств».

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ФКС и ТБ
Протокол № 5 от 18. января 2023 г.

Рассмотрено и одобрено методическим советом
энергетического факультета
Протокол № 3 от 24 января 2023 г.

© Пятикопов С.М., Петренко Н.В.,
Егорова И.В., Липкович И.Э.,
Чеботарев В.Н. 2023
© Азово-Черноморский инженерный
институт ФГБОУ ВО ДГАУ, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

стр.

Введение в дисциплину. Основные понятия.
Краткие исторические сведения……..... 6
Тема 1.Виды и источники загрязнения окружающей среды……..... 10
1.1 Виды загрязнений биосферы……..... 10
1.1.1 Химические загрязнения…….. 12
1.1.2 Физические загрязнения……..... 14
1.1.3 Биологические загрязнения……. 15
1.2 Классификация промышленных загрязнений и их источников…..... 16
1.3 Влияние сельскохозяйственных загрязнений на состояние окружающей среды……. 18
Тема 2. Оценка загрязнения атмосферы вредными веществами …….. 20
2.1 Нормативные документы по охране окружающей среды…….. 20
2.2 Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ... 21
2.3 Предельно допустимый выброс (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу. Нормирование выбросов промышленных предприятий... 23
Тема 3. Особенности загрязнения атмосферы……..... 27
3.1 Строение и состав атмосферы…….. 27
3.2 Основные виды загрязнений атмосферы……..... 28
3.2.1 Основные химические примеси, загрязняющие атмосферу ……... 29
3.2.2 Кислотные дожди……..... 32
3.2.3 Загрязнение атмосферы биологическими примесями …….. 32
3.2.4 Парниковый эффект……..... 33
3.2.5 Разрушение озонового слоя……..... 33
3.3 Рассеивание выбросов в атмосфере ……... 34
3.4 Общая методика расчета выбросов 37
Тема 4. Методы и средства защиты атмосферы…… 40
4.1 Классификация систем и методов очистки воздуха……..……... 40
4.2 Виды пылеуловителей. Принцип действия систем пылеулавливания…. 41
4.3 Методы очистки от газообразных примесей. Газо- и пароочистители…. 45
Тема 5. Влияние загрязнителей на качество водной среды……. 48
5.1 Гидросфера и ее роль как природного ресурса Земли 48
5.2 Загрязнение Мирового океана и материковых вод …… 48
5.3 Сточные воды промышленных предприятий …….……. 51
5.4 Нормирование качества воды ……..…….. 53
5.5 Сточные воды животноводческих комплексов……... 55
Тема 6. Методы очистки сточных вод ……..... 58
6.1 Классификация методов очистки сточных вод ……..…….. 59
6.1.1 Механическая очистка ……..……... 60
6.1.2 Физико-химические методы очистки ……..……... 61
6.1.3 Химические методы ……..……... 63
6.1.4 Биологическая очистка ……..…….. 63
6.2 Очистка сточных вод промышленных предприятий ……..... 65

6.3 Расчет стоков с промышленной площадки ……. 67
Тема 7. Литосфера и ее защита от загрязнений …… 70
7.1 Техногенное воздействие на литосферу ……..... 70
7.2 Виды ландшафтов ……..... 70
7.3 Особенности загрязнения почв ……..…… 71
7.4 Эрозия почвы и методы борьбы с ней …… 73
7.5 Охрана растительных ресурсов ……... 74
7.6 Загрязнение окружающей среды при авариях ……... 76
7.7 Нормирование и контроль загрязнения почв ……..... 78
Тема 8. Производственный шум: механизм явления, нормирование и методы защиты…… 82
Тема 9. Вибрация: механизм явления, нормирование и методы защиты….. 90
9.1 Механизм явления. Воздействия на организм человека……. 90
9.2 Методы защиты от вибрации и ее нормирование…… 92
Тема 10. Неионизирующие излучения. Электромагнитное загрязнение Биосферы: опасность, оценка, технические средства защиты……. 95
10.1 Источники ЭМП…… 95
10.2 Природные (естественные) источники ЭМП……..……. 98
10.3 Антропогенные источники ЭМП……..…… 99
10.4 Нормирование ЭМП……..……. 99
10.5 Основные виды средств коллективной и индивидуальной защиты от ЭМП……..……. 101
10.6 Безопасность лазерного излучения…… 103
Тема 11. Ионизирующие поля и излучения: опасность, оценка, технические средства защиты…… 106
11.1 Электростатические поля и загрязнение биосферы…….. 106
11.2 Радиационное излучение и загрязнение биосферы……. 107
Тема 12. Малоотходные (безотходные) и ресурсосберегающие производственные процессы ……. 119
12.1 Классификация отходов ……..……... 119
12.2 Отходы сельского хозяйства……. 121
12.3 Методы и способы утилизации и ликвидации промышленных отходов..... 123
12.4 Методы очистки и утилизации отходов животноводческих комплексов..... 125
12.5 Безотходные и ресурсосберегающие технологии в промышленности и сельском хозяйстве……..... 127
Тема 13. Контроль за состоянием окружающей среды ……. 131
13.1 Понятие экологического риска …… 131
13.2 Экологический контроль …….. 133
13.3 Система производственного технологического мониторинга……... 135
13.3.1 Мониторинг промышленных выбросов в атмосферу…….. 135
13.3.2 Контроль состава сточных вод…….. 138
13.3.3 Методы контроля в почвенном мониторинге…….. 140
13.4 Экологический паспорт природопользователя……..... 142

Тема 14. Природосберегающее проектирование промышленных объектов и производств 144
14.1 Экологические требования при проектировании и строительстве промышленных объектов 144
14.2 Рациональное размещение промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Санитарно-защитная зона..... 146
14.3 Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) и экологическая экспертиза проектов..... 148
14.4 Понятие экологического аудита..... 151
Тема 15. Оценка природных ресурсов и ущерба от загрязнения окружающей среды 154
15.1 Оценка экологического ущерба 154
15.2 Плата за пользование природными ресурсами 155
15.3 Плата за загрязнение окружающей среды 157
Приложения. Методики основных расчетов в области охраны окружающей среды..... 160
Задание 1. Расчеты рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере от одиночных стационарных источников загрязнения..... 160
1.1 Методика расчетов..... 160
1.2 Задание на расчет..... 162
1.3 Методические указания по выполнению задания и анализу результатов расчета..... 162
1.4 Инженерные решения по результатам расчетов..... 163
Задание 2. Выбор и расчет средств по пылегазоочистке воздуха..... 165
2.1 Методика выбора и расчета средств..... 165
2.1.1 Методика расчета циклона..... 165
2.1.2 Методика расчета скруббера Вентури..... 169
2.1.3 Методика расчета адсорбера..... 170
2.2 Задания на расчет..... 174
2.3 Методические указания по выполнению заданий и анализу результатов расчетов..... 176
Задание 3. Расчет требуемой степени очитки производственных стоков..... 177
3.1 Методика расчетов..... 177
3.2 Задание на расчет..... 179
3.3 Методические указания по выполнению задания и анализу результатов расчета..... 179
3.4 Инженерные решения по результатам расчетов..... 180
Задание 4. Расчеты платы за загрязнения окружающей природной среды..... 181
4.1 Методика расчета..... 181
4.2 Задание на расчет..... 184
4.3 Особенности платежей за размещение отходов..... 184
Литература 186

ВВЕДЕНИЕ В ДИСЦИПЛИНУ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ. КРАТКИЕ ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Целью изучения дисциплины «Технические системы защиты среды обитания» для профиля «Безопасность технологических процессов и производств» и направления подготовки бакалавров «Техносферная безопасность» является приобретение студентами умений использовать методы, принципы оценки воздействия на окружающую природную среду, предлагать способы снижения экологического риска. Для этого студенты должны научиться устанавливать и определять вредные факторы в окружающей среде и источники их возникновения, оценивать параметры этих факторов, применять способы и методы по их уменьшению и устранению.

Изучение материалов учебного пособия направлено на формирование следующих ***общепрофессиональных компетенций выпускников и индикаторы их достижения:***

- способен обеспечивать безопасность человека и сохранение окружающей среды, основываясь на принципах культуры безопасности и концепции риск-ориентированного мышления (ОПК-2);

- знает основы различных логических теорий, мышления и культуры безопасности; основные закономерности взаимодействия человека, общества с окружающей средой (ОПК-2.1);

- умеет анализировать и оценивать ситуацию для обеспечения безопасности человека с учетом концепции риск-ориентированного мышления (ОПК 2.2);

- владеет навыками сбора, систематизации и самостоятельного анализа информации в профессиональной деятельности; культурой мышления; способностью к обобщению, анализу, восприятию научно-технической информации; постановке цели и выбору путей ее достижения (ОПК 2.3).

Понятие «Среда обитания» тесно связана с понятием «экология».

Экология – наука о взаимодействии живых организмов и их систем с окружающей средой (ОС), об их взаимовлиянии и взаимопроникновении, что позволяет определить пути и способы защиты окружающей среды и живых организмов от вредных воздействий.

Объектами охраны ОС, согласно закону РФ «Об охране окружающей природной среды», являются:

– земля, недра, почвы;

– поверхностные и подземные воды;

– леса и иная растительность, животные и другие организмы и их генетический фонд;

– атмосферный воздух, озоновый слой атмосферы и околоземное космическое пространство.

Под окружающей средой понимается практически вся Вселенная. Под живыми организмами понимается не только человек, но и животные, растения, простейшие организмы. Таким образом, «экология» – наука о доме, обители человека («ойкос» – дом, жилище и «логос» – учение).

Термин «экология» возник сравнительно недавно (введен в 1866 г. немецким естествоиспытателем Э. Геккелем для обозначения одного из разделов биологии – изучения взаимодействия организмов со средой их обитания). Но свой вклад в эту науку внесли еще ученые древности – Аристотель, Гиппократ, Эпикур и др. Эпикур говорил: «…нельзя насиловать природу, следует повиноваться ей, необходимые желания исполняя, а также естественные, если они не вредят. А вредные – сурово подавляя».

В середине XIX в. экология оформилась как самостоятельное ответвление анатомии, зоологии, ботаники. По сути, это была – биоэкология. В начале XX в. появились первые экологи, которые трудились в заповедниках, наблюдая за животным и растительным миром, за изменением их численности (популяциями).

Позднее в биоэкологию входят другие науки: о климате, о почвах и покровах земли, ландшафтах. Следует отметить особую роль трудов академика В.И.Вернадского (1863–1945 гг.), который первым применил количественный анализ в экологии, раскрыл понятие о биосфере Земли (термин «биосфера» – название его монографии, вышедшей в 1926 г.).

В конце второго этапа развития экологии (1945–1955 гг.) к биологам добавились гигиенисты-медики, агрономы, лесоводы и инженеры.

Второй этап завершился, когда человек осознал, какой вред природе, ОС может принести неконтролируемое развитие крупной промышленности. Начался экологический бум, вызванный интенсификацией промышленной деятельности человека, фактом обнищания, исчезновения природных ресурсов.

Что вызвало экологический кризис, почему он происходит и развивается в конце XX в.? Основных причин две: рост народонаселения и научно-техническая революция (НТР). Еще в начале XX в. человечество насчитывало около 1 млрд., а к концу XX века увеличилось в 6 раз. Многие экологи указывают, что 1–1,5 млрд. народонаселения – это предельно допустимое число разумных существ на Земле, чтобы ее природные ресурсы не истощались, а природа восполняла ущерб от техногенной деятельности естественным путем.

НТР вызвала к жизни авиационный и автомобильный транспорт, ядерную энергетику, химическую индустрию и т.д. Из-за них потребление материалов и энергии в XX в. шло большими темпами, опережая рост населения (так, потребление энергии возросло 10 раз, а материалов – в 9 раз). Чем богаче страна, тем больше природных ресурсов она потребляет.

В соответствии с историей развития общества можно выделить такие отрасли экологии:

1) биоэкология – экология микроорганизмов, грибов, простейших, животных и т.д.;

2) экология систем – тундр, пустынь, полупустынь, лесов, степей; радиационная и химическая экология;

3) экология человека – историческая, археологическая, урбоэкология, промышленная, сельскохозяйственная, правовая, экономическая и т.д.

На современном этапе во всем мире возросло внимание к вопросам природопользования. Необходимо, чтобы каждый проект, каждое вновь вводимое предприятие имели экологическое обоснование, прошли экологическую экспертизу.

В последние десятилетия чаще говорят об охране окружающей среды, а не природы, поскольку ОС – это все, что нас окружает, включая звезды, галактику и т.д. А под термином «природа» часто понимают живой мир и неживую материю нашей планеты. Говоря о Вселенной, будем понимать природу в более широком смысле, как окружающую среду.

Природа, по В.И.Вернадскому, состоит из живой составляющей Земли – «живого вещества» и неживого компонента – атмосферы, гидросферы и литосферы. Область обитания живых организмов называют биосферой.

Биосфера – относительно тонкая оболочка жизни на Земле, занимающая нижнюю часть атмосферы 25–30 км (до озонового слоя), всю водную среду планеты (гидросферу) и ее недра до 3–5 км (верхнюю часть литосферы). Совокупность живых и неживых компонентов биосферы составляет экологическую систему.

Биосфера – гигантская экологическая система, в которой человек выступает и как ее частица и как ее преобразователь. В.И. Вернадский подчеркивал, что человечество стало «геологической силой», т.е. силой сравнимой с силами самой природы. Но если силы природы направлены на ее благо (круговорот веществ в природе), то человечество действует не всегда разумно, потребляя больше, чем восстанавливая.

Воздействие человека на природу является антропогенным фактором, т.е. созданным человеческой деятельностью. Антропогенные факторы могут быть как положительными (посадка лесов, парков, садов, создание новых пород животных и растений), так и отрицательными (вырубка лесов, загрязнение окружающей среды отходами производства и т.д.).

Преобразованную человеком биосферу, согласно учению В.И.Вернадского, называют «**ноосферой**» – сферой разума, которая охватывает и космическое пространство. Ноосфера – новый этап в развитии биосферы, предполагающий разумное регулирование отношений между человеком и природой.

Право человека на благоприятную окружающую среду закреплено в Конституции РФ (ст. 42), законах РФ – «Об охране окружающей природной среды» (2002), «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1999), «О животном мире» (1995), «О недрах и недропользовании»(1992), «Об использовании атомной энергии» (1995), «Об экологической экспертизе» (1995), «Водный кодекс» (2006), «Земельный кодекс» (2001) и др. В основу этих законов заложены принципы экономического стимулирования рационального природопользования, органической связи между развитием экономики и экологизацией всех сфер жизни.

Индустриализация – процесс создания крупного машиностроительного производства во всех отраслях народного хозяйства – стала отличительной чертой XX в. С одной стороны, она улучшила качество жизни людей, а с дру-

гой – ее следствием стало неконтролируемое использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды отходами хозяйственной деятельности человечества.

В результате активной техногенной деятельности человека разрушена биосфера и создан новый тип среды обитания – **техносфера**. Техносфера – совокупность искусственных объектов, созданных целенаправленной деятельностью человека, и природных объектов, измененных этой деятельностью. Техносфера является составной частью ноосферы, построение которой должно стать основной целью мирового сообщества.

Таким образом, понятие «**Окружающая среда**» – это научное понятие. Оно характеризует естественные природные условия и экологическое состояние определенной местности. Охрана окружающей среды, или прикладная экология – это комплекс определенных мер, предназначенных для ограничения губительного влияния человека на природу.

ТЕМА 1. ВИДЫ И ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1.1 Виды загрязнений биосферы

Загрязнение биосферы – одна из древнейших проблем человеческой цивилизации.

Биосфера (по определению В.И. Вернадского) – наружная оболочка (сфера) Земли, область распространения жизни (bios – жизнь). Толщина биосферы 40–50 км. Она включает нижнюю часть атмосферы (25–30 км), практически всю гидросферу (реки, моря и океаны) и верхнюю часть земной коры – литосферу (3–5 км).

Загрязнения природной среды классифицируют по большому числу факторов. По характеру возникновения загрязнения подразделяют:

1) естественные, возникающие в результате катастрофических процессов (например, извержение вулкана, селевой поток и т.д.), вне влияния человека на эти процессы;

2) антропогенные – в результате хозяйственной деятельности человека.

Антропогенные, в свою очередь, подразделяются:

– промышленные;

– сельскохозяйственные

– военные.

Промышленные – вызываются одним предприятием или несколькими, а также транспортом.

Сельскохозяйственные – обусловлены применением пестицидов и др. химических средств, внесением удобрением в количествах, не усваиваемых культурными растениями, сбросом отходов животноводства и т.д. (т.е. вредными действиями, связанными с сельскохозяйственным производством).

Военные загрязнения – возникают в результате работы предприятий военной промышленности, транспортировки военных материалов и оборудования, испытания образцов оружия, функционирования военных объектов и всего комплекса военных средств в случае ведения боевых действий.

Различают загрязнения атмосферы, гидросферы, почвы, космического пространства, а по объекту воздействия – загрязнения флоры, фауны, людей, материалов и конструкций.

Загрязнение атмосферы – привнесение в воздух или образование в нем химическими веществами или организмами физических агентов, неблагоприятно воздействующих на среду жизни или наносящих урон материальным ценностям, а также образование антропогенных физических полей.

Загрязнение гидросферы – поступление в воду загрязнителей в количествах и концентрациях, способных нарушить нормальные условия среды в значительных по размеру водных объектах.

Загрязнение почвы – привнесение в почву новых, не характерных для нее физических, химических или биологических агентов, которые меняют ход почвообразовательного процесса (тормозят его), резко снижают урожай-

ность, вызывают накопление загрязнителей в растениях (например, тяжелых металлов), из которых эти загрязнения прямо или косвенно (через продукты питания) попадают в организм человека.

Загрязнение космического пространства – общее засорение околоземного и ближнего пространства космическими объектами. Наиболее опасное радиоактивное загрязнение из-за вывода на орбиты и разрушения ядерных реакторов, кроме того, опасно появление «космического мусора», который вносит помехи в нормальное функционирование наземных радиотехнических и астрономических приборов.

«Космический мусор» – это объекты искусственного происхождения (ОИП). В результате аварий и взрывов на орбитах спутников и ракетносителей, столкновений между спутниками и их обломками, отслаивания теплозащитных покрытий, выбросов двигательных установок, околоземное пространство быстро наполняется ОИП.

По продолжительности воздействия загрязнения подразделяются на:

– кратковременные;

– долговременные.

По масштабу воздействия:

а) локальные загрязнения – охватывают небольшие территории (вокруг промышленного предприятия, населенного пункта). Выделяют точечные и распределенные источники загрязнения;

б) региональные – выявляются в пределах значительного пространства (но не всей планеты);

в) глобальные – обнаруживаются в любой точке планеты далеко от их источника, охватывают большие пространства с угрозой для жизнедеятельности большого количества людей и организмов.

По механизму воздействия загрязнения подразделяются:

1) механические;
2) физические (тепловые, волновые, радиоактивные);
3) химические;
4) биологические.

Механические – заключаются в загрязнении окружающей среды твердыми бытовыми и промышленными отходами.

Физические – связаны с изменением физических параметров среды: тепловых (температурных), волновых (световых, акустических, электромагнитных), радиационных.

Тепловые загрязнения – обусловлены повышением температуры среды в связи с промышленными выбросами нагретого воздуха, отходящих дымовых газов (продукты сгорания, выбрасываемые в дымовую трубу) и вод. Могут возникать и как вторичный результат изменения химического состава среды (например, парниковый эффект – постоянное потепление климата на планете в результате накопления в атмосфере углекислого и других газов, которые аналогично покрытию теплицы, пропуская солнечные лучи, препятствуют длинноволновому тепловому излучению уходить с поверхности Земли).

Световые загрязнения – вызваны нарушением естественной освещенности местности в результате действия искусственных источников света и могут приводить к аномалиям в жизни растений и животных.

Акустические (шумовые) – связаны с превышением естественного уровня шума и ненормальным изменением звуковых характеристик в населенных пунктах и других местах вследствие работы транспорта, промышленных установок, бытовых приборов, поведения людей или других причин.

Электромагнитные загрязнения – возникают в результате изменения электромагнитных свойств среды (от линий электропередач, радио и телевидения, работы некоторых промышленных установок и т.д.), приводят к изменениям в тонких клеточных и молекулярных биологических структурах.

Радиоактивные – обусловлены превышением естественного уровня содержания радиоактивных веществ в среде. Их последствием является радиационное загрязнение, вызванное действием ионизирующих излучений.

Химические загрязнения – вызываются химическими загрязнителями (тяжелые металлы, диоксины, формальдегид, бензапирен, ядохимикаты и т.д.).

Биологические – вызваны проникновением (естественным или благодаря деятельности человека) в эксплуатируемые экосистемы и технологические установки видов организмов, чуждых данным сообществам (популяциям) и установкам и обычно там отсутствующих.

Выделяют биотические и микробиологические загрязнения:

а) биотические (биогенные) – связаны с распространением нежелательных биогенных веществ (выделений, мертвых тел и т.п.) на территории, где они ранее не наблюдались;

б) микробиологические (микробные) – возникают из-за появления в среде большого количества микроорганизмов, связанных с массовым их размножением в средах, измененных в ходе хозяйственной деятельности человека.

1.1.1 Химические загрязнения

Химические загрязнения вызываются химическими загрязнителями. Химические загрязнители могут вызывать острые отравления, хронические болезни, а также оказывать канцерогенное (онкогенное, т.е. способное индуцировать раковые опухоли), мутагенное (способное вызывать мутации, т.е. изменения химической структуры молекул ДНК, которые передаются по наследству) и тератогенное (воздействие в стадии внутриутробного развития, приводящее к ненаследственному уродству, например, дефект конечностей, нёба) действие.

Рассмотрим влияние некоторых из них на организм человека.

Тяжелые металлы получили свое название благодаря высоким значениям атомной массы. Они способны накапливаться в растительных и животных тканях, оказывая токсичное воздействие.

В небольших количествах некоторые тяжелые металлы необходимы для жизнедеятельности человека – медь, цинк, марганец, железо, кобальт, молибден и др. Однако увеличение их содержания выше нормы вызывает токсичный эффект и представляет угрозу для здоровья.

Также существует около 20 металлов, не являющихся необходимыми для функционирования организма. Наиболее опасные из них – ртуть, свинец, кадмий и мышьяк. Отравление ртутью (болезнь Минимато) приводит к необратимым изменениям в нервной системе вплоть до летальных исходов. Воздействие кадмия нарушает работу почек и вызывает изменения в скелете. Больше всего кадмия мы получаем с растительной пищей (растения и грибы поглощают до 70% кадмия из почвы и 30% из воздуха). Поскольку кадмий ядовит в малой дозе (30–40 мг может оказаться смертельно опасным), то даже питье лимонада из сосудов, материал которых содержит кадмий, чревато опасностью.

Свинец используется в промышленности для изготовления некоторых сплавов, аккумуляторов, припоев, химической аппаратуры, защитных средств от ионизирующего излучения, в производстве хрусталя, красок, глазури. Основной источник загрязнения среды свинцом – автотранспорт. Попадая в организм, свинец накапливается во многих органах и тканях; откладывается в костях (вытесняя соли кальция из костной ткани), в мышцах печени, почках, селезенке, головном мозге, сердце и лимфатических узлах.

Для свинца смертельная доза при приеме внутрь составляет 20–50 г, солей ртути – 0,5 г, для мышьяка – 0,06–0,2 г.

Кроме тяжелых металлов, особо опасными загрязнителями являются диоксины, которые образуются из хлор- и фторопроизводных ароматических углеводородов, используемых при производстве бактерицидных и гербицидных препаратов. Диоксины практически не выводятся из почвы и водной среды. Они токсичны для человека и животных даже в очень низких концентрациях. Вызывают поражение печени, почек, иммунной системы, обладают канцерогенным, тератогенным и мутагенным действием.

Бензапирен – содержится в загрязненном городском воздухе, выхлопных газах, сигаретном дыме. Является сильным канцерогеном.

Формальдегид выделяется из прессованных плит, используемых в конструкции настилов полов, шкафов и другой мебели.

Группа полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) образуется при неполном сгорании органических веществ, содержащих углерод и водород (например, при лесных пожарах и вулканических извержениях). Но основная их масса образуется при горении мусора, древесины, нефти. Обнаружены в табачном дыме, жареных, копченых и печеных пищевых продуктах. ПАУ насчитывают сотни соединений, они встречаются в воздухе, почве и воде, и почти все являются канцерогенами.

Ядохимикаты, применяемые в сельском хозяйстве для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур, при контакте с человеком могут привести как к хроническим интоксикациям, так и к острым отравлениям.

При химических загрязнениях атмосферный путь поступления токсических веществ в организм человека является ведущим, так как в течение суток человек потребляет около 15 –20 кг воздуха, 2,5–5 кг воды и 1,5–2,5 кг пищи. Загрязнением атмосферы обусловлено до 30% общих заболеваний населения промышленных центров.

1.1.2 Физические загрязнения

Физические загрязнения, связанные с изменением шумовых параметров среды, отрицательно воздействуют на организм человека, вызывая повышенную утомляемость, снижение умственной активности, понижение производительности труда, развитие сердечно-сосудистых и нервных заболеваний. По мнению ученых, шум сокращает продолжительность жизни человека в больших городах на 8–12 лет.

Сильный шум является для человека физическим наркотиком. Женщины и подростки менее устойчивы к сильному шуму, который быстрее приводит их к неврастении.

Неслышимые звуки также могут оказать вредное воздействие на здоровье человека. Так, инфразвуки особое влияние оказывают на психическую сферу человека. По мнению ученых, именно инфразвуками, неслышно проникающими сквозь самые толстые стены, вызываются многие нервные болезни жителей крупных городов. Ультразвуки, в гамме производственных шумов, также опасны, особенно для клеток нервной системы.

Несмотря на то, что шум наносит вред здоровью, но и абсолютная тишина пугает и угнетает человека. Звуки определенной силы и тональности стимулируют процессы мышления, повышают настроение, излечивают от ряда заболеваний. В настоящее время развивается такое направление современной медицины, как музыкальная терапия. Ученые считают, что «музыкальное удовольствие» человек получает благодаря высвобождению эндорфина – «гормона радости».

Электромагнитное загрязнение возникает, когда изменяется электромагнитное состояние среды. Оно в основном зависит от совокупности электромагнитных волн. По длине волн различают гамма- и рентгеновские лучи, ультрафиолетовые излучения, видимый свет, инфракрасное, микроволновое и радиоизлучение.

Электромагнитные поля по происхождению можно разделить на две группы: 1) природные; 2) искусственные.

К природным источникам относятся – электромагнитное поле Земли, космические источники радиоволн (Солнце и другие звезды), процессы, происходящие в атмосфере Земли (молнии, колебания в ионосфере). Человек также является источником слабого электромагнитного поля.

К искусственным источникам относятся:

1) устройства, специально созданные для излучения электромагнитной энергии (радио и телевизионные вещательные станции, радиолокаторы, физиотерапевтические приборы, системы радиосвязи и т.п.);

2) устройства, не предназначенные для излучения энергии в пространство (линии электропередач и трансформаторные подстанции, бытовая техника и т.п.).

В современном мире люди постоянно испытывают воздействие электромагнитных полей. Кроме радиоволн, есть и множество других источников электромагнитного излучения – электропроводка, телевизоры, компьютеры, мобильные телефоны, рекламные щиты, осветительные приборы и т.д.

Электромагнитные поля обладают очень высокой биологической активностью. Наиболее уязвима для их действия нервная, иммунная и половая системы человека. Причем вредное воздействие, подобно радиации, с годами накапливается.

Одним из видов физического загрязнения является ионизирующее излучение. Примеры – ультрафиолетовое излучение Солнца, рентгеновское излучение, нейтронное излучение, а также альфа-, бета- и гама-излучение, испускаемое радиоактивными изотопами.

Организм человека постоянно подвергается естественному ионизирующему излучению, источниками которого являются космическое излучение и природные радиоактивные элементы, присутствующие в воздухе, в почве и тканях самого организма. В современных условиях человек сталкивается с превышением среднего уровня излучения (100 мбэр в год), что и является радиационным загрязнением.

Громадный урон здоровью наносит загрязненность продуктов питания радиоактивными изотопами, причем высокие концентрации могут быть в мясе, молоке, грибах.

Тепловое загрязнение является результатом повышения температуры среды; возникает при отводе воды от систем охлаждения в водные объекты, при выбросе потоков дымовых газов или нагретого воздуха.

1.1.3 Биологические загрязнения

Чрезвычайно опасными являются биологические загрязнения, которые вызываются патогенными микроорганизмами (патоген – болезнетворный организм, обычно микроб). Такие эпидемии, как холера, оспа, чума вызываются бактериями, а грипп, СПИД – вирусами.

Недостаточно очищенные и обезвреженные бытовые сточные воды содержат большой комплекс патогенных микроорганизмов, вызывающих кожные, кишечные, глистные заболевания. Однако бактерии содержатся повсеместно и жизнь на земле была бы не возможна без этих одноклеточных микроорганизмов, помогающих разлагать и утилизировать органические остатки.

Более того, существуют непатогенные или условно-патогенные микроорганизмы, которые в качестве места обитания избрали организм человека. Так, полости рта, носа, толстого кишечника, влагалища являются местом обитания многих микроорганизмов, которые не только не вредят человеку, но и стимулируют его защитные силы, способствуют перевариванию остатков пищи, вырабатывают витамины.

Однако превышение нормы при неблагоприятных для человека условиях (изменение температуры окружающей среды, снижение иммунитета и пр.) количества этих микроорганизмов изменяет соотношение микроорганизмов, приводя к дисбактериозу, а это уже болезнь. При этом условно-патогенные организмы вызывают заболевания (кандидозы, ОРВИ).

В ряде случаев случайно переселенные в новые экосистемы животные или растения могут приносить большой ущерб сельскому хозяйству (макробиологические загрязнения). Так случилось, например, в Европе с американским колорадским жуком, ставшим здесь массовым вредителем пасленовых. Европа «отплатила» Америке случайным заносом в дубовые леса непарного шелкопряда, который быстро размножился, найдя здесь свою экологическую нишу и стал опасным вредителем.

В отдельную группу можно отнести лекарственные загрязнения. Некоторые лекарственные препараты даже в терапевтической дозе оказывают неблаготворное влияние на организм человека. Такие препараты, как амидопирин, фенацетин запрещены к производству, так как являются выраженными канцерогенами. Антибиотики тетрациклинового ряда обладают ототоксическим эффектом. При неправильном подборе дозы, они, поражая слуховой нерв, вызывают глухоту. А прием тетрациклина во время беременности может вызвать глухоту у новорожденного ребенка.

Проблема загрязнения внутренней среды человека путем потребления с пищей продуктов питания важна и актуальна, так как акселерацию нынешнего поколения людей ученые связывают с остаточными количествами в продуктах нитратов и нитринов, аккумулированных там в результате бесконтрольного применения азотных удобрений.

1.2 Классификация промышленных загрязнений и их источников

Техносфера – совокупность искусственных объектов, созданных целенаправленной деятельностью человека, и природных объектов, измененных этой деятельностью. Основной вклад в загрязнение техносферы вносят промышленность, энергетика, транспорт.

Выбросы в окружающую среду классифицируются по агрегатному состоянию и по массовому выбросу. По агрегатному состоянию различают:

– газо- и парообразные,
– жидкие,
– твердые,
– смешанные выбросы.

По массовому выбросу выделяют шесть групп:

1) менее 0,01;
2) от 0,01 до 0,1;
3) от 0,1 до 1,0;
4) от 1,0 до 10;
5) от 10 до 100;
6) свыше 100 т/сутки.

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

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

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

Физические – все виды энергии как отходы разнообразных производств: тепловой, механической (включая вибрации, шум, ультразвук), световой (видимая, инфракрасная и ультразвуковые части спектра), электромагнитные поля, все ионизирующие излучения.

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

Загрязнения разделяют на две основные группы:

– материальные (включая сюда химические загрязнения);

– энергетические.

Материальные:

1) выбросы в атмосферу;

2) сточные воды;

3) твердые отходы.

Энергетические (физические):

1) тепловые выбросы;

2) шум, вибрация, ультразвук;

3) электромагнитные поля;

4) световые, инфракрасные излучения;

5) лазерные излучения;

6) ионизирующие излучения.

Отрицательно влияя на окружающую среду, загрязнения, в свою очередь, могут подвергаться воздействию окружающей среды. По этому признаку различают стойкие (неразрушимые) загрязнения и разрушаемые под действием природных химико-биологических процессов.

Источники загрязнений окружающей среды подразделяются на: **1) сосредоточенные (точечные)** – дымовые и вентиляционные трубы, вентиляционные шахты и т.п.; **2) рассредоточенные (линейные)** – аэрационные фонари цехов (их несколько), ряды близко расположенных труб, открытые склады и т.п. Линейные источники имеют значительную протяженность в направлении, перпендикулярном ветру.

Источники загрязнения могут быть непрерывного и периодического действия, стационарные и передвижные, организованные и неорганизованные, затененные и незатененные.

Стационарный – источник, имеющий постоянное место в пространстве относительно заводской системы координат (труба котельной, открытые фрамуги цеха и т.п.).

Передвижной – источник, не занимающий постоянное место на территории предприятия (транспортные средства, передвижные компрессоры, дизель-генераторы электросварки и т.п.).

Организованный – источник, осуществляющий выброс через специально сооруженные устройства (трубы, газоходы, вентиляционные шахты).

Неорганизованный источник – загрязнение, осуществляется в виде ненаправленных потоков газа, как результат нарушения герметичности оборудования, отсутствия или неэффективности систем по отсосу газов (пыли) в местах загрузки (выгрузки) или хранения продуктов (топлива), а также пылящие отвалы, открытые емкости, стоянки и т.п.

Незатененные (высокие) – свободно расположенные в недеформированном потоке ветра. К ним относят высокие трубы, а также точечные источники, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую 2,5 $H_{зд}$.

Затененные (низкие) – источники, расположенные в зоне подпора или аэродинамической тени, образующейся на здании или за ним (в результате обдувания его ветром) на высоте $h \leq 2{,}5\ H_{зд}$.

1.3 Влияние сельскохозяйственных загрязнений на состояние окружающей среды

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

Невосполнимый ущерб земельным ресурсам и окружающей среде продолжает наносить эрозия почв. Прогрессирует истощение и загрязнение водных источников, засоление земель, образование подвижных песков и оврагов. В почвах сельскохозяйственных угодий снижается содержание гумуса и основных элементов минерального питания растений, повышается кислотность почв, ухудшается культуротехническое и агрофизическое состояние сельскохозяйственных земель.

Источником повышенной экологической опасности в сельском хозяйстве остаются крупные животноводческие комплексы, особенно свиноводческие, где для удаления навоза предусмотрен гидросмыв, а также птицефабрики. Большинство из них построены в 70-е годы, технологическое оборудование устарело и вышло из строя, а реконструкция и техническое перевооружение очистных сооружений, строительство хранилищ отходов осуществляется крайне медленно. На значительных территориях вокруг таких комплексов происходит фильтрация жидкой фракции навоза в почву, грунтовые воды, загрязняется сельскохозяйственная продукция.

Из 295 специализированных свиноводческих хозяйств (комплексов) промышленные очистные сооружения с применением аэротенков имеются только на 52, а в 119 хозяйствах животноводческие стоки используются

в растениеводстве с помощью ирригационых средств и методов на специализированных гидромелиоративных системах.

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

В большинстве регионов России сложился отрицательный баланс питательных веществ в пахотных почвах. С урожаем выносится в 3 раза больше элементов питания растений, чем вносится с удобрениями. Запасы почвенного кальция снизились почти наполовину.

Около 30% вносимых на поля пестицидов и минеральных удобрений поступают в водные объекты.

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

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

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

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

ТЕМА 2 ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВРЕДНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

2.1 Нормативные документы по охране окружающей среды

К нормативным документам по охране природы относятся **стандарты качества природной среды**, которые устанавливают оптимальные характеристики природной среды, достигаемые при существующем уровне технического прогресса и обеспечивающие сохранение здоровья населения, развития животного и растительного мира.

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

Основные задачи системы стандартов в области охраны природы:

1) обеспечение сохранности природных комплексов;

2) содействие восстановлению и рациональному использованию природных ресурсов;

3) содействие сохранению равновесия между развитием производства и устойчивостью окружающей среды;

4) совершенствование управления качеством окружающей природной среды в интересах человечества.

Стандарты подразделяются на:

– экологические;

– производственно-хозяйственные.

Экологические – устанавливают предельно допустимые нормы антропогенного воздействия на природную среду, превышение которых угрожает здоровью человека, пагубно для растительности и животных. Такие нормы устанавливаются в виде **предельно допустимых концентраций (ПДК)** загрязняющих веществ и **предельно допустимых уровней (ПДУ)** вредного физического воздействия.

Производственно-хозяйственные стандарты качества природной среды регламентируют экологически безопасный режим работы производственного и любого другого объекта. К производственно-хозяйственным стандартам качества природной среды относятся **предельно допустимые выбросы (ПДВ)** загрязняющих веществ в природную среду.

Экологические стандарты в государственной системе стандартизации (ГСС) выделены в специальную группу, имеющую порядковый номер 17, и подразделяются на комплексы. Нулевой комплекс образуют организационно-методические стандарты (например, ГОСТ 17.0.0.06-2000 и др.), остальные комплексы формируются по природно-ресурсному принципу (первый комплекс – стандарты в области охраны и рационального использования вод, второй – в области защиты атмосферы и т.д.).

Стандартизация обеспечивает применение единых и обязательных правил охраны природы, а также единой терминологии.

Отраслевая нормативная документация предприятий по охране окружающей среды включает в себя соответственно ОСТы, СТП, руководящие документы (РД), положения и т.д.

Нормативно-правовые акты по охране ОС включают:

1) Санитарные нормы (СН) и правила Минздрава РФ, обеспечивающие необходимое качество воздуха, воды, почв.

2) Строительные нормы и правила (СНиП) Госстроя РФ, устанавливающие экологические требования при проектировании, строительстве и приемке в эксплуатацию объектов народного хозяйства, административных и жилых зданий.

3) Документы Госгортехнадзора, определяющие принципы охраны ОС при разработке недр.

4) Общефедеральные нормативные документы (ОНД) Госкомэкологии, устанавливающие принципы контроля природных сред, расчеты ожидаемых концентраций в них загрязняющих веществ.

5) Важнейший законодательный акт – Федеральный закон (ФЗ) «Об охране окружающей природной среды» (2002), который устанавливает систему природоохранного законодательства, основные принципы и объекты охраны ОС, порядок управления ею. В законе зафиксировано право граждан РФ на благоприятную среду обитания.

6) Правовую основу охраны ОС в стране составляет ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1999) .

7) Большое значение имеют следующие законодательные акты: Водный кодекс РФ (2006), Лесной кодекс РФ (2006), Земельный кодекс РФ (2001), ФЗ «Об экологической экспертизе» (1995), ФЗ «Об отходах производства и потребления» (1998), ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (1999).

2.2 Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ

В качестве меры, ограничивающей содержание загрязняющих веществ в окружающей природной среде, принята предельно допустимая концентрация.

ПДК – это такая концентрация, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни, прямо или опосредованно (через экосистемы, а также через возможный экономический ущерб) не возникает заболеваний или изменений состояния здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

В практике нормирования и для санитарной оценки степени загрязнения воздушной и водной среды используются виды ПДК:

1) ПДК вредного (загрязняющего) вещества в воздухе рабочей зоны ($ПДК_{рз}$) – это такая концентрация вещества в воздухе, которая не вызывает у работающих людей при ежедневном вдыхании в пределах 8 часов в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, об-

наруживаемых современными методами исследования непосредственно в процессе работы или в отдаленной перспективе. $ПДК_{рз}$ занимается охрана труда.

2) ПДК среднесуточная в воздухе населенных мест ($ПДК_{сс}$) – такая концентрация вещества в воздухе населенного пункта, которая не оказывает на человека прямого или косвенного действия в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

3) ПДК максимальная разовая в воздухе населенных мест ($ПДК_{мр}$) – которая не вызывает рефлекторных реакций в организме человека при действии в течение 20 мин. (рефлекторные реакции – ощущение запаха, световой чувствительности, изменение биоэлектрической активности головного мозга).

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

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + ... + \frac{C_n}{ПДК_n} \le 1, \qquad (2.1)$$

где $C_1, C_2, ..., C_n$ – фактическая концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе;

$ПДК_1, ПДК_2, ..., ПДК_n$ – предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе.

ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны, где человек находится ограниченное время, выше ПДК вредного вещества в воздухе населенных мест.

Величины нормативов ПДК разрабатываются специально уполномоченными государственными органами. Установление ПДК – длительный и сложный процесс, которому предшествуют многочисленные опыты на растениях и животных, проводимые в институтах АН РФ (ведущий – Институт общей и коммунальной гигиены). При появлении первых признаков нарушения обмена веществ, состава крови, кислородного обмена и т.п. доза считается предпатологической. Она выявляется при длительном опыте по физиологическим, биохимическим, физическим и др. показателям.

Сейчас установлены нормативы ПДК, измеряемые в мг/м^3, более чем для тысячи соединений в воздухе. Почти в два раза больше ПДК, регламентированных для воды (мг/дм^3). Имеются соответствующие ПДК для почвы, пищевых продуктов.

ПДК устанавливаются для среднестатистического человека (с некоторым запасом). Но ослабленные болезнью и др. факторами люди могут почувствовать себя дискомфортно при концентрациях вредных веществ, меньших ПДК. Это относится и к заядлым курильщикам.

Доказано, что степень воздействия вредных веществ на организм человека во многом связана с количеством выкуриваемых сигарет в день, а значит, и с поступлением в организм бензапирена, диоксинов и др. Обычный фильтр сигареты задерживает лишь 5 – 10% выделяющихся канцерогенов (инициирующих раковые клетки) и тератогенов (веществ, действующих на гены, искажающих и убивающих их).

Курение способствует накоплению в крови соединений свинца из выбросов карбюраторных двигателей, работающих на этилированном бензине.

Обследование показывает, что для курильщика, который выкуривает в среднем не более 10 сигарет в день в течение 25 лет, вероятность заболевания раком легких в 11раз выше, чем для некурящего человека того же возраста и живущего в тех же условиях. Если же среднее количество сигарет, выкуриваемых в день 20–30 штук, эта вероятность вырастает до 22 раз, а средняя продолжительность жизни уменьшается примерно на 5 лет.

2.3 Предельно допустимый выброс (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу. Нормирование выбросов промышленных предприятий

Основной путь уменьшения загрязнений – создание и внедрение принципиально новых безотходных технологических процессов, предусматривающих полную утилизацию отходов. Это потребует решения ряда научных и инженерных проблем, значительных материальных затрат.

Промежуточным этапом снижения загрязнений природной среды является нормирование количества выбросов.

Концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе населенного пункта зависит от количества этих веществ, выбрасываемых всеми источниками загрязнения. Чтобы концентрации загрязняющих веществ не превышали ПДК, т.е. не создавались условия, опасные для здоровья населения, для каждого источника загрязнения устанавливается ПДВ.

ПДВ – это максимально допустимое к выбросу в атмосферный воздух количество загрязняющих веществ данным источником загрязнения в единицу времени.

Количество ПДВ определяется по формуле

$$ПДВ = К_р \cdot ПДК, \qquad (2.2)$$

где $К_р$ – коэффициент разбавления загрязняющего вещества – это объем чистого воздуха, необходимый для разбавления выбрасываемого в 1с загрязненного вещества до концентрации, допускаемой санитарными нормами (ПДК), $м^3/с$;

ПДК – значение ПДК этого вещества, содержащегося в выбрасываемом газе, $мг/м^3$.

ПДВ устанавливают для каждого стационарного и передвижного источника выбросов загрязняющих веществ, включая транспортные средства.

Для источников неорганизованных выбросов и совокупности мелких одиночных источников (вентиляционные фонари и т.п.) ПДВ суммируют, тем самым устанавливая его значения для предприятия или объекта.

Для проектируемых объектов расчет ПДВ позволяет предусмотреть необходимые мероприятия, обеспечивающие требуемую чистоту воздуха, а для действующих предприятий – определить необходимость мероприятий по снижению загрязнений.

Когда в воздухе населенного пункта по объективным причинам (большое существующее загрязнение или технологические факторы) невозможно поддерживать требуемые значения ПДВ, **поэтапно** снижают выбросы вредных веществ действующими объектами до значений, обеспечивающих соблюдение ПДК. Для каждого объекта устанавливают **ВСВ – временно согласованные выбросы** загрязняющих веществ, и намечают меры по их снижению.

Величины ПДВ, в зависимости от условий работы пересчитываются из граммов в секунду на тонны в квартал (и год). Расчет ПДВ проводится либо самим природопользователем, либо организацией, имеющей на это лицензию. ПДВ вступают в действие после утверждения специально уполномоченными организациями, корректируются не реже одного раза в 5 лет и служат основой для расчета выплат за загрязнение среды данным природопользователем. Все это – для стационарных источников выбросов. Порядок и правила установления ПДВ определены стандартами.

Для транспортных средств величины ПДВ устанавливаются ГОСТ и ОСТ в виде величин выбросов для стандартного испытания данного автомобиля (как сдаточные нормативы) и в виде пробеговых выбросов в граммах на километр пути.

Не назначаются нормативы ПДВ только для веществ, действие которых недостаточно изучено и для которых вместо ПДК вводятся **ориентировочно безопасные уровни воздействия – ОБУВ** (такое положение было с диоксинами).

Таким образом, ПДВ – это максимальные выбросы в единицу времени для данного (конкретного) природопользователя по данному компоненту, которые создают в приземном слое атмосферы концентрацию этого вещества C_i, не превышающую ПДК, с учетом фонового (существующего) загрязнения $C_{фi}$, и эффекта суммации веществ однонаправленного действия.

Условие их назначения записывается так

$$ПДВ_i \rightarrow \sum_{i=1}^{n} \frac{C_{фi} + C_i}{ПДК_i} \leq 1, \qquad (2.3)$$

где $C_{фi}$ – фоновая концентрация *i*-го вещества, мг/м^3. Принимают по данным центра санитарно-эпидемиологического надзора (ЦСЭН).

C_i – концентрация *i*-го вещества, в атмосфере для данного природопользователя, мг/м^3. Рассчитывают по определенным методикам, учитывая условия рассеивания и массу выбросов M_i, г/с.

Та максимальная масса, при которой выполняется условие по ПДК, и будет $ПДВ_i$, г/с.

При расчете веществ однонаправленного действия используют специальные таблицы и методику, разработанную Главной геофизической обсерваторией им. А.Воейкова. Однонаправленными вредными веществами являются, например, окислы серы и азота или различные соединения серы.

В случае, если данный природопользователь не может (объективно) достичь величины ПДВ (т.е. по причине очень больших $C_{фi}$ или по технологическим факторам – получается больше ПДВ), назначаются **временно согласованные выбросы (ВСВ)** с обязательным установлением графика их постоянного снижения до ПДВ и разработкой конкретных мер для этого.

Рассмотрим, от каких факторов зависит норматив ПДВ для стационарных источников.

Общее правило – чем больше площадь рассеивания вещества, тем больше и разрешенная масса выбросов.

Поясним это на примерах выбросов через одиночные незатененные трубы высотой *H*, расходом *Q* горячих газов (2.4) с избыточной температурой ΔT или холодных газов (2.5). Формулы получены из условия (2.3)

$$ПДВ_i \geq \frac{(ПДК_{м.р.i} - C_{фi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \xi} \qquad (2.4)$$

$$ПДВ_i \geq \frac{(ПДК_{м.р.i} - C_{фi}) \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \xi} \cdot \frac{8Q}{Д}, \qquad (2.5)$$

где H – высота трубы, м;

Q – расход газов, м^3/с;

ΔT – избыточная температура для горячих газов;

A – коэффициент атмосферной температурной стратификации, определяющий условия вертикального перемещения слоев (240 – для субтропиков, 200 – для Нижнего Поволжья, Северного Кавказа, Сибири и т.п., 160 – для Севера и Северо-Запада РФ, 120 –для центра РФ);

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц (для газов F = 1, для пыли при различных степенях очистки – от 2 до 3);

m, n – коэффициенты, учитывающие условия выбросов (при оценочных расчетах их произведение может быть принято равным 1);

ξ – коэффициент, характеризующий местность (для равнинной – 1, для пересеченной – 2);

D – диаметр устья трубы, м.

Таким образом, основной фактор – высота трубы *H* (рисунок 2.1), на выходе из которой концентрация вредного вещества равна C_{mpi}. Она при вы-

сокой трубе H_1 на уровне приземного может снизиться до C_1, а для низкой трубы H_2 – лишь до C_2. Отсюда и разница в назначаемых ПДВ.

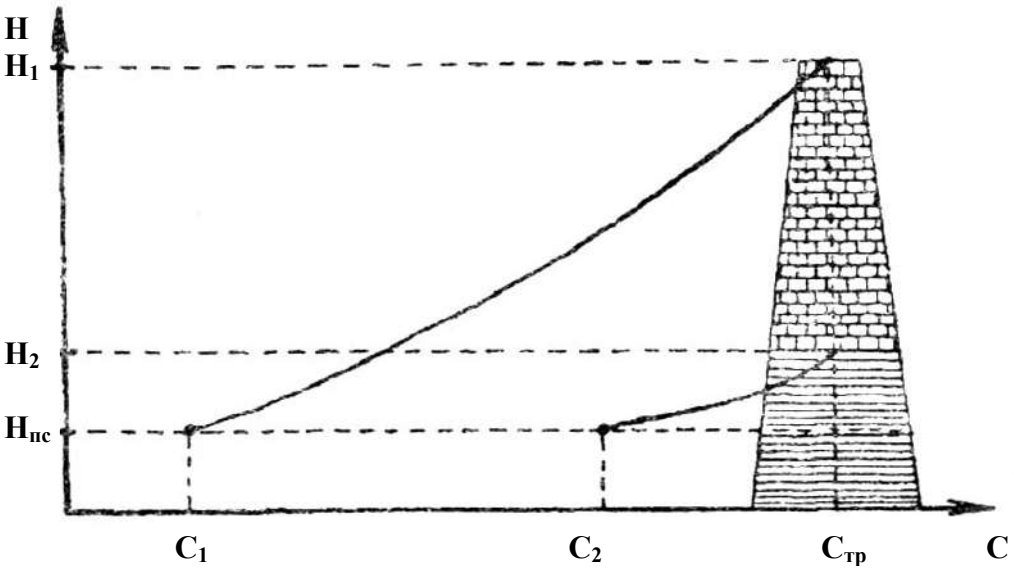


Рисунок 2.1 – Зависимость рассеивания выбросов от высоты трубы

Упрощенный рисунок не дает ответа на вопрос, на каком расстоянии от трубы происходит максимальная концентрация вредного вещества в приземном слое? Ответ может быть получен с помощью специальных расчетов. Но для прикидок принимают величину (10–50)Н.

Кроме того, чем легче частицы, меньше вертикальное перемешивание слоев, ровнее местность и больше температура газов (или скорость их выброса), тем больше ПДВ.

Величина выбросов сильно различается в зависимости от вредности вещества. Например, при прочих равных условиях величина выбросов окиси углерода СО ($ПДК_{м.р.}$ = 5 мг/м^3) будет больше в 10 раз (если не учитывать $C_ф$), чем для пыли и сернистого ангидрида ($ПДК_{м.р.}$ = 0,5 мг/м^3).

Наконец, если в данном месте уже достигнута фоновая концентрация $C_ф$, равная $ПДК_{м.р.}$, то любые дополнительные выбросы недопустимы до улучшения ситуации.

В Государственном докладе РФ «О состоянии окружающей природной среды», публикуемом ежегодно с 1991 г., приводится список населенных пунктов, для которых наблюдается систематическое превышение ПДК в приземном слое атмосферы по основным вредным веществам. Это касается таких городов, как Москва, Ростов-на-Дону, Новочеркасск и ряд других.

ТЕМА 3. ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

3.1 Строение и состав атмосферы

Атмосфера – газообразная оболочка Земли, состоящая из смеси различных газов и простирающаяся (условно) на высоту 100 км. Она имеет слоистое строение, которое включает ряд сфер и расположенные между ними паузы.

Атмосфера регулирует тепловой режим (как защитная тепловая оболочка) и общие климатические условия, защищает от вредного космического излучения.

Основными газовыми составляющими (компонентами) атмосферы являются: азот (78%), в котором как бы «растворен» кислород (21%), остальную долю составляют аргон (0,9%) и углекислый газ (0,03%).

Газовый состав атмосферы меняется с высотой. В приземном слое из-за антропогенных воздействий количество углекислого газа возрастает, а кислорода снижается. В отдельных регионах в результате хозяйственной деятельности в атмосфере увеличивается количество метана, оксидов азота и других газов, вызывающих такие неблагоприятные явления, как парниковый эффект, разрушение озонового слоя, кислородные дожди, смог.

Циркуляция атмосферы влияет на режим рек, почвенно-растительный покров, а также на процессы рельефообразования.

Воздух – необходимое условие жизни на Земле. Только для дыхания одному человеку в сутки необходимо около 20 $м^3$ воздуха (говорят, что без пищи человек может прожить пять недель, без воды – пять дней, а без воздуха – пять минут).

Наиболее плотный слой воздуха, прилегающий к земной поверхности, называется – **тропосфера.** Он определяет погоду и содержит до 80% всей влаги, имеющейся в атмосфере; простирается на 10–15 км. Над тропосферой до высоты 40 км находятся **стратосфера** и **озоновый слой**, поглощающий смертельные ультрафиолетовые лучи (именно здесь образуются озоновые «дыры»).

От 40 до 1300 км расположена **ионосфера –** слой ионизированного газа; выше ионосферы (до 10 тыс. км) располагается **экзосфера** – где плотность воздуха убывает, приближаясь к разряженности в межзвездном пространстве; уже в ионосфере ионы кислорода отделены километрами пути, скорость звука практически равна нулю, велико воздействие радиации. Считается, что однократное прохождение этих слоев космонавтами без защиты от радиации может привести к потере 0,1% нейронов головного мозга.

На величину концентраций вредных примесей в атмосфере влияют метеорологические условия, определяющие перенос и рассеивание примесей в воздухе, смена направления и скорости ветра и др. Нежелательна (с точки зрения загрязнений приземного слоя) инверсия температуры в атмосфере.

Суть этого процесса в том, что происходит повышение температуры воздуха с высотой вместо обычного для нижних слоев атмосферы убывания

температуры на 0,5–0,6 °С на каждые 100 м высоты. Инверсия температуры препятствует развитию вертикальных движений воздуха и может способствовать образованию зон с повышенным содержанием примесей в приземном слое атмосферы.

Переносу составляющих воздуха способствует циркуляция в атмосфере. Кроме всеобщего круговорота (циркуляции) воздуха, в атмосфере постоянно происходят отклонения температуры, давления и влажности от расчетных величин, вызывающие дополнительную поперечную и продольную циркуляцию (ветры), приводящую к переносу частей воздуха и конечно, загрязнителей.

3.2 Основные виды загрязнений атмосферы

Загрязнение атмосферы носит многообразный характер. К основным видам загрязнений следует отнести:

1) техногенные (искусственные) загрязнения вредными веществами (примесями);

2) загрязнения радиоактивной пылью;

3) кислотные дожди;

4) загрязнения биологическими примесями;

5) глобальные антропогенные выбросы углекислого газа (парниковый эффект);

6) нарушение озонового слоя.

Основными загрязнителями воздуха являются твердые частицы (пыль, сажа), оксид углерода (CO), оксиды азота (NO и NO_2), углеводороды ($C_n H_m$), свинец и другие металлы.

Загрязнение атмосферы вредными веществами (ВВ) вызывает рак легких, горла и кожи, расстройство центральной нервной системы, аллергические заболевания, свинцовые отравления; возможен летальный исход. Основной загрязнитель атмосферы – транспорт, особенно автомобильный (один автомобиль за время своего существования выбрасывает до 10 т CO_2).

Наибольшую опасность представляет загрязнение атмосферы примесями (а есть еще – тепловые, акустические, электромагнитные и ионизирующие излучения, радионуклиды), так как атмосферный воздух распространяет большие массы загрязнений на значительные расстояния.

Механические, химические и биологические загрязнения объединяют общим понятием – примеси.

Промышленными выбросами (примесями), переносимыми по воздуху, загрязняется Мировой океан, закисляются почва и вода (кислотные дожди), изменяется климат и разрушается озоновый слой.

Наибольшее загрязнение атмосферы наблюдается в городах, где обычные загрязнители – это пыль, сернистый газ, оксид углерода, диоксид азота, сероводород и др. Всего в городах насчитывается несколько сотен различных загрязнителей воздуха.

3.2.1 Основные химические примеси, загрязняющие атмосферу

Различают примеси:

1) естественные, обусловленные природными процессами;

2) антропогенные, возникающие в результате хозяйственной деятельности человека.

Уровень загрязнения атмосферы примесями естественных (природных) источников является фоновым и имеет малые отклонения от среднего уровня во времени.

Антропогенные загрязнения отличаются многообразием видов примесей и многочисленностью источников их выброса. По ряду загрязнений темпы роста их выбросов значительно выше средних.

Примеси поступают в атмосферу в виде газов, паров, жидких и твердых частиц.

Газы и пары образуют с воздухом смеси, а жидкие и твердые частицы – аэрозоли, которые подразделяются на:

– пыль (размеры частиц более 1 мкм);

– дым (размеры твердых частиц менее 1 мкм);

– туман (размер жидких частиц менее 10 мкм).

Аэрозоли чаще содержат частицы различного размера.

Основные химические примеси, загрязняющие атмосферу, следующие:

1) Оксид углерода (*CO*) – бесцветный газ, не имеющий запаха, «угарный газ». Образуется в результате неполного сгорания ископаемого топлива (угля, газа, нефти) в условиях недостатка кислорода и при низкой температуре (65% от всех выбросов приходится на транспорт, 21% – на мелких потребителей и бытовой сектор, 14% – на промышленность). При вдыхании угарный газ блокирует поступление кислорода в кровь. Это вызывает головные боли, тошноту, а при более высокой концентрации – смерть, инфаркт миокарда.

Уменьшение выбросов угарного газа достигается путем дожигания отходящих газов и использования альтернативных источников топлива.

2) Диоксид углерода (*CO_2*), или углекислый газ, – бесцветный газ с кисловатым запахом и вкусом, продукт полного окисления углерода. Является одним из парниковых газов.

3) Диоксид серы (*SO_2*) (сернистый ангидрид) – бесцветный газ с резким запахом. Образуется в процессе сгорания серосодержащих ископаемых видов топлива, в основном угля, а также при переработке сернистых руд. Он участвует в формировании кислотных дождей.

Концентрация диоксида серы велика в районах, где расположены крупные тепловые станции, металлургические и горнообогатительные заводы.

Длительное воздействие диоксида серы на человека приводит вначале к потере вкусовых ощущений, стесненному дыханию, а затем – к воспалению и отеку легких, перебоям в сердечной деятельности, нарушению кровообращения и остановке дыхания.

4) Оксиды азота (оксид ***NO*** и диоксид азота NO_2) – газообразные вещества; образуются при всех процессах горения. Чем выше температура сгорания, тем интенсивнее идет образование оксидов азота.

Другим источником оксидов азота являются предприятия, производящие азотные удобрения, азотную кислоту и нитраты, анилиновые красители, нитросоединения, вискозный шелк, целлулоид.

От общего количества выбрасываемых в атмосферу оксидов азота на транспорт приходится 55%, на энергетику – 28%, на промышленные предприятия – 14%, на мелких потребителей и бытовой сектор – 3%.

В городах наиболее высокие концентрации оксидов азота наблюдаются утром, до начала фотохимических процессов. При ярком солнечном свете оксиды азота реагируют с несгоревшими бензиновыми парами и другими углеводородами, образуя низкоатмосферный озон, или смог, т.е. красно-бурую дымку.

Вызывают заболевания органов дыхания, при остром отравлении – отек легких.

5) Озон (O_3) – газ с характерным запахом, более сильный окислитель, чем кислород; наиболее токсичный из всех примесей. В нижнем атмосферном слое озон образуется в результате фотохимических процессов с участием диоксида азота и летучих органических соединений (ЛОС). Поскольку к ЛОС относят порядка 260 химических соединений, при образовании озона получаются смеси, состоящие из сотен химических веществ и называемые фотохимическим «смогом».

Наиболее высокие концентрации наблюдаются в промышленных районах, однако и в сельской местности зафиксированы повышенные концентрации озона (вследствие эмиссии диоксида азота и ЛОС).

Озон относят к 1-му классу опасности.

6) Углеводороды – химические соединения углерода и водорода. К ним относят тысячи различных загрязняющих атмосферу веществ, содержащихся в несгоревшем бензине, жидкостях, применяемых в химчистке, промышленных растворителях и т.д. Многие углеводороды опасны сами по себе. Например, бензол, один из компонентов бензина, может вызвать лейкемию, а гексан – тяжелые поражения нервной системы человека. Бутадиен является сильным канцерогеном.

7) Свинец (*Pb*) – серебристо-серый металл, токсичный в любой известной форме. Используется для производства припоя, красок, боеприпасов, типографского сплава и т.п. Около 60% мировой добычи свинца ежегодно расходуется для производства кислотных аккумуляторов.

Однако основным источником (около 80%) загрязнения атмосферы соединениями свинца являются выхлопные газы транспортных средств, в которых используется этилированный бензин (в бензин в качестве антидетонационной присадки вводят тетраэтилсвинец). Особо опасен для детей до 6 лет, задерживает их развитие.

8) Фреоны – группа галогеносодержащих веществ, синтезированных человеком. Их преимуществом перед другими веществами является то, что они не горючи, не токсичны и нейтральны.

Фреоны, представляющие собой хлорированные и фторированные углероды (ХФУ), как недорогие и нетоксичные газы применяют в качестве хладагентов в холодильниках и кондиционерах, пенообразующих агентов, в установках для пожаротушения, рабочего тела аэрозольных упаковок (лаков, дезодорантов). Фреоны, наряду с ядерными взрывами и работой двигателей ракет, являются основной причиной возникновения озоновых дыр.

9) Промышленные пыли в зависимости от механизма образования подразделяют на 4 класса:

– **механическая пыль** – образуется в результате измельчения продукта в технологическом процессе;

– **возгоны** – в результате объемной конденсации паров веществ при охлаждении газа, пропускаемого через технологический аппарат, установку или агрегат;

– **летучая зола** – содержащийся в дымовом газе во взвешенном состоянии несгораемый остаток топлива, образуется из его минеральных примесей при горении;

– **промышленная сажа** – входящий в состав промышленного выброса твердый углерод, образуется при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов.

Основной параметр, характеризующий взвешенные частицы, – это их размер, который колеблется от 0,1 до 850 мкм. Из этой гаммы наиболее опасны частицы от 0,5 до 5 мкм, поскольку они не оседают в дыхательных путях и именно их выдыхает человек.

Основными источниками аэрозольных загрязнений воздуха являются теплоэлектростанции (ТЭС), потребляющие уголь высокой зольности, обогатительные фабрики, металлургические, цементные и др. заводы.

К постоянным источникам аэрозольного загрязнения относятся промышленные отвалы – искусственные насыпи, образующие при добыче полезных ископаемых или из отходов предприятий перерабатывающей промышленности, ТЭС.

Производство цемента, выплавка чугуна, сжигание каменного угля также являются источниками загрязнения атмосферы пылью.

Опасный фактор, способствующий ухудшению качества атмосферы, – ее **загрязнение радиоактивной пылью** при ядерных взрывах или авариях на АЭС. Во время ядерных взрывов радионуклиды находятся в газообразном состоянии, а по мере понижения температуры образуют аэрозольное облако. Наиболее крупные частицы (более 40 мкм) из облака выпадают на землю. Мелкие же частицы (от 1 до 20 мкм) идут вверх, попадают не только в верхние слои тропосферы, но и в стратосферу, образуя глобальное загрязнение.

3.2.2 Кислотные дожди

Загрязнение атмосферы соединениями серной и азотной кислот с последующим выпадением осадков называется **кислотными дождями.** Они образуются в результате выброса оксидов серы и азота предприятиями топливо-энергетического комплекса, автотранспортом, химическими и металлургическими заводами.

Многие животные и растения не могут выжить в условиях повышенной кислотности. Озера, реки и пруды превращаются в «мертвые» водоемы; гибнут леса, сады и парки; разрушаются сооружения и памятники архитектуры; подкисляются поверхностные и верхние горизонты почв, а также – весь почвенный профиль и грунтовые воды. Воздействие кислотных дождей сказывается далеко за пределами страны, создающей это загрязнение.

3.2.3 Загрязнение атмосферы биологическими примесями

Биологические примеси подразделяют:

1) патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы и т.д.) – к ним относят живые существа, размером меньше 500 мкм;

2) микроорганизмы (растения и животные).

Массовое появление микроорганизмов непосредственно загрязняет атмосферу и влияет на человека, на его иммунную систему.

Экологическое равновесие человека с окружающей средой нарушается по двум причинам:

1) нарушение обмена веществ в организме человека под воздействием химических веществ;

2) ослабление организма под воздействием стрессовых ситуаций.

Даже микродозы чужеродных химических веществ, проникнув в организм человека с загрязненным воздухом, недоброкачественной пищей или водой, разносятся кровью по органам и тканям, частично они задерживаются там и начинают участвовать в обмене веществ, искажая его нормальное течение и ускоряя мутацию клеток, среди которых зачастую появляются онкогенно опасные.

Возросла частота таких экологически зависимых (эндоэкологических) заболеваний, как сердечно-сосудистые и онкологические. Наблюдается связь между концентрацией нитратов в пищевых продуктах (которые могут и не превышать установленных ПДК) и определенными заболеваниями печени.

Эндоэкологические заболевания наиболее опасны для будущих поколений: всего 23% детей остаются здоровыми к 7-летнему возрасту, а к 17-летию – 14%, половина юношей непригодна к службе в армии по состоянию здоровья.

Вирус СПИДа вообще парализует защитные свойства организма, и человек, его носитель, становится уязвимым к любым заболеваниям.

3.2.4 Парниковый эффект

Парниковый эффект – постоянное потепление климата на планете в результате накопления в атмосфере углекислого и др. газов, которые аналогично покрытию теплицы, пропуская солнечные лучи, препятствуют длинноволновому излучению уходить с поверхности земли (т.е. присутствие углекислых газов делает атмосферу непрозрачной, приводит к ее нагреву от Солнца и изолирует, как шубой, Землю).

Таков механизм «парникового эффекта» и возможной гибели жизни от него. Ученые рассматривают этот же вариант как следствие начала применения ядерного оружия – термин «ядерная зима». Другими словами, существуют факторы, действующие в направлении противоположном парниковому эффекту. Так, «ядерная зима» – это модель охлаждения планеты под влиянием резкого увеличения запыленности атмосферы: увеличивающаяся запыленность атмосферы, повышенная влажность и облачность препятствуют поступлению к земной поверхности тепловой составляющей солнечной радиации, что приводит к выхолаживанию нижних слоев атмосферы.

Важно понимать, что чистый воздух прозрачен для тепловых лучей, не задерживает излучение, и сам не нагревается.

Увеличение средней глобальной температуры даже на $1^{o}C$ приведет к изменению атмосферной циркуляции и условий увлажнения почвы. Последствием потепления будет подъем уровня Мирового океана на 0,5 – 1,5 м, что приведет к затоплению прибрежных территорий, увеличению частоты и силы тайфунов, ураганов и других возмущений атмосферы. Нарушатся зоны земледелия, начнет оттаивать вечная мерзлота.

Предотвратить глобальное потепление можно только комплексными мерами:

– внедрение энергосберегающих технологий и устройств;

– экономия ископаемых видов топлива (для этого – переход на использование газового топлива);

– разработка новых альтернативных источников энергии (солнечной, ветровой и др.);

– изменение стиля жизни (позволит экономить энергетические ресурсы).

3.2.5 Разрушение озонового слоя

Озон (изотоп кислорода) обладает сильными окислительными свойствами. Максимальная концентрация озона – в озоносфере. Озоновый слой, поглощая короткое ультрафиолетовое излучение Солнца, сохраняет все живое на Земле и предопределяет тепловой режим, а также динамику атмосферы.

Озоновые дыры – локальные уменьшения содержания озона в озоновом слое.

Причиной разрушения озонового слоя является попадание в него хлора (наиболее значимый фактор) и оксидов азота, которые содержатся в основном в промышленных и автомобильных выбросах.

Вследствие разрушения озонового слоя повышается вероятность заболевания человека раком кожи. Для предотвращения этого разрушения необходим отказ от хлорсодержащих веществ (ограничить производство хлорированных и фторированных углеводородов).

3.3 Рассеивание выбросов в атмосфере

Далеко не все предприятия работают по безотходной технологии и не для всех выбросов разработаны системы очистки. Для промышленных предприятий применяются выбросы загрязняющих веществ на большую высоту. При этом вредные вещества, достигая приземного пространства, рассеиваются, и их концентрация снижается до предельно допустимых значений.

Некоторые вещества на большой высоте переходят в иное состояние (конденсируются, вступают в реакции с другими веществами и т.д.), а такие, как ртуть, осаждаются на поверхности земли, листьев, строениях и при повышении температуры снова испаряются в воздухе.

Отведение загрязняющих веществ на большую высоту осуществляется, как правило, с помощью труб, которые в отдельных случаях достигают высоты более 350 м.

Расчет рассеивания производят по общефедеральному нормативному документу ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий». В основу методики положено условие, при котором суммарная концентрация каждого вещества не должна превышать максимальную разовую предельно допустимую концентрацию данного вредного вещества в атмосферном воздухе

$$C_{\Sigma} = (C_{max} + C_{ф}) \le ПДК_{мр,}, \; мг/м^3, \qquad (3.1)$$

где C_{max} – максимальная концентрация загрязняющих веществ в приземном воздухе, создаваемая источниками выбросов, мг/м^3;

$C_{ф}$ – фоновая концентрация одинаковых или однонаправленных вредных веществ, характерная для данной местности (принимается по справке органов санитарно-эпидемиологической службы), мг/м^3.

При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких i-ых веществ, обладающих аддитивными (суммирующими) свойствами для каждой точки местности, должно выполняться условие

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{C_{\max_i} + C_{ф_i}}{ПДК_{мр_i}} \le 1. \qquad (3.2)$$

На основе этой методики разработаны компьютерные программы, успешно применяемые в промышленности.

Расчет рассеивания осуществляется только для организованных выбросов. В результате расчета определяется максимальная приземная концентрация вредных веществ выброса $C_{\max}$, мг/м^3 в интересующей проектировщика точке (точках), которая должна быть не более ПДК с учетом фоновой концентрации $C_ф$, образуемой другими выбросами.

Для отведения выбросов на большую высоту используют не только высокие трубы, но и так называемые факельные выбросы, представляющие собой конические насадки на выхлопном отверстии, через которые загрязненные газы выбрасываются вентилятором с большей скоростью (20 – 30 м/с). Применение факельных выбросов уменьшает единовременные затраты, но вызывает большой расход электроэнергии при эксплуатации.

Отведение вредных веществ (ВВ) на большую высоту с помощью высоких труб и факельных выбросов не уменьшает загрязнения окружающей среды (воздуха, почв, гидросферы), а проводит лишь к их рассеиванию. При этом концентрация ВВ в воздушной среде недалеко от места их выброса может оказаться меньше, чем на большом расстоянии.

Распространение промышленных выбросов в атмосфере, выбрасываемых из труб и вентиляционных устройств, подчиняется законам турбулентной диффузии.

На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывают:

1) состояние атмосферы (температура воздуха, окружающего источник выброса; скорость ветра и др. физико-технические характеристики атмосферы);

2) расположение предприятия и источников выбросов (высота над поверхностью земли);

3) характер местности (рельеф местности – ровная или слабопересеченная местность с перепадом высот);

4) физические и химические свойства выбрасываемых веществ;

5) параметры источника выброса (высота источника, диаметр устья трубы) и т.п.

Горизонтальное перемещение примесей определяется, в основном, скоростью ветра, а вертикальное – распределением температур в вертикальном направлении.

На рисунке 3.1 показано распределение концентрации ВВ в атмосфере над факелом организованного высокого источника выбросов.

По мере удаления от трубы выделяют три зоны загрязнения атмосферы:

I – переброс факела выбросов, характеризующийся относительно невысоким содержанием ВВ в приземном слое атмосферы;

II – задымление с максимальным содержанием ВВ;

III – постепенное снижение уровня загрязнения.

Зона задымления является наиболее опасной для населения и должна быть исключена из городской застройки. Размеры этой зоны в зависимости от метеорологических условий находятся в пределах 10–50 высот трубы.

Высота трубы – важный фактор, воздействующий на уровни приземных концентраций вредных веществ. Однако с увеличением высоты отдельно стоящей трубы ее стоимость возрастает примерно пропорционально кубу высоты. Поэтому иногда экономически целесообразно подвергать выбрасываемый воздух более тщательной очистке.

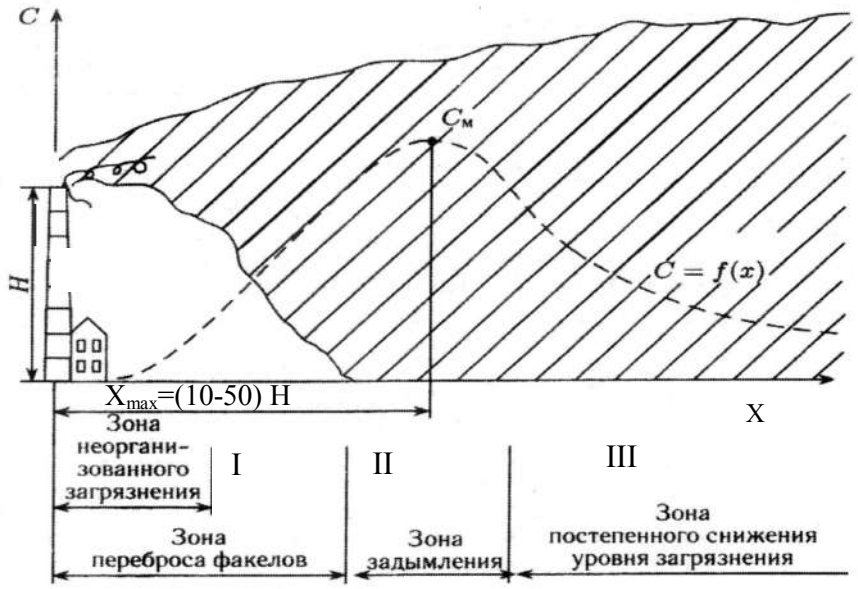


Рисунок 3.1 – Распределение концентрации вредных веществ в атмосфере от организованного высокого источника выбросов

На интенсивность рассеивания влияет стратификация атмосферы (распределение температуры воздуха по вертикали). При резком ухудшении условий температурной стратификации рекомендуется снижать производительность предприятий для уменьшения выбросов в атмосферу. Такое решение более выгодно по сравнению со строительством труб большой высоты.

Максимальная концентрация C_{max} прямо пропорциональна производительности источника и обратно пропорциональна квадрату его высоты над землей.

Подъем горячих струй обусловлен подъемной силой газов, имеющих более высокую температуру, чем окружающий воздух. Повышение температуры и момента количества движения выбрасываемых газов приводит к увеличению подъемной силы и снижению их приземной концентрации.

При выбросах через высокие трубы или при факельном выбросе в условиях безветрия рассеивание ВВ происходит главным образом под действием вертикальных потоков. Высокие скорости ветра увеличивают разбавляющую роль атмосферы, способствуя более низким приземным концентрациям в направлении ветра. Движение загрязняющих веществ вместе с воз-

душными массами, перемещаемыми ветром, приводит к тому, что турбулентные вихри изгибают, разрывают поток и перемешивают его с окружающими воздушными массами.

Разбавление вдоль оси струи пропорционально средней скорости ветра на высоте струи. Вместе с тем с увеличением средней скорости ветра уменьшается высота факела над устьем трубы. Поэтому для источников выбросов вводят понятие **опасной скорости ветра,** при которой приземные концентрации имеют набольшие значения. При больших или меньших скоростях концентрации снижаются. С высотой скорость ветра увеличивается.

Для того, чтобы предотвратить отклонение струи вблизи от горловины трубы, скорость выбрасываемого газа должна вдвое превышать опасную скорость ветра на уровне горловины трубы.

Распространение газообразных примесей и пылевых частиц менее 10 мкм, имеющих незначительную скорость осаждения, подчиняется общим закономерностям. Для более крупных частиц эта закономерность нарушается, так как скорость их осаждения под действием силы тяжести возрастает. Поскольку при очистке токсичной пыли крупные частицы улавливаются, как правило, легче, чем мелкие, в выбросах остаются очень мелкие частицы, их рассеивание в атмосфере рассчитывают так же, как и газовые выбросы.

Согласно СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003» предельно допустимая концентрация пыли C_n, в технологических и вентиляционных выбросах, подвергаемых рассеиванию, определяется в зависимости от объема выбрасываемого воздуха L, тыс. м^3/ч.

Выбросы с концентрацией пыли, превышающей C_n, не допускается рассеивать в атмосферу без предварительной очистки. При устройстве систем очистки запыленного воздуха от пыли с частицами размером 20 мкм и более эффективность очистки должна быть не менее 0,90.

3.4 Общая методика расчета выбросов

Основная задача расчетов – определение количества вредных веществ, которые могут поступить от данного источника за единицу времени (в секунду, сутки, квартал и в год).

Необходимо также определить предельно допустимые выбросы (ПДВ) при данных условиях, сравнить их с ожидаемыми фактическими и оценить плату за загрязнение среды.

На основе этих расчетов делают вывод о необходимости очистки выбросов и дают технико-экономическую оценку вариантов систем очистки, рассчитывают рассеивание выбросов в атмосфере, определяют концентрации веществ в приземном слое и уточняют границы санитарно-защитной зоны.

Расчеты выбросов для каждого типа источников достаточно специфичны, методики их излагаются в специальной литературе. Рассмотрим лишь общие стороны.

Если речь идет о сжигании топлива, то исходными данными для расчета являются:

1) вид топлива;

2) его расход B;

3) теплотворность H_u;

4) его поэлементный состав X_i (т.е.процентное содержание *C, H, N, S, O* и др.);

5) параметры $У$, характеризующие организацию процесса сжигания, и конструктивные характеристики агрегатов Z.

Далее для каждого вещества расчет ведут по полуэмпирическим зависимостям, которые функционально выглядят так

$$M_i = f\ (B,\ H_u,\ X_i,\ У,\ Z),\ \ г/с \qquad (3.3)$$

Приведем, например, зависимость для определения массы выбросов сернистого ангидрида SO_2 при работе котельной

$$M_{SO_2} = 0{,}02 \cdot S^P \cdot B \cdot (1 - \eta'_{SO_2}) \cdot (1 - \eta''_{SO_2}),\ г/с \qquad (3.4)$$

где S^P – содержание серы в топливе, %;

η'_{SO_2} – доля SO_2, связанная с золой (зависит от вида топлива);

η''_{SO_2} – доля SO_2, улавливаемая с золой в пылеуловителе, если он есть;

B – расход топлива, г/с.

Аналогичные зависимости имеются для большинства веществ; к сожалению, пока их нет для бензапирена, диоксинов и им подобных.

При работе технологического оборудования массы выбросов M_{ij} определяются для данного i-го вещества через удельные выбросы на единицу типовой продукции или на единицу оборудования g_i для данной j-ой операции чаще всего не в секунду, а в час

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot k \cdot N,\ г/ч \qquad (3.5)$$

$$M_{ij} = g_{ij} \cdot P,\ г/ч \qquad (3.6)$$

где m_i – выбросы i-го вещества на единицу типовой (условной) продукции;

k – коэффициент подобия – пересчета реальной единицы продукции на условную (по габаритам, массе и т.п.);

N – объем продукции в час;

g_i – удельный выброс на единицу оборудования, г/ч;

P – количество единиц оборудования, шт.

Например, при производстве электронного оборудования, где основными элементами, определяющими выбросы, являются печатные платы, для каждой из основных операций (получение заготовок, гальванообработка

и др.), имеются величины m_i , в граммах на одну условную печатную плату заданных размеров, причем для всех ожидаемых веществ (пыли, стеклотекстолита и меди, аммиака, фенолов и др.). Остается только для каждой операции подсчитать величины по формуле (3.5), определив предварительно коэффициент подобия k и зная производительность N.

По формуле (3.6) рассчитывают выбросы от ремонтно-механических цехов, столярных мастерских и т.п. Величины удельных выбросов берутся по справочникам; в некоторых случаях они даны не на единицу времени, а на основную величину, характеризующую процесс.

Например, для аккумуляторного участка удельные выбросы серной кислоты приводятся в граммах на ампер·час (г/ампер·час). Соответственно выбросы должны рассчитываться умножением на емкость батарей, их количество и количество зарядок. Выбросы при сварке определяют по массе расходуемых электродов и т.д.

Для каждого вредного вещества после расчетов по формулам (3.5) или (3.6) определяют валовые выбросы в сутки, квартал, год по условиям работы (трехсменная, двухсменная, без выходных и т.п.)

$$M_{i\Sigma} = \sum_{1}^{j} M_{ij} \cdot T \ , \qquad (3.7)$$

где T – годовой фонд работы оборудования, ч.

Эти выбросы для каждого вещества сравнивают с величинами $ПДВ_i$, подсчитанными по формулам для определения $ПДВ_i$, и переведенными соответственно на квартал или год.

Если $M_{i\Sigma} > M_{ПДВ_i}$, то определяют необходимую степень очистки $Э_i$

$$Э_i \geq \frac{M_{i\Sigma} - M_{ПДВ\ i}}{M_{i\Sigma}} \cdot 100\ \%. \qquad (3.8)$$

ТЕМА 4. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ АТМОСФЕРЫ

4.1 Классификация систем и методов очистки воздуха

По агрегатному состоянию загрязнители воздуха подразделяются на:

– пыли,

– туманы,

– газопарообразные примеси.

Промышленные выбросы, содержащие взвешенные твердые или жидкие частицы, представляют собой двухфазные системы. Сплошной фазой в системе являются газы, а дисперсной – твердые частицы или капельки жидкости.

Системы очистки воздуха от пыли делятся на четыре группы:

1) сухие пылеуловители,

2) мокрые пылеуловители,

3) электрофильтры,

4) фильтры.

При повышенном содержании пыли в воздухе используют пылеуловители и электрофильтры. Фильтры применяют для тонкой очистки воздуха с концентрацией примесей менее 100 мг/м^3 .

Для очистки воздуха от туманов (кислот, щелочей, масел и других жидкостей) используют системы фильтров, называемых туманоуловителями.

Выбор средств защиты воздуха от газопарообразных примесей зависит от применяемого метода очистки. По характеру протекания физико-химических процессов выделяют методы:

1) **абсорбции** – промывка выбросов растворителями примеси;

2) **хемосорбции** – промывка (орошение) выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически (вступающих в химическую реакцию с вредными примесями);

3) **адсорбции** – поглощение (улавливание) газообразных примесей твердым пористым поглотителем – адсорбентом.

4) **термической нейтрализации** – высокотемпературное дожигание;

5) **каталитической нейтрализации** – очищаемый газ пропускается через слой катализатора – материала, который ускоряет протекание реакций.

Выбор того или иного пылеулавливающего устройства определяется дисперсным составом улавливаемой частицы промышленной пыли. Очистку в обеспыливающих устройствах можно условно разделить на **грубую** – от частиц размером более 10 мкм и **тонкую** – менее 10 мкм.

Для грубой – применяются гравитационные и сухие пылеуловители, некоторые фильтры контактного действия.

Тонкая очистка проводится в инерционных пылеуловителях с применением воды, скрубберах Вентури, абсорберах, контактных фильтрах, электрофильтрах и др. На практике нередко применяются комбинации из нескольких методов очистки. Выбор метода обусловлен степенью запыленности газа, дисперсностью частиц и требованиями к очистке.

4.2 Виды пылеуловителей. Принцип действия систем пылеулавливания

Наиболее отработаны в настоящее время очистители от пыли, золы и других твердых частиц. Причем, чем мельче частицы, тем труднее обеспечивается очистка. Для частиц диаметром более 50 мкм – класс пылеуловителей – 5-й, легко обеспечивающий почти полное пылеулавливание. Для мельчайших частиц с диаметром от 2 до 0,3 мкм – нужен очиститель 1-го класса.

Все пылеуловители подразделяются на сухие и мокрые.

К **сухим** относятся – циклоны (центробежные обеспыливающие системы), фильтры и электрофильтры, которые отличаются сравнительно простым устройством. Однако для удаления мелкодисперсных и газовых примесей их применение не всегда эффективно.

Сухие пылеуловители работают на принципе отделения тяжелых частиц от газов силами инерции (при раскрутке газов или их резком повороте).

На рисунке 4.1 показаны принципиальные схемы некоторых из них: циклонов (а); ротационного пылеуловителя (б) – вход газа по оси вентилятора; радиального (в) и вихревого (г) пылеуловителей.

Пылеулавливающие системы, в которых твердые частицы удаляются из закрученного газового потока под действием центробежных сил, называются **циклонами**.

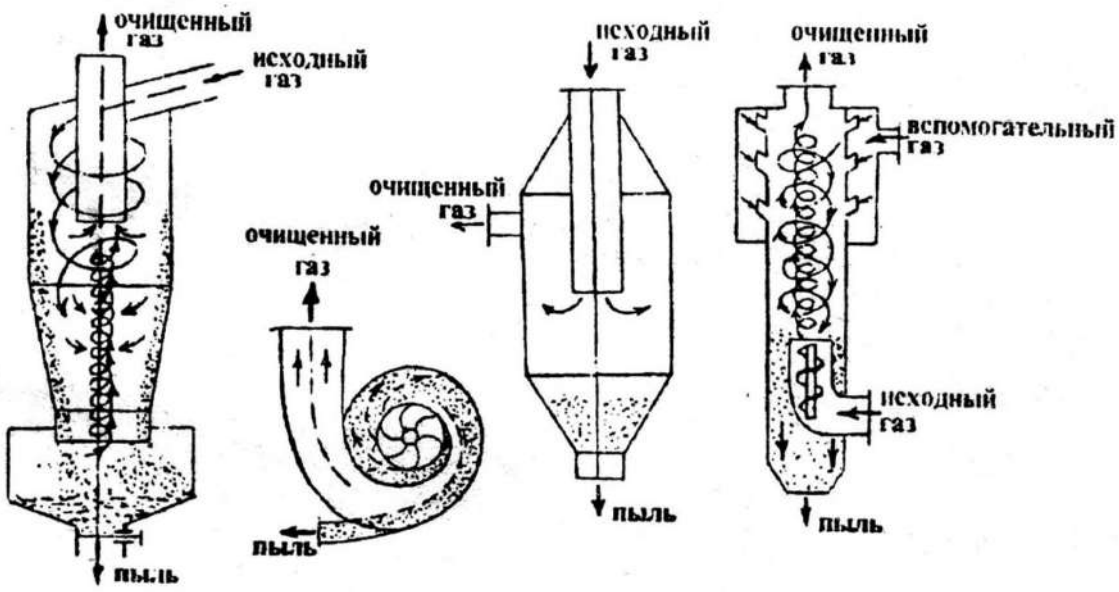
В общем случае частицы пыли выделяются в циклоне под действием центробежной силы в процессе вращения газового потока в корпусе аппарата: газовый поток, попадая во внутренний корпус циклона через патрубок, совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса по направлению к бункеру; под действием сил инерции частицы пыли осаждаются на стенках корпуса, а затем попадают в бункер, из которого очищенный газовый поток выходит через выходной патрубок (рисунок 3а). Обязательна герметичность бункера, в противном случае из-за подсоса воздуха осаждаемые частицы пыли попадают в выходную трубу.

Скорость газового потока в циклонах от 5 до 20 м/с. Эффективность их зависит от концентрации пыли и размеров ее частиц и резко снижается при уменьшении этих показателей.

Преимущество циклонов – простота конструкции, небольшие размеры, отсутствие движущихся частей. Недостатки – затраты энергии на вращение и большой абразивный износ частей аппарата пылью.

Ротационные, вихревые, радиальные пылеуловители различаются системами пылеулавливания и способами подачи воздуха, а принцип действия – тот же, что и у циклонов.

Наиболее эффективен ротационный пылеуловитель (рисунок 3б), основная часть которого – вентиляционное колесо: при работе колеса частицы пыли под действием центробежных сил отбрасываются к стенке кожуха и, оседая на стенках, попадают в пылеприемник, а чистый воздух выходит через патрубок.



а б в г

Рисунок 4.1 – Схемы пылеуловителей

Фильтры – широко используются для тонкой очистки промышленных выбросов. Работа их основана на фильтровании воздуха через пористую перегородку, на которой задерживаются частицы примесей (рисунок 4.2).

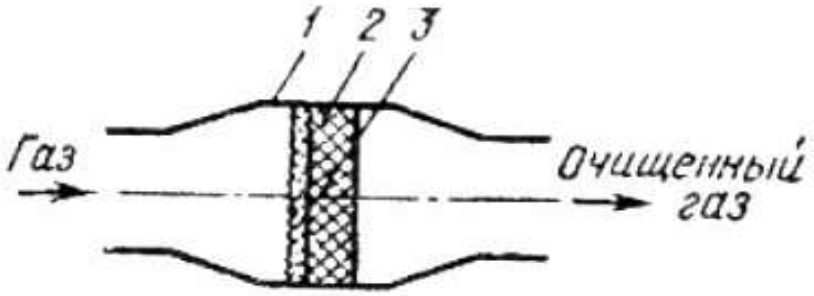
В фильтре применяются перегородки:

1) в виде зернистых слоев (гравий, песок, стекло и т.п.) – неподвижно свободно насыпанные материалы. Используются для очистки от пыли механического происхождения (дробилок, грохота, мельниц).

2) гибкие пористые (ткани, войлоки, резина, полиуретан и др.). Используются для очистки газов от примесей.

3) полужесткие пористые (вязаные сетки, стружка). Изготавливаются из сталей, меди, бронзы, никеля и других металлов, могут работать в агрессивных средах.

4) жесткие пористые (керамика, металлы). Обладают высокой прочностью, коррозионной стойкостью, жаростойкостью. Применяются для очистки горючих газов и жидкостей, выбросов дыма, туманов, кислот, масел.

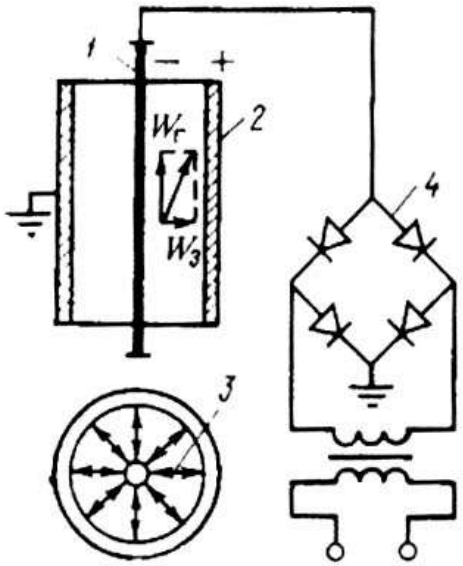


1 – корпус фильтра; 2 – воздухопроницаемая перегородка;
3 – улавливаемые частицы

Рисунок 4.2 – Схема процесса фильтрования

В промышленности чаще всего применяются тканевые рукавные фильтры: в корпусе фильтра устанавливается необходимое число рукавов, на которые подается загрязненный воздух. Частицы загрязнений оседают на фильтре. Насыщенные загрязненными частицами рукава продувают и встряхивают для удаления осажденных частиц пыли.

Часто применяют несколько ступеней очистки пылегазовых выбросов и почти всегда одной из них является электрофильтр. **Электрофильтры** высокоэффективны для очистки от пыли и тумана. Принцип работы – осаждение ионизированных примесей на специальных электродах. Ударная ионизация газа происходит в неоднородном электрическом поле, которое создается в зазоре между коронирующим 1 и осадительным 2 электродами (рисунок 4.3).



1 - коронирующий электрод; 2 – осадительный электрод; 3 – силовые линии, направленные от осадительного электрода к коронирующему; 4 – выпрямитель, от которого подается напряжение к электродам

Рисунок 4.3 – Схема расположения электродов в электрофильтре

Загрязненные газы, попав между электродами, способны проводить электрический ток вследствие имеющейся частичной ионизации. Все ионы оказываются вовлеченными в движение от одного электрода к другому. Аэрозольные частицы задерживают на своей поверхности заряженные ионы и осаждаются на электродах (отрицательно заряженные частицы движутся к осадительному электроду (+), а положительно заряженные оседают на коронирующем электроде).

Основная масса пыли осаждается на положительном осадительном электроде, с которого пыль легко удаляется.

Мокрые пылеуловители конструктивно подразделяются на:

– форсуночные скрубберы,

– скрубберы Вентури,

– центробежные скрубберы и др.

Скруббер – аппарат для промывки газов жидкостью в целях извлечения из газов отдельных компонентов.

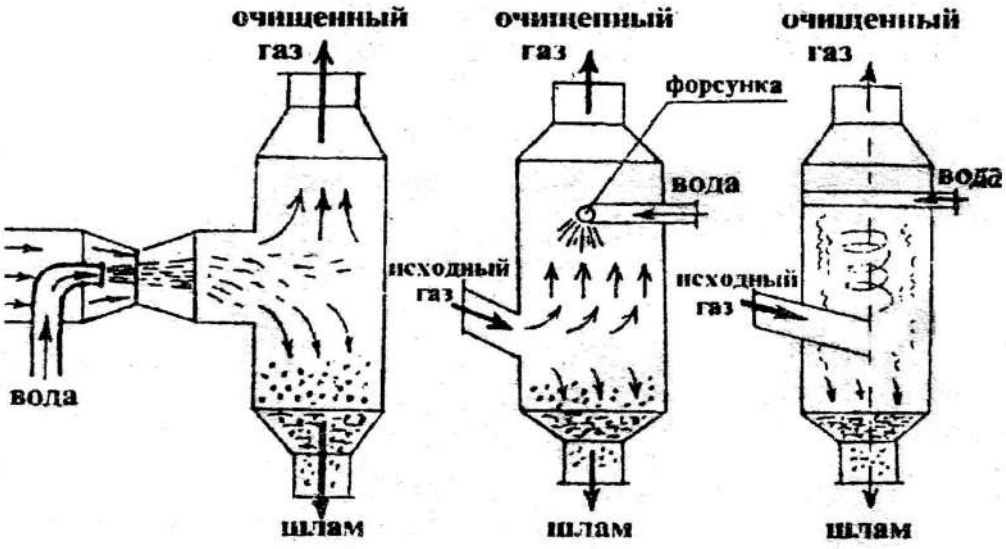
Высокоэффективны для очистки от мелкодисперсной пыли (менее 1,0 мкм). Работают по принципу осаждения мельчайших частиц на поверхность капель (или пленки) жидкости под действием сил инерции и броуновского движения.

Мокрые пылеуловители применяют для тонкой очистки, что требует систем водоподготовки и шламоудаления. Кроме того, жидкость должна быть раздроблена на капли или пленки для увеличения адсорбирующей (задерживающей) поверхности. Конструктивно это достигается разными способами.

Например, на рисунке 4.4 показаны схемы скруббера Вентури – (а), где дробление жидкости происходит высокоскоростным потоком газа; форсуночного (б) и центробежного (в) скрубберов.

В форсуночном скруббере вода дробится центробежным или струйным распылителем (форсункой), а в центробежном – газ, как в циклоне, подается через тангенциальные (касательные к стенке) входные каналы, обеспечивающие закрутку и движение газа навстречу жидкости.

Скруббер Вентури работает следующим образом.



а б в

Рисунок 4.4 – Схемы скрубберов

Через патрубок газ подается в устройство, которое называется соплом Вентури. Сопло имеет конфузор (сужение), в который через форсунки подается вода на орошение. В этой части сопла скорость газа увеличивается, достигая максимума в самом узком сечении (с 10–20 до 100–150 м/с). Увеличение скорости способствует осаждению частиц пыли на каплях воды. В диффузорной части сопла Вентури скорость потока мокрых газов уменьшается

до 10–20 м/с. Этот поток подается в корпус, где под действием сил гравитации происходит осаждение загрязненных пылью капель. В верхнюю часть корпуса выходит очищенный газ, а в нижнюю попадает шлам (рисунок 4.4а).

4.3 Методы очистки от газообразных примесей. Газо- и пароочистители

Эти аппараты по принципу действия делятся на пять групп.

Наиболее распространены скрубберные газоочистители, которые практически не отличаются от скрубберных пылеуловителей (зачастую они выполняют двойную функцию – пыле- и газоулавливания). Работают на принципе абсорбции – поглощение веществ жидкостью.

Метод абсорбции – разделение газовоздушной смеси на части путем поглощения газовых компонентов **жидким** поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора. Методом абсорбции можно улавливать только хорошо растворимые газовые примеси и пары: абсорбент выбирают из условия растворения в нем поглощаемого газа. Например, в качестве абсорбентов применяют:

– воду – для поглощения аммиака, хлористого водорода и др.;

– вязкие масла – для хлора, сернистого ангидрида и т.п.;

– растворы извести или едкого натра – для окислов азота, хлористого водорода и др.

Установки, реализующие метод абсорбции, называются абсорберами. В **абсорберах** жидкость дробится на мелкие капли для обеспечения более высокого контакта с газовой средой.

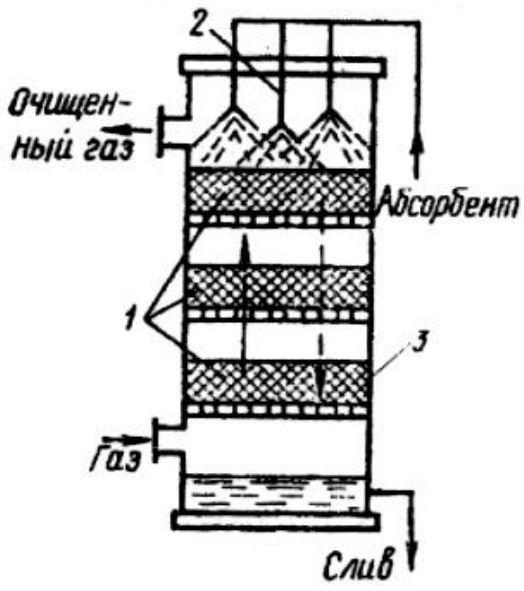


Рисунок 4.5 – Орошаемый скруббер-абсорбер с насадкой

В орошаемом скруббер – абсорбере (рисунок 4.5) насадка 1 размещается в плоскости вертикальной колонны 3. В качестве насадки используют кольца с перфорированными стенками, изготавливаемыми из металла, кера-

мики, пластмассы и других материалов с коррозионной устойчивостью. Орошение колонн абсорбентом осуществляется из разбрызгивателей 2. Загрязненный газ поступает снизу и направляется вверх, подвергаясь непрерывной очистке.

Скорость абсорбции зависит главным образом от температуры и давления: чем выше давление и ниже температура, тем выше скорость абсорбции.

Метод хемосорбции (основан на химической реакции) – поглощение газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием нетоксичных, малолетучих или нерастворимых химических соединений. Применяют для улавливания газовых примесей нерастворимых или плохо растворимых в воде. Например, для отделения сероводорода применяют щелочные растворы. Процесс идет в скрубберных аппаратах того же типа, что и для метода абсорбции. Очищаемый газ орошают растворами реагентов, вступающих в химическую реакцию с вредными примесями. Этот метод широко используется для улавливания диоксида серы.

Оба эти метода называют мокрыми, их эффективность зависит от очищаемого компонента и применяемого растворителя (или поглотителя). Недостаток мокрых методов – при их реализации понижается температура газов, что уменьшает эффективность методов.

Метод адсорбции – основан на способности некоторых **твердых** пористых материалов селективно (избирательно) извлекать из газовоздушной смеси отдельные ее компоненты. В качестве адсорбентов или поглотителей применяют вещества, имеющие большую площадь поверхности на единицу массы.

Пример адсорбента – активированный уголь, у которого в 1 г содержится до 1600 $м^2$ (хорошо адсорбирует сернистые соединения и др.)

Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных или горизонтальных емкостей, заполненных адсорбентом, через который проходит поток очищаемых газов. Адсорберы применяют для очистки воздуха от паров растворителей, эфира, ацетона, различных углеводородов и т. п.

Метод позволяет проводить очистку вредных выбросов при повышенных температурах. Примером конструкции адсорбера являются респиратор и противогаз.

Термический (дожигание) и **каталитический** (реакция на катализаторы) методы применяют реже и лишь для небольших выбросов.

При **каталитическом методе** токсичные компоненты газовоздушной смеси, взаимодействуя со специальным веществом – катализатором, превращаются в безвредные вещества. В качестве катализаторов используются благородные металлы или их соединения: платина, оксиды меди и марганца и др. Катализатор, выполняемый в виде шаров, колец или спиральной проволоки, играет роль ускорителя химического процесса.

Широко применяются каталитические нейтрализаторы для отработанных газов автомобилей.

Термический метод или высокотемпературное дожигание (термическая нейтрализация) применяется для утилизации горючих отходов, с трудом

поддающихся другой обработке (например, сжигаются такие газы, как углеводороды, оксид углерода, выбросы лакокрасочного производства). Этот метод требует поддержания высоких температур очищаемого газа и наличия достаточного количества кислорода.

Использование рассмотренных методов и систем очистки призвано обеспечить максимальное снижение выбросов вредных веществ и теплоты в атмосферу, возврат их в исходный технологический процесс. Для современного производства, как правило, требуется многоступенчатая очистка, особенно, если виды примесей многообразны.

ТЕМА 5. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВО ВОДНОЙ СРЕДЫ

5.1 Гидросфера и ее роль как природного ресурса Земли

Гидросфера – водная оболочка Земли, включающая океаны, реки, озера, подземные воды и ледники, снеговой покров, а также водяные пары в атмосфере.

Гидросфера Земли на 94% представлена солеными водами океанов и морей, более 75% всей пресной воды законсервировано в полярных шапках Арктики и Антарктиды. Пресные же воды составляют чуть меньше 6% запасов. Из них лишь 3% – легкодоступные запасы типа рек, озер, водохранилищ, остальные – ледники, подземные воды.

Гидросфера функционирует как единое целое, находясь в состоянии непрерывного движения, развития и обновления. Поверхность Мирового океана, занимающая около 71% земной поверхности, расположена между атмосферой и литосферой.

Вода не только обеспечивает жизнь, она – сама жизнь. Человек на 60–65% состоит из воды, а его мозг – на 82–85%. Для многих живых существ (большинство растений и животных также состоит в основном из воды) вода служит средой обитания.

Гидросфера поддерживает постоянный климат на планете, поскольку, с одной стороны, выступает как аккумулятор тепла, обеспечивая постоянство средней температуры атмосферы, а с другой – за счет фитопланктона (морской растительности) продуцирует почти половину всего кислорода атмосферы.

Водная среда используется для лова рыбы, сбора растений, добычи подводных залежей руды и нефти, перевозки грузов и пассажиров. В производственной и хозяйственной деятельности человек применяет воду для очистки, мытья, охлаждения оборудования и материалов, полива растений, гидротранспортировки, выработки электроэнергии и т.п.

Однако через воду передаются многие инфекционные заболевания (примерно 80% всех заболеваний). Человечество активно использует водную среду для сброса отходов производства и потребления, что потенциально опасно для здоровья человека.

5.2 Загрязнение Мирового океана и материковых вод

В результате сброса в реки, а затем и в океан сточных вод различных промышленных предприятий, стока их с обработанных химикатами полей и лесов, потерь жидкого топлива при перевозках танкерами постоянно возрастает загрязнение океанов и морей нефтью, тяжелыми металлами, пестицидами, радиоизотопами и др.

Различают три группы источников загрязнения Мирового океана:

1) **морские** – наземные корабли, суда и другие установки, эксплуатируемые в морской среде; трубопроводы и устройства, используемые при разведке и разработке природных ресурсов морского дна и его недр;

2) **наземные** – реки, озера, куда загрязняющие вещества попадают с грунтовыми водами, а также в результате сбросов сточных и нагретых вод с различных объектов, захоронений радиоактивных отходов;

3) **атмосферные** – различные промышленные предприятия, транспорт и другие объекты, откуда могут происходить выбросы в атмосферу вредных газов. Ежегодно в Мировой океан вместе с дождем поступает 50 тыс. тонн свинца; нефтепродукты попадают в морскую воду главным образом в составе атмосферных осадков.

Материковые воды подразделяют на **поверхностные, почвенные, подземные.**

К основным потребителям пресной воды относятся сельское хозяйство (50–70% от общего расхода), промышленное производство (10–30%), включая энергетику и коммунальное хозяйство (5–10%).

Природные воды подразделяют на два больших класса: пресные и соленые. Пресная вода – в 1 кг которой содержится не более 1 г солей. Остальные природные воды относят к соленым, на долю которых приходится 94% всего мирового запаса воды. Концентрация растворенных в воде солей определяет степень ее солености (жесткости).

Состояние пресной воды все ухудшается, а потребности в ней растут. Пресные воды распределены на поверхности Земли неравномерно. Во многих странах ощущается недостаток пресной воды.

На территории России 82% речного стока приходится на северные районы страны (малопригодны для земледелия и менее заселены), чем южные – экономически более развитые, но испытывающие дефицит пресной воды.

Происходит истощение самых ценных источников пресной воды – подземных вод (артезианских). Беспокойство вызывает состояние малых рек (озера, ручьи, пруды, родники, болота).

Наиболее ощутимый удар по пресной воде нанесли современные технологии, так как под их воздействием растет загрязнение рек и озер промышленными и бытовыми отходами, токсичными веществами. Число загрязнителей пресной воды достигает 2500.

В последние десятилетия остроту приобрел вопрос об охране источников пресных вод. Несмотря на то, что речной сток России один из самых крупных в мире, ряд районов нашей страны испытывает дефицит пресной воды.

Рост потребления воды в мире быстро увеличивается из-за большого объема вредных промышленных и хозяйственно-бытовых стоков.

Загрязняющие вещества, поступающие в водоемы и водотоки, подразделяются на:

– минеральные;

– органические;

– бактериальные.

Минеральные – представлены в сточных водах нефтью и нефтепродуктами, растворенными минеральными солями, песком, глиной, кислотами, щелочью, шлаком и другими веществами.

Органические загрязнители могут быть растительного и животного происхождения (остатки растений, плодов, бумаги, органические шлаки и др.).

Наибольшую опасность для водной среды представляют нефть, нефтепродукты, конденсат, хлорорганические соединения, радиоактивные вещества и тяжелые металлы. Основными «поставщиками» этих загрязнителей воды являются металлургическая, нефтедобывающая, газовая, химическая, целлюлозно-бумажная, горнодобывающая и текстильная промышленности.

Опасность отравления нефтью возрастает с ростом ее концентрации. Токсичность в водной среде проявляется при концентрации более 1 мг/м^3 . Даже незначительное содержание нефти (200–300 мг/м^3) приводит к нарушению экологически равновесного состояния популяций рыб и других обитателей рек и морей. Известно, что 1 тонна нефти может образовать пленку площадью 2,6 км^2 (одна капля – соответственно около 0,25 м^2).

При попадании загрязняющих веществ в воду содержание кислорода в ней резко снижается за счет окисления им органических веществ и накопления промежуточных продуктов реакции. Нефть активно взаимодействует со льдом, который поглощает ее в количествах до 1/4 своей массы. При таянии такой лед – источник загрязнения любого района океана.

От нефтяных загрязнений подавляется и даже уничтожается жизнедеятельность фитопланктона. Это резко сокращает выработку кислорода океаническими водорослями (океан дает около 50% кислорода, необходимого для жизни на Земле).

Большую опасность представляют фенольные соединения, содержащиеся в сточных водах предприятий нефтехимии, коксохимии, лесохимической, сланцевой и других отраслей промышленности.

Обладая антисептическими свойствами, фенольные воды нарушают биологические процессы, протекающие в воде, ухудшают условия воспроизводства рыб. В качестве наиболее опасного загрязнителя вод выступают синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ), применяемые при бурении нефтяных и газовых скважин (для обработки промывочных жидкостей). Они образуют стойкие пены, резко снижают эффективность биохимических методов очистки сточных вод, прекращают рост водорослей и другой растительности.

Высокой стойкостью к химическому и биологическому разложению обладают **пестициды**. Опасность этого вида загрязнения возрастает в связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства.

Наибольшую опасность для природных вод представляют радиоактивные вещества и радиоактивные отходы (в связи с ростом числа ядерных энергетических установок и отсутствием надежных способов ликвидации радиоактивных отходов).

Особо следует выделить **тепловое загрязнение.** Выпуск нагретых вод в бассейны тепловыми, атомными электростанциями и другими мощными

энергетическими установками нарушает их нормальный термический, гидрохимический и гидробиологический режим.

Таким образом, все загрязняющие вещества, поступающие в природные воды, вызывают:

а) изменение физических свойств воды (нарушение прозрачности и окраски, появление ненужных запахов и привкусов);

б) изменение химического состава воды, в частности, появление в ней вредных веществ;

в) образование плавающих загрязнений на поверхности воды, взвешенных в толще слоя, и отложения их на дне;

г) сокращение в воде количества растворенного кислорода вследствие расхода его на окисление поступающих в водоем органических загрязняющих веществ;

д) появление новых бактерий, в том числе и болезнетворных.

5.3 Сточные воды промышленных предприятий

Примерно 20% воды промышленного предприятия расходуется безвозвратно, а остальная часть возвращается в водоемы загрязненной. Практически для всех отраслей промышленности характерна низкая обеспеченность очистки сточных вод, сбрасываемых в водоемы.

Сточные воды любого промышленного предприятия бывают трех видов: 1) бытовые; 2) поверхностные; 3) производственные.

Бытовые сточные воды предприятий образуются при эксплуатации на его территории душевых, туалетов, прачечных и столовых. Предприятие не отвечает за качество данных сточных вод и направляет их на городские (районные) станции очистки.

Поверхностные – образуются в результате смывания дождевой, талой и поливочной водой примесей, скапливающихся на территории, крышах и стенах производственных зданий. Основными примесями этих вод являются твердые частицы (песок, камень, стружки и опилки, пыль, сажа, остатки растений и т.п.); нефтепродукты (масла, бензин и керосин), используемые в двигателях транспортных средств, а также органические и минеральные удобрения, используемые в заводских скверах и цветниках. (Каждое предприятие отвечает за загрязнение водоемов, поэтому необходимо знать объем сточных вод данного типа).

Производственные – образуются в результате использования воды в технологических процессах. Их количество, состав и концентрация содержащихся в них примесей определяются типом предприятия, его мощностью, видами используемых технологических процессов.

Производственные сточные воды (промстоки) характеризуются рядом параметров – количеством (в кг или л) и физико-химическими свойствами растворенных, эмульгированных или взвешенных примесных веществ, степенью их токсичности, щелочностью или кислотностью, органолептическими характеристиками (запах, вкус, цвет).

Промстоки подразделяются на **условно чистые** (от охлаждения технологического оборудования) и **грязные** (от прочих цехов, участков, стройплощадок и др.).

Условно чистые стоки подвергают охлаждению в отстойниках или градирнях, очищают от взвесей и масел, а затем возвращают в производство с ограниченной добавкой холодной чистой воды (потери на испарения). Такой процесс называют замкнутым циклом водопотребления, с точки зрения охраны природы он наиболее безвреден. Грязные сточные воды отличаются не только на различных предприятиях, но и на одном предприятии от разных цехов и участков.

Грязные промстоки отводят к очистным сооружениям по канализационным коллекторам, удаляют из них твердые фракции, отфильтровывают нефтепродукты, затем обеззараживают и направляют в устройства глубокой очистки или отстойники.

Современное машиностроительное предприятие, как правило, включает несколько цехов и производств, таких как литейные, заготовительные, кузнечно-прессовые и механические цехи, цехи термической обработки и гальванопокрытий, сварочные и окрасочные цехи, участки пайки и лужения, сборочные и деревообрабатывающие цехи и ряд других. Иногда в состав предприятия также входят испытательные станции, цехи по производству и обработке неметаллических материалов, котельные и другие вспомогательные подразделения.

Крупнейшими потребителями воды в промышленности являются доменные, сталеплавильные, прокатные, коксохимические и другие подобные установки. Например, для выплавки 1 т чугуна и последующего выпуска стали и проката расходуется до 300 $м^3$ воды, для выплавки 1 т меди – 500 $м^3$, 1 т алюминия – 1500 $м^3$.

Около 10% общего водопотребления в промышленности приходится на машиностроительные предприятия, где воду используют:

1) для охлаждения или подогрева исходных материалов и продукции, деталей и узлов технологического оборудования;

2) для приготовления различных технологических растворов;

3) промывки, обогащения и очистки исходных материалов или продукции;

4) для хозяйственно-бытового обслуживания.

Загрязнения сточных вод **литейного цеха** – песок, окалина, пыль, флюсы, глина, зола и т.п.

Примеси сточных вод, используемых для охлаждения технологического оборудования, поковок, обработки помещения – частицы пыли, окалины и масла.

В механических цехах вода используется для приготовления смазочно-охлаждающих жидкостей, промывки окрашиваемых изделий, для гидравлических испытаний и обработки помещения. Основные примеси сточных вод – пыль, металлическая мелкая стружка, абразивные частицы, сода, масла, растворители, краски и др.

На термических участках воду используют для приготовления технологических растворов, применяемых при закалке, отпуске и отжиге деталей, для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов, а также для обработки помещения. Основные примеси вод – пыль минерального происхождения, металлическая окалина, тяжелые металлы, масла, щелочи и другие ядовитые вещества.

На травильных и гальванических участках вода используется для приготовления технологических растворов для травления материалов и деталей и нанесения на них покрытий; а также для промывки деталей и ванн после сброса отработанных растворов и обработки помещения. Основные примеси сточных вод этих участков – пыль, металлическая окалина, эмульсии, щелочи и кислоты, ионы тяжелых металлов и их соли, цианистые соединения цинка, кадмия, меди и др.

В сварочных, монтажных, сборочных, испытательных цехах машиностроительных предприятий сточные воды содержат механические примеси, маслопродукты, кислоты, щелочи и т.п. в меньших концентрациях, чем в рассмотренных цехах и участках.

5.4 Нормирование качества воды

Качество воды – это характеристика состава и свойств воды, которая определяет пригодность воды для конкретных видов использования.

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

По народнохозяйственной значимости и характеру водопользования различают две категории водоемов: I – санитарно-бытового назначения (для питьевых и культурно-бытовых целей); II – рыбохозяйственного назначения.

Предельно допустимые концентрации веществ для различных категорий водопользования различны и устанавливаются по **лимитирующему показателю вредности (ЛПВ)**, под которым понимают наиболее неблагоприятное воздействие каждого вещества (например, отдельные вещества оказывают неблагоприятное воздействие на организм лишь при попадании внутрь, а другие – опасны даже при контактном воздействии).

Качество воды оценивается по многим параметрам, величины которых зависят от ее назначения. Они устанавливаются требованиями СанПиНов, ГОСТов, ОСТов, постановлениями правительства, решениями администраций субъектов РФ и постоянно корректируются.

Основное требование к воде, которое должно быть обеспечено соблюдением стандартов:

– безопасность воды в эпидемическом и паразитном отношении;

– безвредность по химическому составу;

– благоприятность по органолептическим свойствам (цветность, запах, вкус и привкус, мутность и пенистость).

Несмотря на различные величины параметров качества для каждого вида воды (питьевая, в водоемах санитарно-бытового назначения, рыбохозяйственных водоемах, сточных водах и др.), основные требования можно объединить в следующие группы, то есть, кроме ПДК, вода как источник питья и среда обитания характеризуется следующими показателями:

1) Органолептические показатели – к ним относят привкус, запах, мутность, цветность, а также ПДК веществ, которые ухудшают органолептические свойства воды. Привкус, запах, цветность определяют по специальным шкалам. Для питьевой воды, к примеру, эти показатели «на глаз» не должны ощущаться. Перечень веществ, влияющих на органолептические свойства воды, постоянно расширяется. В настоящее время к нему относят железо, марганец, медь, сульфаты, хлориды, фенолы, хлор и др.

2) Кислотность или щелочность воды: степень кислотности (или щелочности) должна быть не слишком велика, то есть реакция воды – близка к нейтральной. Это оценивается величиной водородного показателя pH. (Для питьевой воды он – в пределах от 6 до 9).

Показатель pH определяет концентрацию ионов водорода в растворе. У нейтральной воды pH=7. Изменение pH на единицу в сторону уменьшения или увеличения свидетельствует об уменьшении или увеличении в 10 раз концентрации водородных ионов. При pH<7 – среда кислая, pH>7 – щелочная.

3) Микробиологические показатели. Безопасность воды в эпидемическом отношении определяется: 1) количеством микробов в 1 мл воды; 2) содержанием бактерий группы кишечной палочки (палочек Коли) в 1 л – этот параметр называется Коли-индекс.

Сточные воды, содержащие болезнетворные бактерии, подвергаются обеззараживанию после предварительной очистки.

4) Показатели токсичности воды – приводятся в виде ПДК тех веществ, которые могут встретиться в исходной воде или добавляться в нее искусственно. Это органические и неорганические компоненты, к которым относятся алюминий, барий, бериллий, ртуть, свинец, хлороформ, бензапирен и другие. При обнаружении в воде нескольких веществ однонаправленного действия их концентрация (C) проверяется по ПДК и суммируется так же, как и для воздуха при определении $ПДВ_i$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{ПДК_i} \le 1, \qquad (5.1)$$

где C_i – фактическая концентрация i-го вещества в воде водоема.

5) Паразитологические показатели – оценивают количество патогенных микроорганизмов (дизентерийных, холерных и др.). Они не должны обнаруживаться в 25 л питьевой воды.

6) Кислородные показатели: БПК и ХПК. Органическое загрязнение воды определяют косвенным путем – по количеству кислорода, необходимого для окисления органических примесей в 1 л воды. Чем больше требуется кислорода, тем грязнее вода.

Для определения загрязнения воды по количеству кислорода применяются два показателя:

а) биологическая потребность в кислороде за определенное время – БПК ($БПК_5$ – за 5 суток, $БПК_{20}$ – за 20 суток), мг;

б) химическая потребность в кислороде – ХПК. Причем ХПК более полная оценка загрязнения, при определении которой вовлекаются в реакцию даже трудноокисляемые органические вещества.

Величины БПК и ХПК особенно важно учитывать для сточных вод. Если БПК/ХПК<0,5, то сточные воды перенасыщены трудноокисляемыми (а значит и трудноудаляемыми) соединениями.

В настоящее время контроль за загрязнением воды осуществляется в основном путем отбора проб и последующего анализа их в химических лабораториях. Такой метод малоэффективен, так как не обеспечивает непрерывного оперативного контроля за составом природных вод и не позволяет автоматизировать сбор, обработку и передачу информации об их качестве.

5.5 Сточные воды животноводческих комплексов

На животноводческих предприятиях в зависимости от технологии содержания животных, типа кормления и технологии удаления навоза получают подстилочный, полужидкий, жидкий навоз и навозные сточные воды.

Подстилочный навоз состоит из смеси кала, мочи и подстилочного материала (торф, солома, опилки и др.). Влажность такого навоза в зависимости от количества и вида подстилки составляет до 85%. Полужидкий навоз – смесь кала, мочи, остатков корма и технологической воды, влажность 92%. Жидкий навоз, состоящий из смеси экскрементов, определенного количества воды, кормовых остатков и других включений имеет влажность 92–97%.

При применении гидросмыва на предприятиях получают навозные сточные воды, представляющие смесь экскрементов, остатков кормов, производственных сточных вод и значительного количества разбавляющей воды, вследствие чего их влажность составляет 97% и более.

Навоз – сложная многофазная коллоидно-полудисперсная среда, состоящая из компонентов органического и минералогического происхождения, воды, солей, газов, микроорганизмов и щетины животных.

Органические компоненты – это органические вещества, растворенные в виде частиц разного размера и степени разложения (в том числе семена сорных трав), которые поступают с экскрементами, подстилкой и кормами при мытье кормушек, кормопроводов и полов.

Минералогические компоненты – коллоидные, глинистые, пылевидные и песчаные частицы, которые поступают вместе с кормами и в результате разрушения полов, решеток и навозных каналов.

В состав экскрементов входят все необходимые для роста и развития растений биогенные элементы (азот, фосфор, калий), микроэлементы и органическое вещество (углеводы, клетчатка, белки и жиры), поэтому они имеют высокую удобрительную ценность.

Количественные и качественные параметры и свойства экскрементов, навоза и навозных сточных вод зависят в основном от вида, возраста, рациона кормления, принятых технологий содержания и кормления животных, удаления, обработки и хранения навоза и сточных вод.

К величинам, характеризующим степень загрязненности навоза и навозных сточных вод, относятся химическое (ХПК) и биохимическое ($БПК_5$ и БПК) потребление кислорода.

Навоз и навозные сточные воды – потенциальные источники распространения инфекционных и инвазионных заболеваний свыше 100 болезней животных и человека.

Эпидемическая опасность навозных сточных вод зависит не только от наличия в них патогенных микроорганизмов и их высокой концентрации, но и от сроков выживаемости микроорганизмов. С увеличением влажности навоза сроки выживаемости патогенных бактерий возрастают. При попадании в почву, на пастбище, водоемы навоз становится опасным источником распространения инфекций и инвазий.

На животноводческих комплексах и фермах наряду с навозом и навозными сточными водами образуются и ливневые (дождевые) стоки, которые при неправильной организации системы сбора и хранения могут стать источниками загрязнения окружающей среды. Ливневые стоки образуются на выгульных площадках и прогонах для скота, площадках для хранения твердой фракции навоза, на дорогах, проездах, кровельном покрытии животноводческих зданий. Поэтому при проектировании животноводческих предприятий необходимо предусматривать организованный сбор и локальную обработку этих стоков.

Таким образом, мероприятия по охране окружающей среды от загрязнения и заражения навозными стоками:

– все каналы систем навозоудаления, емкости для сбора и хранения навозных сточных вод выполняются из сборного железобетона с надежной изоляцией, исключающей их проникновение в грунт;

– навозные сточные воды обрабатывают на очистных сооружениях и в дальнейшем используют на полях в качестве удобрений;

– применение на комплексе систем навозоудаления с меньшим количеством воды для транспортирования навоза позволяет резко сократить количество навозных сточных вод;

– при эпизоотии навозные сточные воды проходят химическое обеззараживание на очистных сооружениях;

– перед подачей навозных стоков на сельскохозяйственное использование они должны проходить карантинное выдерживание.

Жидкий навоз и навозные сточные воды в соответствии с агрономическими, ветеринарными и водоохранными требованиями должны направлять-

ся на орошение сельскохозяйственных культур. Сброс их в открытые водоемы, включая очистку и доочистку, категорически запрещается.

ТЕМА 6 МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В общем виде водоотведение сточных вод проводится по следующей схеме: сточные воды поступают в канализационную сеть – систему трубопроводов, каналов или лотков и сооружений для сбора и отведения сточных вод, – откуда направляются непосредственно в водный объект или на станцию очистки сточных вод, а после нее – в водный объект.

Станции очистки сточных вод – комплекс зданий, сооружений и устройств для очистки стоков и обработки осадка – могут быть централизованными и локальными.

Городская система канализации имеет несколько видов:

1) полностью раздельная – бытовые воды отводятся отдельно от производственных и ливневых стоков;

2) смешанная – в единую канализационную сеть поступают бытовые, производственные и ливневые сточные воды;

3) полураздельная – например, в одну сеть сбрасывают бытовые и производственные стоки, а по другой отводят атмосферные.

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

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

Норма водоотведения – это количество сточных вод, отводимое от промышленного предприятия в водоем при целесообразной норме водопотребления.

В укрупненную норму водопотребления входят все расходы воды на предприятии. Нормы водопотребления и водоотведения выражаются в кубометрах воды на единицу готовой продукции или используемого сырья. Эти нормы расхода производственных сточных вод применяют при проектировании и реконструкции систем водоотведения промышленных предприятий. Укрупненные нормы позволяют дать оценку рациональности использования воды на любом действующем предприятии.

В комплекс очистных сооружений входят сооружения механической очистки, которые в зависимости от требуемой степени очистки могут дополняться сооружениями других групп очистки, а при более высоких требованиях – и сооружениями глубокой очистки. Перед сбросом в водоем очищенные сточные воды обеззараживаются для уничтожения патогенных микроорганизмов. Образующийся на всех стадиях очистки осадок или избыточная биомасса поступает на сооружения по обработке осадка.

Очищенные сточные воды могут направляться в оборотные системы водообеспечения промышленных предприятий, на сельскохозяйственные нужды или сбрасываться в водоем. Обработанный осадок утилизируется, уничтожается или складируется.

Состав сточных вод и их объем (особенно для термических, травильных и гальванических цехов промышленных предприятий) может значительно изменяться в течение суток. В результате залповых выбросов отработанных технологических растворов увеличивается концентрация тяжелых металлов в сточных водах на входе в очистные сооружения, что может уменьшить эффективность работы очистных устройств или вывести их из строя.

Поэтому перед подачей сточных вод на механическую очистку их направляют в усреднители (железобетонные резервуары), которые регулируют состав и расход сточных вод, – либо дифференцируют поток сточных вод, либо интенсивно перемешивают отдельные потоки.

Очистка воды предназначена для доведения всех параметров, характеризующих ее качество, до нормативных показателей. Существенно отличается очистка воды для питьевых нужд, в технологических целях, и очистка сточных вод.

Причем даже для промышленных стоков, сбрасываемых в водоемы или на грунт и сливаемых в систему канализации, нормативы и требования к очистке различные. И они постоянно ужесточаются. Суммарные затраты на очистку сточных вод современных предприятий в среднем составляют от 15 до 40% их общей стоимости.

Выделяют два основных пути очистки сточных вод: разбавление сточных вод и очистка их от загрязнения. Разбавление – это процесс уменьшения концентрации примесей в водоемах, вызванный перемешиванием сточных вод с водной средой, в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется кратностью разбавления.

Разбавление не ликвидирует воздействия сточных вод, а лишь ослабляет его на участке водоема. Основной путь – очистка сточных вод от загрязнений.

6.1 Классификация методов очистки сточных вод

Методы очистки стоков делятся на группы:

1) Механические – для отделения загрязнителей используют гравитационный и центробежный эффекты (для выделения из сточных вод грубодисперсных минеральных и органических загрязнителей – процеживание, отстаивание и разделение в поле центробежных сил на гидроциклонах; для отделения мелкодисперсных загрязняющих частиц – фильтрование).

2) Физико-химические – флотация, коагуляция (для интенсификации отделения загрязнителей); экстракция, сорбция (для извлечения из стоков необходимых компонентов).

3) Химические – к ним относятся все те методы, при которых в сточные воды вводятся специальные реагенты, вступающие с загрязнителями в химические реакции и обезвреживающие их или создающие необходимые условия для их удаления (озонирование, хлорирование и др.).

4) Биологические – для удаления из сточных вод растворенных в них органических веществ с помощью биологического окисления в природных

или искусственно созданных условиях. В первом случае используются почвы, проточные и замкнутые водоемы, а во втором – специально построенные для очистки сооружения – биофильтры, аэротенки и др.

Часто используют комбинации из вышеперечисленных методов.

Достигнуть высокой степени очистки сточных вод, содержащих одновременно большое количество разнообразных видов примесей, чрезвычайно сложно. Установлено, что для таких вод даже при тщательном соблюдении всех условий эксплуатации очистных сооружений их эффективность не превышает 80%. Повышение степени очистки с 80 до 95% увеличивает расходы на очистку примерно вдвое, а свыше 95% – приблизительно в 10 раз на каждый дополнительный процент улучшения качества очистки.

Большие затраты на обработку сточных вод приводят к росту себестоимости выпускаемой продукции, увеличению площадей земли под очистные сооружения, загрязнению почв, атмосферного воздуха, уничтожению ландшафтов и т.д. И, в конечном счете, к ухудшению качества жизни каждого из нас.

Поэтому основными задачами по охране поверхностных и подземных вод от загрязнений являются:

1) снижение объема водопотребления всеми водопотребителями, в том числе и экономия воды населением;

2) оснащение всех водопользователей приборами контроля (счетчиками) расхода воды;

3) всемерное внедрение в производство современных эффективных методов локальной обработки сточных вод.

Полная схема очистки сточных вод включает узлы механической и биологической очистки, обеззараживания очищенной воды и обработки полученных осадков.

Таким образом, среди методов обработки различают очистку, обезвреживание и обеззараживание сточных вод. Под очисткой понимают удаление из воды определенных веществ. Обезвреживание – это перевод вредных примесей в воде в безвредные или менее вредные. Обеззараживание сточных вод производится для уничтожения в них патогенных микроорганизмов.

6.1.1 Механическая очистка

Механической очистки вод достаточно только при промышленном оборотном водоснабжении некоторых производств. В большинстве случаев она лишь подготавливает сточные воды к обработке другими методами.

Механическая очистка применяется для отделения твердых и взвешенных частиц. Используются способы:

1) процеживание;

2) отстаивание (нефтеулавливание – как разновидность отстаивания);

3) центрифугирование;

4) фильтрование.

Процеживание – первичная стадия очистки сточных вод – вода пропускается через специальные металлические решетки (сита) с шагом 5–25 мм, установленные наклонно. Периодически они очищаются от осадка с помощью специальных поворотных приспособлений.

Отстаивание – происходит в специальных емкостях, которые по направлению движения воды делят на горизонтальные, вертикальные, радиальные и комбинированные. Общими для них являются выход очищенной воды в верхней части отстойника и гравитационный принцип осаждения частиц, которые собираются внизу. Разновидностью отстойника являются песколовки, применяющиеся для выделения частиц песка в стоках литейных цехов, окалины – в стоках кузнечно-прессовых и прокатных цехов и т.д. Выпавший осадок собирается и удаляется в песковые бункеры или на песковые площадки, обезвоженный песок можно использовать при дорожных работах, изготовлении стройматериалов. Время нахождения воды в песколовках намного меньше (0,5–2 мин), чем в отстойниках, где оно доходит до 1,5 часов.

Нефтеловушки представляют собой горизонтальные отстойники, в которых нефть и вода разделяются из-за разности их плотностей. Выход очищенной воды происходит снизу, а нефтяная пленка собирается сверху и удаляется на утилизацию.

Центрифугирование (инерционное разделение) – осуществляется в гидроциклонах, принцип действия которых аналогичен циклонам для очистки газов. Принцип действия основан на сепарации (отделении) частиц твердой фазы во вращающемся потоке жидкости.

Различают открытые (безнапорные) и напорные гидроциклоны, причем первые имеют большую производительность и малые потери напора, но проигрывают в эффективности очистки (особенно от мелких частиц). Напорные гидроциклоны – надежны и высокопроизводительны, но их недостатком является большой расход электроэнергии и быстрый износ стенок в связи с абразивностью извлекаемых частиц.

Фильтрование – пропускание воды через слой пористого материала. Фильтры очищают воду от тонкодисперсных твердых примесей даже при небольших концентрациях. Фильтроматериалы разнообразны: кварцевый песок, гравий, антрацит, частички металлов и др. Песчаные фильтры – основные очистители при водоподготовке.

6.1.2 Физико-химические методы очистки

Их используют для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных частиц (твердых и жидких), растворимых газов, минеральных и органических веществ. Основные физико-химические методы: 1) коагуляция, 2) флотация, 3) адсорбция, 4) ионный обмен, 5) экстракция и другие.

Сточные воды многих химических производств содержат мелкодисперсные и коллоидные частицы размерами до 10 мкм. Такие воды плохо поддаются химической очистке, поэтому перед осаждением примесей желатель-

но их предварительно укрупнить. Процесс укрупнения мелкодисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты называется коагуляцией.

Коагуляция – процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия с коагулянтами (соединения алюминия или железа), которые в воде образуют хлопья гидроксидов металлов. Хлопья улавливают частицы и переносят их, оседая под действием силы тяжести на дно резервуара.

Для сточных вод широко применяется **электрокоагуляция** – процесс образования нерастворимых гидроксидов металлов в сточных водах при прокачке вод через электрокоагулятор. Вблизи электродов образуются ионы (результат анодного растворения материала электродов), реагирующие с примесями. Так отделяют тяжелые металлы, хром, цианы.

Флотация – процесс всплывания примесей (чаще всего масло – нефтепродуктов) при обволакивании их пузырьками воздуха (газа), подаваемого в сточную воду. Пузырьки воздуха выносят загрязнения на поверхность воды. Образовавшийся пенный слой удаляется.

Флотацию за счет перенасыщения сточной воды воздухом подразделяют на вакуумную и напорную.

Разновидность метода – **электрофлотация**, при которой вода дополнительно обеззараживается за счет окислительно-восстановительных процессов у электродов. Суть электрофлотации: в процессе электролиза воды выделяющиеся на электродах пузырьки газов (водорода и кислорода) сталкиваются со взвешенными частицами, прилипают к ним и «флотируют» их на поверхность жидкости.

Адсорбция (сорбция) – интенсивное перемешивание адсорбента (активированный уголь, минералы, зола, шлаки и т.д.) с водой или фильтрование воды через слой адсорбента. Как при обработке газовых выбросовобеспечивает очистку воды от солей тяжелых металлов, углеводородов, частичек красящих веществ и т.п. На адсорбентах работают многие бытовые фильтры для воды: «Родничок», «Роса» и др.

Ионный обмен (обмен ионами) – эффективен для очистки воды от многих растворов и даже от тяжелых металлов (соединения мышьяка, фосфора, а также хром, цинк, свинец, медь, ртуть), от радиоактивных веществ. Очистка производится синтетической ионообменной смолой и, если ей предшествует механическая очистка, позволяет получить выделенные из воды металлы в виде относительно чистых и концентрированных солей.

Экстракция – процесс разделения и извлечения примесей из смеси двух нерастворимых жидкостей (экстрагента и сточной воды). В специальных колонках (пустотелых или заполненных насадками) стоки смешиваются с экстрагентом, отбирающим вредные вещества (так, для экстракции из сточных вод фенолов применяют эфиры, а нефтепродуктов – бензол).

Состоит из трех стадий: 1) смешивание сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем), в результате образуются две жидкие фазы – экстракт (содержит извлекаемое вещество и экстраген) и рафинат (содержит сточную воду и экстраген); 2) разделение этих двух жидких фаз (экс-

тракта и рафината); 3) регенерация экстрагента (отбирающего вредные вещества) из экстракта и рафината.

6.1.3 Химические методы

Связаны с расходом различных реагентов и потому дороги. К основным из них относятся – нейтрализация и окисление.

Нейтрализация – это обработка воды щелочами или кислотами, известью, серой, аммиаком и т.п. с целью обеспечения заданной величины водородного показателя pH. Практически нейтральными считаются воды, имеющие pH=6,5–8,5.

Самый простой способ нейтрализации сточных вод – смешение кислых и щелочных стоков, если они имеются на предприятии.

Окисление – применяется как при водоподготовке, так и при обработке сточных вод для обеззараживания и уничтожения токсичных биологических примесей. В процессе окисления токсичные загрязнения в сточных водах в результате химических реакций становятся менее токсичными и затем удаляются из воды.

Наиболее распространенный способ окисления – хлорирование. Но возможно появление диоксинов в воде, например, при вынужденном повышении дозы хлора летом или в период паводка. При гиперхлорировании перед употреблением питьевую воду нужно отстаивать и кипятить.

Необходимо переходить на другие способы, например, на комбинацию – озонирование и хлорирование. Озонирование – основано на высокой окислительной способности озона, который разрушает органические компоненты сточных вод; одновременно происходит обесцвечивание и обеззараживание воды и насыщение ее кислородом. Озонирование дорого и имеет более кратковременное действие, но оно перспективнее.

Длительность процесса очистки сокращается при совместном использовании ультразвука и озона или ультрафиолетового облучения и озона.

6.1.4 Биологическая очистка

Биологическая очистка загрязненных вод возможна в **естественных условиях** и в **искусственных сооружениях**. И в том, и в другом случае органические примеси обрабатываются бактериями, простейшими, водорослями и превращаются в минеральные вещества.

В **естественных условиях** очистка производится на полях фильтрации или орошения (специально подготовленные участки земли), т.е. через почву, или в биологических прудах-отстойниках, в которых концентрация загрязнителей снижается до требуемых норм за счет процессов самоочищения, осуществляемых микроорганизмами, водорослями, беспозвоночными (потребления микроорганизмами органических составляющих сточных вод). Пруды могут быть с поддувом воздуха (с искусственной аэрацией).

Для самоочищения водоемов используются высшие водные растения (тростник, камыш, уруть, ряска, тропическое цветковое растение – эйхорния или водный гиацинт).

В качестве **искусственных сооружений** для промстоков применяются аэротенки, окситенки и биофильтры (аэро – с подачей воздуха; окси – с подачей кислорода). В стенках (железобетонных резервуарах) сточные воды обрабатываются микроорганизмами. Но для их функционирования необходима определенная температура, кислотность (pH) и отсутствие многих солей (микроорганизмы могут погибнуть). Поэтому эти сооружения применяются на тех очистных сооружениях канализации, куда не поступают промстоки.

На промышленных очистных сооружениях применяются биофильтры, в которых активная биологическая среда образуется на специальной загрузке (шлак, керамзит, гравий и т.п.). Эта биологическая среда (пленка) менее чувствительна к колебаниям параметров среды и сточных вод. Активность биопленки увеличивается при поддуве воздуха, подаваемого обычно противотоком.

При всех биологических методах очистки важен вопрос утилизации осадка, образующегося при обработке воды (особенно токсичных промстоков). Как правило, осадок обезвоживают и производят захоронение на специальных полигонах или обрабатывают в биологических сооружениях. Существуют специальные печи для сжигания токсичных отходов с очень высокой полнотой сгорания и четырехступенчатой очисткой газовых выбросов (печи канадско-американской фирмы проф. Ормстона). Есть и отечественные разработки по сжиганию этого осадка в металлургических, специально оборудованных печах с получением сравнительно безвредного строительного материала.

Даже при самой совершенной очистке, включая биологическую, все растворенные неорганические вещества и до 10% органических загрязняющих веществ остаются в очищенных сточных водах. Такая вода вновь может стать пригодной для потребления только после многократного разбавления чистой природной водой.

На разбавление стоков уходит почти 20% ресурсов пресных вод мира. 1 км^3 очищенной сточной воды «портит» 10 км^3 речной воды, а неочищенной – в 3–5 раз больше.

Таким образом, количество пресной воды в объемном выражении не уменьшается, но ее качество резко падает, что служит причиной повышения ее дефицита.

Большое количество пресной воды потребляет промышленность. Наиболее водоемкие отрасли промышленности – сталелитейная, химическая, нефтехимическая, целлюлозно-бумажная и пищевая. На них уходит почти 70% всей воды, затрачиваемой в промышленности. В среднем в мире на промышленность уходит 20% всей потребляемой воды.

Огромное количество пресной воды забирает сельское хозяйство. Орошаемое земледелие занимает лишь 15–17% площади сельскохозяйствен-

ных угодий, однако дает почти 50% всей продукции. Почти 70 % посевов хлопчатника в мире существует благодаря орошению.

Наиболее перспективный путь уменьшения потребления свежей воды – это создание оборотных и замкнутых систем водоснабжения, что позволяет в 10–15 раз уменьшить потребление природной воды.

6.2 Очистка сточных вод промышленных предприятий

На машиностроительных заводах в основном применяют оборотные системы водоснабжения отдельных цехов и участков, сточные воды которых имеют стабильный состав примесей.

В некоторых случаях используют двухступенчатую очистку: сточные воды предварительно очищают в локальных очистных сооружениях от примесей, присущих данным участкам и цехам, затем на общезаводских очистных сооружениях. При выборе системы очистки необходимо учитывать мощность и тип предприятия.

При разработке оборотных систем водоснабжения промышленных предприятий необходимо планировать очистку и повторное использование поверхностных сточных вод с учетом следующих требований:

– обеспечение локализации стока с отдельных участков территории предприятия и его отвода либо в общезаводские очистные сооружения, либо (после предварительной очистки) в общую схему очистки поверхностных сточных вод;

– создание раздельной организации стоков с водосборных участков, отличающихся по составу и количеству примесей, поступающих в поверхностные сточные воды;

– обеспечение очистки поверхностного стока совместно с производственными сточными водами;

– применение локальных очистных сооружений для поверхностных сточных вод.

Для примера рассмотрим схему оборотного водоснабжения цеха холодной прокатки (рисунок 6.1). Образующиеся при работе стана 8 сточные воды, содержащие в основном частицы металлической окалины и масла, попадают в отстойник 1, где и выделяются твердые частицы и наиболее легкие фракции масла, а затем направляются в промежуточный отстойник 2, где осаждаются мелкие фракции частиц. Из отстойника 2 сточные воды отбираются насосом 3, в который через трубопровод 4 подается сжатый воздух. Смесь воды с воздухом поступает в сатуратор 5, где интенсивно перемешивается, и затем направляется во флотатор 6 для окончательной очистки от маслопродуктов. Выделенные из сточной воды в отстойнике и флотаторе маслопродукты отводятся на участок их регенерации, а сточная вода из флотатора 6 поступает в промежуточный отстойник 2. Для очистки сточной воды от твердых частиц и частиц масла размером менее 1,5 мкм она пропускается через автоматический бумажный фильтр 7. Очищенная таким образом сточная вода собирается в промежуточном отстойнике 2 и затем с помощью насоса 3 при необходимости подается для охла-

ждения прокатываемых изделий, узлов стана и оборудования цеха.

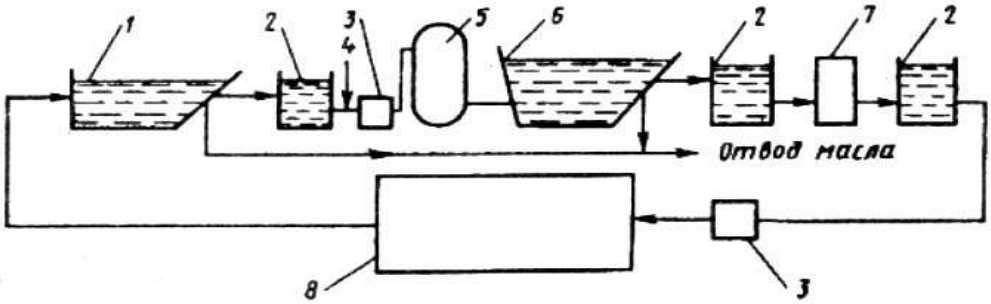


Рисунок 6.1 – Схема оборотного водоснабжения прокатного стана

Очистка сточных вод производится в отстойниках. Для очистки сточных вод **кузнечно-прессовых цехов** от масла помимо маслоуловителей используется отстойник периодического действия, в котором очищаемая вода перемешивается с молотой известью или известковым молоком. Перемешивание рекомендуется производить барботированием сжатым воздухом. Продолжительность отстаивания в отстойнике не менее 30 мин.

Для очистки сточных вод **литейных цехов** машиностроительных заводов применяют механические (отстаивание, фильтрование), химические (нейтрализация, коагуляция) и физико-химические методы.

Особое внимание следует обращать на обезвреживание сточных вод **термических цехов,** в которых могут содержаться цианистые соединения и другие ядовитые вещества. Для обезвреживания цианосодержащих сточных вод рекомендуется использовать щелочь (известковое молоко) и хлорсодержащие компоненты, такие, как жидкий хлор, гипохлорид натрия, гипохлорид кальция, хлорная известь и пр. Количество щелочи должно быть таким, чтобы поддерживать водородный показатель сточных вод pH в пределах 10,5–11,0. Перед отстойниками циансодержащие воды подкисляют до нейтральной среды. Для очистки от цианидов применяют также марганцевокислый калий и перекись водорода. При значительных концентрациях цианид-ионов (сточные воды участков цианирования) применяют электрохимическую очистку.

После перечисленных операций: реагентной обработки, отстаивания и в некоторых случаях фильтрования сточные воды обычно сбрасывают в бытовую канализацию или водоем. Возврат очищенных реагентным методом и доочищенных на фильтрах сточных вод возможен лишь на неответственные операции процессов гальванических покрытий.

Для отстаивания сточных вод могут применяться горизонтальные и вертикальные отстойники с продолжительностью отстаивания не менее 2 ч.

Различают кислотно-щелочные, циан- и хромосодержащие сточные воды **гальванических цехов**, и недопустимо их смешивание. Поэтому гальванические цехи должны быть оборудованы отдельными промышленными канализационными системами для стока каждой группы электролитов и отработанных растворов. Иногда целесообразно не сбрасывать отработанные растворы в ка-

нализационную сеть, а использовать их для подкисления и подщелачивания.

Сточные воды гальванического производства можно очищать различными методами в зависимости от их количества и качественного состава, а также концентрации примесей. Основными способами очистки являются: реагентный, ионообменный, озонирование, гиперфильтрация, электрохимический. Выбор зависит от объема и характера стоков, технико-экономических показателей устройств очистки, от возможности создания оборотного цикла и утилизации химических веществ.

В **окрасочных цехах** локальным очистным сооружением оборотного водоснабжения снабжается каждая окрасочная камера. После очистки вода подается в окрасочные ванны для повторного использования.

Таким образом, крупные промышленные предприятия имеют различные производства, которые дают различный состав загрязнения сточных вод. Водоочистные сооружения таких предприятий выполнены следующим образом: отдельные производства имеют свои локальные очистные сооружения, аппаратурное обеспечение которых учитывает специфику загрязнений и полностью или частично удаляет их, затем все локальные стоки направляются в емкости-усреднители, а из них – на централизованную систему очистки до значений, установленных для предприятия предельно-допустимых сбросов. Возможны и иные варианты системы водоочистки в зависимости от конкретных условий.

6.3 Расчет стоков с промышленной площадки

Расчет производят с целью установления допустимых сбросов для каждого загрязняющего вещества при учете категории водоема или требований приема в канализационную систему (если сброс производится туда).

По аналогии с ПДВ (для газов) эта величина называется нормативом предельно-допустимых сбросов – ПДС, причем зависит не только от условий сброса, но и от показателей воды в водоеме, его категории и т.п.

Так, допустимая концентрация взвешенных веществ в сточных водах $C_{CT}^{взв}$ определяется из условия, установленного нормативами превышения исходной концентрации $C_{o}^{взв}$ в водоеме

$$C_{CT}^{взв} = C_0^{взв} + n \cdot C_y^{взв}, \qquad (6.1)$$

где $C_y^{взв}$ – допускаемое увеличение концентрации в месте сброса для данной категории водоема и его проточности;

n – кратность разбавления сточных вод в водоеме;

$C_{CT}^{взв}$ – допустимая концентрация взвешенных веществ в сточных водах;

$C_{o}^{взв}$ – исходная концентрация взвешенных веществ в водоеме.

Кратность разбавления n определяется соотношением расходов, участвующих в смешении; характеристикой места выпуска сточных вод (извилистость берега, скорость течения и др.); его конструктивными параметрами и т.п.

Именно из этой концентрации определяется допустимое количество выбросов (ПДС) по взвешенным веществам.

Для растворенных токсичных и вредных веществ допустимая концентрация $C_{CT}^{доп}$ определяется через ПДК для данного i-го компонента из условия разбавления

$$ПДК_i \geq C_{oi}^{взв} + \frac{C_{CTi}^{взв} + C_{oi}^{взв}}{n}. \quad (6.2)$$

Отсюда

$$C_{CT}^{допj} \geq ПДК_i + (n-1)\cdot(ПДК_i - C_{Oi}^{взв}). \quad (6.3)$$

Очевидно, что если в реке уже достигнута величина $ПДК_i$, то $C_{CT}^{допj}$ не может быть больше этой величины.

Формулы (6.2), (6.3) легко анализируются с учетом зависимости кратности разбавления n от коэффициента смешения a, расхода сточных вод q и расхода воды в реке (водоеме) Q

$$n = a \cdot \frac{Q}{q} + 1. \quad (6.4)$$

Коэффициент a показывает, какая часть воды водоема участвует в смешении. Он определяется для каждого конкретного случая по достаточно сложным зависимостям. Очевидно, что чем меньше расход сточных вод q, тем больше в них $C_{CT}^{доп}$ и наоборот.

Кроме допускаемых концентраций необходимо определить величину фактической концентрации C_{CTi}, при этом нужно учитывать не только расход чистых промстоков q_n, но и смывы с промплощадки дождевыми $q_д$ и талыми водами q_m

$$q = q_n + q_д + q_m. \quad (6.5)$$

Причем величины $q_{д/m}$ определяются так

$$q_{д/m} \geq F \cdot h_{д/m} \cdot \varphi_{д/m}, \quad (6.6)$$

где φ – коэффициент стоков, учитывающий степень впитывания воды в почву (для асфальта $\varphi = 1$);

h – среднестатистический уровень осадков для данной местности;

F – площадь промплощадки.

При этом для каждого расхода должна быть известна концентрация интересующего загрязнителя $C_{j.}$ Суммарная масса сбросов этого загрязнителя определится так

$$M_i = \sum C_{ij} \cdot q_j \ , \qquad (6.7)$$

где j – промстоки, талые и дождевые воды.

Фактическая суммарная концентрация этого загрязнителя в стоках с промплощадки C_{CTi} через общий расход q

$$C_{CTi} = \frac{M_i}{q} \ . \qquad (6.8)$$

Именно она сравнивается с допускаемой – зависимость (6.3) – и в случае превышения подсчитывается необходимая степень очистки

$$Э \geq \frac{C_{CTi} - C_{CT}^{ДОПi}}{C_{CTi}} \cdot 100\ \% \ . \qquad (6.9)$$

Определяется также плата за загрязнение водоема. Принцип расчета такой же, как и при расчете платы за выбросы в атмосферу. Для выбросов, превышающих ПДС, плата увеличивается в пятикратном размере, для несанкционированных сбросов – в 25 раз.

ТЕМА 7. ЛИТОСФЕРА И ЕЕ ЗАЩИТА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

7.1 Техногенное воздействие на литосферу

Литосфера – это твердая оболочка Земли, толщина которой колеблется в пределах 50 – 200 км. Верхняя часть литосферы образует земную кору, а нижняя – верхнюю часть мантии Земли (под мантией – ядро). Возраст Земли – около 4,5 млрд. лет.

Земная кора состоит из более 3 тыс. минералов. Однако наиболее распространены из них лишь 60, остальные находятся в рассеянном состоянии и встречаются редко.

В биосферу входит только верхняя часть земной коры.

В настоящее время человек оказывает сильное техногенное влияние на литосферу, что стало одним из факторов разрушения биосферы. Суммарная площадь, покрытая всеми видами инженерных сооружений (здания, шахты, дороги, каналы, трубопроводы, водохранилища и пр.), достигает 1/6 суши.

Наиболее интенсивное техногенное воздействие на литосферу происходит в двух направлениях:

1) изменение и гибель ландшафтов,

2) загрязнение и деградация почв.

Ландшафт – природный географический комплекс, в котором все основные компоненты (рельеф, климат, вода, растительность, животные) взаимосвязаны. Ландшафты непрерывно развиваются под действием антропогенных и природных факторов.

Почвы – верхний слой земной коры – образованы из залегающих горных пород, живых организмов (и в первую очередь из растений) под влиянием климата, бактерий, рельефа и возраста страны.

Верхнюю, доступную часть литосферы называют **недрами**. Если почва – относительно возобновляемая часть литосферы, то недра – невозобновляемая ее часть. Они служат для добычи полезных ископаемых, хранения их (естественного и искусственного), размещения специальных сооружений и в особых случаях захоронения отходов. Регулирует отношения по использованию и охране недр закон «О недрах», принятый в 1992 г. (с дополнениями, внесенными в 1995 г.).

7.2 Виды ландшафтов

Ландшафты делятся на **естественные (природные)** и **природно-антропогенные**.

Природные – не преобразованные человеческой деятельностью, и подверженные естественному саморазвитию.

Антропогенная деятельность людей оказывает на природные ландшафты различные воздействия. В этой связи различают следующие природно-антропогенные ландшафты:

1. Уникальные (или типичные) ландшафты – по своей значимости являются или объявлены памятниками природы, заповедниками, национальными парками, памятниками садово-паркового искусства. Все они могут использоваться только в соответствии с их назначением, а система охраны (организационных мер) должна обеспечивать сохранение первоначального состояния ландшафта на неопределенно долгое время.

2. Рекреационные – курортные зоны, зеленые зоны внутри и вокруг городов, территории охотничьих угодий. Сохранность их обеспечивается инженерным обустройством, и биологическими средствами – восстановлением растительных и животных сообществ, восстановлением очагов повышенной нагрузки на почвенно-растительный покров, регулярным уходом за насаждениями.

3. Сельскохозяйственные и **лесные** ландшафты, которые используются для получения сельскохозяйственной или лесохозяйственной продукции. Их охрана состоит в рациональном, технологически и экологически грамотном использовании.

4. Ландшафты, содержащие в своих недрах месторождения полезных ископаемых (кроме широко распространенных строительных материалов и пресных подземных вод). Последствия разработки месторождений твердых, жидких и газообразных природных ресурсов различны. Поэтому необходимо на заключительной стадии эксплуатации этих месторождений восстанавливать продуктивность ландшафтов.

Например, разработка твердых полезных ископаемых открытым способом нарушает рельеф из-за формирования отвалов и выемок на поверхности Земли, а подземным способом – происходит формирование терриконов, которые занимают десятки тысяч гектаров плодородных земель. Кроме того, угольные терриконы часто самовозгораются, что загрязняет атмосферу. Разработка месторождений нефти и газа приводит к опусканию земной поверхности и усилению сейсмических явлений.

5. Ландшафты непродуктивные (территориально-производственные), которые малопригодны для сельского хозяйства или создания зон отдыха, не содержат полезных ископаемых и могут быть использованы для промышленного или гражданского строительства.

7.3 Особенности загрязнения почв

Почва – это верхний рыхлый слой литосферы. Почва – трехфазная среда, включающая твердые (минеральные и органические частицы), жидкие (вода) и газообразные (воздух) компоненты. Она продукт сложного взаимодействия климата, растений, животных и микроорганизмов.

Почва постоянно развивается и изменяется, вследствие чего существует большое разнообразие ее типов.

Плодородие почвы определяет избыток или недостаток гумуса. Почва является как бы живым организмом, внутри которого протекают сложные процессы. Поверхностные слои почвы содержат остатки растительных и жи-

вотных организмов, разложение которых приводит к образованию гумуса. **Гумус** – это верхний плодородный слой земли. Он содержит основные элементы питания растений. Основная причина уменьшения содержания гумуса в почве – приемы искусственного повышения плодородия почв (внесение удобрений, мелиорация и т.п.).

В почве обитает множество видов растительных и животных организмов, влияющих на ее физико-химические характеристики (механический состав, содержание минеральных веществ): бактерии, водоросли, микрогрибы, простейшие одноклеточные, дождевые черви, членистоногие и др.

Загрязнение почвы непосредственно связано с загрязнением атмосферы и вод. В почву попадают твердые и жидкие промышленные, сельскохозяйственные и бытовые отходы. Основными загрязнителями почв являются металлы и их соединения, радиоактивные вещества, удобрения и пестициды, нитраты.

Пестицид – химическое соединение (ядохимикат), используемое для защиты растений, сельскохозяйственных продуктов и т.д., для уничтожения паразитов животных и для борьбы с переносчиками опасных заболеваний.

Пестициды первого поколения – токсичные неорганические вещества, первыми использованные для борьбы с вредителями, заболеваниями растений и сорняками. В их состав обычно входили мышьяк, цианид, или различные тяжелые металлы, например, ртуть и медь.

Пестициды второго поколения – синтетические органические вещества – для уничтожения насекомых и других вредителей (ДДТ).

Удобрение – вещество, создающее при внесении в почву условия для ускоренного роста и развития растений и микроорганизмов. Различают минеральные и органические удобрения.

Минеральное - химическое соединение, содержащее элементы питания растений (азот, фосфор, калий), важные для жизни растений микроэлементы (медь, бор, марганец и др.), а также естественные продукты типа извести, гипса, золы и т.п., способные улучшить химические или структурные характеристики почвы.

Органическое удобрение – перегной, торф, навоз, птичий помет, компосты и т.п., используемые для повышения плодородия почвы или способствующие развитию полезной микрофлоры почв.

Низкая культура земледелия, а также внесение удобрений в почву с помощью устаревшей техники предопределяют, что только 10 – 15% их достигает растений, а остальные загрязняют окружающую среду.

В связи с увеличением количества вносимых азотных удобрений возникла проблема нитратов (соли азотной кислоты), поскольку они действуют не только на людей, но и приводят к заболеваниям и гибели сельскохозяйственных животных. Почти шестая часть плодовоовощной продукции (кабачки, свекла, огурцы) содержат нитраты в количествах, превышающих ПДК.

Применяя необходимые севообороты, тщательно обрабатывая и удобряя почву, человек повышает ее плодородие столь значительно, что большинство современных обрабатываемых почв следует считать искусственными, созданными при участии человека.

Таким образом, в одних случаях воздействие человека на почвы приводит к повышению их плодородия, в других – к ухудшению, деградации и гибели. К особо опасным последствиям влияния человека на почвы следует отнести ускоренную эрозию, загрязнение химическими веществами, засоление, заболачивание, изъятие почв под различные сооружения (транспортные магистрали, водохранилища и др.).

7.4 Эрозия почвы и методы борьбы с ней

В зависимости от факторов, вызывающих эрозию, различают два ее вида: водную и ветровую.

Водная эрозия – это процессы разрушения и сноса почв под воздействием текучести вод.

Ветровая эрозия – разрушение и перенос почв под воздействием ветра.

Различают эрозию почв: (1) нормальную, или геологическую; (2) – ускоренную, или антропогенную. Первая свойственна нераспаханным территориям с сохранившимся естественным растительным покровом, где она протекает медленнее, чем формирование почвенного профиля.

Вторая развивается в результате нерациональной хозяйственной деятельности человека. В таком случае процессы водной и ветровой эрозии ускоряются, опережают процессы восстановления почвенного профиля.

Водная эрозия может быть плоскостной (поверхностной) и линейной (овражной).

Плоскостная – это смыв верхних горизонтов почвы на склонах при стекании по ним дождевых или талых вод сплошным потоком или ручейками. Вследствие смыва верхнего, плодородного слоя почва теряет свое главное свойство – плодородие.

Линейная (овражная) – вызывается талыми и дождевыми водами, стекающими большой массой, сконцентрированной в узких пределах участка склона. В результате происходит размыв грунта в глубину, образование глубоких промоин, рытвин, которые постепенно перерастают в овраги, и пашни становятся непригодными к использованию.

Селевые потоки и оползни – опасные формы водной эрозии в горах. Сели – это мощные грязекаменные потоки, возникающие на горных склонах после сильных дождей. Главная причина их образования – неправильная рубка леса вдоль склонов, при которой сдирается растительный покров, а также неумеренная пастьба скота и снежные лавины.

При ветровой эрозии происходит выдувание почвы, снос ее мелких сухих частиц ветром. Сухие почвы поддаются действию ветра легче, чем влаж-

ные, поэтому ветровая эрозия больше всего наблюдается в засушливых районах.

Для защиты почв разработаны следующие противоэрозионные мероприятия (в системе земледелия):

1) в зонах ветровой эрозии – почвозащитные севообороты с полосным размещением посевов и паров, кулисы, залужение сильно эродированных земель, буферные полосы из многолетних трав, снегозадержание, облесение песков, выращивание полезащитных лесных полос, а также безотвальная обработка почвы с оставлением стерни на поверхности полей;

2) в зонах водной эрозии:

а) обработка почв поперек склона (вспашка, культивация и рядовой посев или посадка поперек склонов), крестование и бороздование зяби, щелевание (нарезка поперек склонов щелей глубиной 40–50 см с расстоянием между ними 70–180 см в зависимости от крутизны склона), кротование (в корпусах плуга ставят кротователи, которые образуют на глубине 35–40 см кротовины диаметром 6–8 см через 70–140 см) и другие способы обработки, уменьшающие сток поверхностных вод;

б) почвозащитные севообороты, полосное размещение сельхозкультур, выращивание полезащитных лесных полос, облесение оврагов, балок, песков, берегов рек и водоемов, строительство противоэрозионных гидротехнических сооружений (перепадов прудов, водоемов, лиманов, вершин оврагов);

3) в горных районах – устройство противоселевых сооружений, терассирование, облесение, залужение склонов, регулирование выпаса скота, сохранение горных лесов.

Значительную роль в борьбе с эрозией почвы играет использование удобрений (особенно органических), т.к. применение удобрений в сочетании с агротехническими приемами оказывает влияние на почвообразовательные и биохимические процессы. Особенно большую роль в борьбе с эрозией играют лесные насаждения.

Широкому развитию процессов водной эрозии способствует высокий удельный вес склоновых земель в общей площади пашни.

В зависимости от местных почвенно-климатических и агроэкономических условий при проектировании и проведении землевосстановительных работ на карьерах (при восстановлении земель, нарушенных горными работами) необходимо применять установленные в данной зоне противоэрозионные мероприятия в системе земледелия.

7.5 Охрана растительных ресурсов

Особую роль в формировании почв, в их качестве играют растения вообще, и леса в частности. Мир растений насчитывает более 500 тыс. видов.

У нас в стране из древесины производится более 30 тыс. изделий и продуктов. Леса России за последние 150 лет уменьшились почти на треть.

Один гектар леса дает от 3 до 5 т кислорода, перерабатывает около 6 т углекислого газа, осаждает 30–60 т пыли в год. Количество осадков над ле-

сами на 10–30% больше, чем в других местах (из-за конденсации влаги над ними). Любой лес увеличивает запас воды в почве (за счет снежного покрова) в 1,5–2 раза, снижает поверхностный сток до 10 раз, фильтрует воду (повышает ее прозрачность, улучшает цвет, запах).

Леса – природные системы, состоящие из совокупности древесных, кустарниковых, травянистых и других растений (мхи, лишайники), а также включающие животных и микроорганизмы, которые биологически связаны в своем развитии и влияют друг на друга и на внешнюю среду.

Они выполняют экологические, культурно-оздоровительные и экономические функции: почвозащитные, климатообразующие, водоохранные, рекреационные, лечебные, эстетические, поставляют древесину, техническое сырье, служат кормовыми угодьями и т.п.

Охрана лесов регулируется Лесным кодексом, принятым в 2006 году.

Все леса подразделяются на 3 группы по степени их использования:

1) леса защитных функций (заповедники, лесополосы и т.п.);

2) леса малоресурсные и в густонаселенной местности;

3) леса многолесных районов, используемые в эксплуатационных целях.

Для нас интерес представляют не только растения лесных массивов, но и зеленые насаждения городов, способные улучшить состояние среды в центрах загрязнения.

Площадь насаждений общего пользования не превышает 2% от площади городов России и составляет в среднем около 10 $м^2$ на человека, что вдвое ниже нормативов. Доказано, что между площадью зеленых насаждений, приходящейся на одного жителя, и средней продолжительностью жизни в них существует прямая зависимость.

Подсчитано, что 1 га леса за час поглощает около 8 л углекислого газа, такой же его объем выделяется при дыхании двухсот человек за то же время.

По характеру защитного действия различают посадки изолирующие и фильтрующие.

Изолирующие посадки – плотные структуры, создающие упругий механический барьер (например, лесополосы вдоль железных дорог). Они снижают газо- и парообразные примеси на 25–30% за счет поглощения, а также отклоняющего и рассеивающего действия.

Причем плотные посадки густокронных деревьев не только задерживают пыль, но и снижают загрязнение воздуха вредными микроорганизмами, понижают уровень шума и уменьшают скорость ветра. Для получения большего эффекта необходимо заполнять подкроновое пространство подлеском и кустарником.

Фильтрующие посадки – это продуваемые и ажурные по структуре зеленые массивы, выполняющие роль биологического и механического адсорбера (поглотителя). Они являются основными для санитарно-защитных зон (СЗЗ).

Во многих городах России для сохранения городских насаждений приняты специальные решения, основанные на экономических, административных и уголовных (согласно УК РФ) санкциях.

Существует плата за вынужденно сносимые насаждения (строительство, прокладка коммуникаций и т.п.). При несанкционированной вырубке плата увеличивается на порядок (кроме других санкций). Причем выплата не освобождает природопользователя от компенсационной высадки насаждений в местах, указанных органами власти.

Следовательно, основные меры защиты зеленых насаждений вообще, и лесов в частности:

1) налаживание системы мониторинга;

2) принятие нормативных актов, ужесточение санкций к нарушителям;

3) лесовосстановление.

С 1997 года действуют ст. 260 и 261 нового Уголовного кодекса РФ, предусматривающие наказания за незаконную вырубку деревьев и кустарников, уничтожение и повреждение лесов. В этих статьях, наряду со штрафами (кратными минимальному месячному размеру платы труда) предусматривается лишение свободы на длительные сроки.

Все это может задержать наступление пустыни (эрозию почв): к 1995 г. опустынивание охватило 12 регионов РФ (в том числе Астраханскую, Волгоградскую, Саратовскую, Ростовскую и другие области).

7.6 Загрязнение окружающей среды при авариях

Экологические потери подразделяют:

1) потери естественного происхождения – за счет стихийных бедствий;

2) потери искусственного происхождения – за счет катастроф.

При этом важен масштаб этих потерь.

Стихийные бедствия – это опасные природные явления на Земле (землетрясение, сели, оползни, извержения вулканов, пожары, сильный ветер (ураган, смерч), снегопад, пылевые бури, наводнение, циклоны и т.д.), приведшие к разрушению биосферы, гибели или потере здоровья людей.

Катастрофа – крупная авария, сопровождающая гибелью или пропажей без вести людей.

Авария – происшествие в технической системе, не сопровождающиеся гибелью людей, при этом восстановление технических средств невозможно или экономически нецелесообразно.

Происшествие – событие, состоящее из негативного воздействия опасного фактора с причинением ущерба живым организмам и окружающей среде.

Существует глубокая всепроникающая связь между обеими группами экологических потерь. Стихийные бедствия могут служить причиной аварий и катастроф, но и причины стихийных бедствий все более связаны с промышленной и строительной деятельностью человека.

Стирается грань между катастрофами, обусловленными действиями человека, и стихийными бедствиями, как процессом развития неуправляемых сил природы. Например, ландшафтные пожары, засухи и обмеления рек, оползни, обвалы и землетрясения и подобные крупномасштабные «стихийные бедствия» нередко зависят от действий человека (вырубка лесов, бесконтрольный выброс в окружающую среду вредных промышленных отходов, глубинные грунтовые разработки, ошибки при изысканиях и проектировании и др.).

Региональные масштабы экологических потерь проявляются в процессе различных аварий.

Аварии происходят по следующим причинам:

а) проектно-производственные дефекты сооружений (ошибки при изыскании и проектировании, низкое качество выполнения строительных работ, плохое качество материалов и др.);

б) воздействие технологических процессов промышленного производства (нагрузки, превышающие допускаемые; высокие температурные перепады; вибрации; действие окислителей, агрессивных парогазовых и жидких сред);

в) нарушение правил эксплуатации сооружений и технологических процессов производства и т.д.

В связи с нарушением правил эксплуатации и технологических процессов при работе в подземных условиях (шахты, рудники, тоннели и т.д.) во многих странах неоднократно происходили взрывы газа и пыли, пожары на рудниках, внезапные выбросы и провалы, затопления и другие последствия, связанные с человеческими жертвами.

К крупным производственным авариям относятся аварии на промышленных объектах, строительстве, а также на железнодорожном, автомобильном, трубопроводном и водном транспорте, в результате которых образуются пожары, разрушения зданий, загазованность атмосферы, загрязнения и заражения рек сильнодействующими ядовитыми веществами, уничтожение почвенно-растительных комплексов и другие последствия, создающие угрозу окружающей среде.

Ударная волна любых взрывов при производственных авариях вызывает людские потери и разрушения сооружений. Размеры зон поражения возрастают с увеличением мощности взрывов. Действие ударной волны на сооружения характеризуется комплексом нагрузок: прямое давление, давление отражения, давление обтекания, давление затекания, нагрузка от сейсмовзрывных волн и т.д.

Сопротивляемость сооружений действию ударной волны характеризуется величиной избыточного давления на фронте ударной волны ($\Delta P_ф$). Избыточное давление $\Delta P_ф$ используется как универсальная характеристика сопротивляемости сооружений и для определения степени их разрушения и повреждения.

Степень и характер повреждения сооружений при взрывах во время аварий зависит от:

1) мощности (тротилового эквивалента) взрыва. Тротиловый эквивалент – это масса тротила (тротил – вещество с теплотой взрыва 4240 кДж/кг), при взрыве которой выделяется столько же энергии, что и при взрыве ядерного боеприпаса.

2) технической характеристики сооружений объекта (конструкция, размеры, форма и др.);

3) планировки объекта (рассредоточенности сооружений) и характера застройки;

4) ландшафта местности (рельеф, грунты, растительность);

5) метеоусловий (направление и сила ветра, влажность, температура, осадки).

Аварийные ситуации и катастрофы, как форма выражения техногенной деятельности человека, обладают высоким экологическим риском с далеко идущими негативными последствиями.

7.7 Нормирование и контроль загрязнения почв

Нормирование и контроль химических веществ в почве. Загрязняющие вещества в почве нормируются по трем основным средам: в пахотном слое сельскохозяйственных угодий, на территории предприятий, в местах хранения бытовых отходов.

Принцип нормирования химических веществ в почве отличается от принципов, положенных в основу нормирования их в водоемах, атмосферном воздухе и пищевых продуктах.

Попавшие в почву химические вещества поступают в организм человека через контактирующие с почвой воду, воздух и растения (почва–растение–человек). Поэтому учитывается не только опасность при непосредственном контакте с почвой, но и последствия вторичного загрязнения контактирующих с почвой сред.

Нормирование химического загрязнения почв устанавливается по предельно допустимым концентрациям – $ПДК_{п}$.

$ПДК_{п}$ – это концентрация химического вещества (мг/кг) в пахотном слое почвы, которая не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Существует четыре разновидности $ПДК_{п}$ в зависимости от пути миграции химических веществ в сопредельные среды:

1) ТВ – транслокационный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы через корневую систему в зеленую массу и плоды растений;

2) МА – миграционный воздушный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в атмосферу;

3) МВ – миграционный водный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в подземные грунтовые воды и водоисточники;

4) ОС – общесанитарный показатель, характеризующий влияние химического вещества на способность почвы к самоочищению и на живое население почвы.

Отбор проб почвы для исследования проводят на участке площадью 25 м^2 в 3–5 точках по диагонали с глубины 0,25 м, а при выяснении влияния загрязнений на грунтовые воды – с глубины 0,75–2,0 м в количестве 0,2–1,0 кг.

В случае применения новых химических соединений, для которых отсутствуют ПДК$_п$, проводят расчет временных допустимых концентраций (ВДК$_п$) по формуле

$$ВДК_п = 1,23 + 0,48 \cdot lg\ ПДК_{прод}, \qquad (7.1)$$

где $ПДК_{прод}$ – предельно допустимая концентрация для продуктов (овощные и плодовые культуры), мг/кг.

Классификацию почв по степени загрязнения проводят по предельно допустимым количествам (ПДК) химических веществ и их фоновому загрязнению. По степени загрязнения почвы подразделяются на:

1) сильно загрязненные – почвы, в которых содержание загрязняющих веществ в несколько раз превышает ПДК, имеющие низкую биологическую продуктивность, существенное изменение физико-химических, химических и биологических характеристик;

2) средне загрязненные – почвы, в которых установлено превышение ПДК без существенных изменений в свойствах почв;

3) слабо загрязненные – почвы, в которых содержание химических веществ не превышает ПДК, но выше естественного фона.

В отличие от других сред, информация об антропогенном загрязнении почв не всегда поддается оценке, поскольку нормативы концентраций загрязняющих веществ в почве разработаны для весьма ограниченного набора веществ. В последнее время для оценок используют так называемые коэффициенты загрязнения, которые рассчитывают путем сравнения загрязненности почв данной местности с фоновым (условно чистым) участком.

Коэффициент концентрации загрязнения почвы К$_с$ вычисляется по формуле

$$K_c = \frac{C}{C_ф} \quad \text{или} \quad K_c = \frac{C}{C_{ПДК}}, \qquad (7.2)$$

где C – общее содержание загрязняющих веществ в почве;

$C_ф$ – среднее фоновое содержание загрязняющих веществ;

$C_{ПДК}$ – предельно допустимое содержание загрязняющих веществ.

Установлены ПДК лишь для 30 вредных веществ (ВВ) в почве, преимущественно ядохимикатов.

В связи с тем, что ВВ поступают в организм человека по пищевым цепям, то установлены допустимые остаточные количества (ДОК) пестицидов в почве, пищевых и кормовых продуктах. ДОК – это максимальное количество вредных веществ в продуктах питания, которые, поступая в организм в течение всей жизни, не вызывают никаких нарушений в здоровье людей.

Загрязнение почвы в условиях городов связано с образованием промышленных и бытовых отходов. Санитарный контроль загрязнения почв осуществляют органы санэпидслужбы. Эта служба проводит:

1) предупредительный надзор за проектированием и строительством сооружений по очистке и обезвреживанию промышленных и бытовых отходов;

2) текущий надзор за сбором и удалением отходов, а также вторичного сырья.

Под контролем санитарной службы находится не только сбор, но транспортирование отходов, согласование мест их захоронения, переработки.

Оценка степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. С гигиенических позиций эта опасность определяется уровнем ее возможного отрицательного влияния на контактирующие с почвой среды (вода, воздух), пищевые продукты и непосредственно на человека, а также на биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.

Основным критерием оценки опасности загрязнения является ПДК химических веществ в почве. Если нет возможности учесть весь комплекс веществ, загрязняющих почву, оценку проводят по наиболее токсичным веществам, т.е. относящимся к более высокому классу опасности (первый – высокоопасные, второй – умеренно опасные, третий – малоопасные).

При оценке опасности следует учитывать следующее:

– опасность загрязнения тем больше, чем выше фактические уровни содержания контролируемых веществ в почве (С) по сравнению с ПДК;

– опасность загрязнения тем больше, чем выше класс опасности контролируемых веществ;

– учитывать буферность почвы (строение), влияющую на подвижность химических элементов, что определяет их воздействие на контактирующие среды.

Гигиеническая оценка почв, используемых для сельского хозяйства. Данная оценка основа на транслокационном показателе. Это обусловлено тем, что:

– с продуктами питания растительного происхождения в организм человека поступает в среднем 70% ВВ;

– уровень транслокации определяет уровень накопления токсикантов в продуктах питания, влияет на их качество.

Наиболее важной в современных условиях сельскохозяйственного производства является оценка пестицидного загрязнения почв.

ПДК пестицидов представляет собой максимальное содержание остатков пестицидов, при которых они мигрируют в сопредельные среды в количествах, не превышающих гигиенические нормативы, а также не влияют отрицательно на биологическую активность самой почвы.

Токсические эффекты от воздействия пестицидов на почвы и процессы их накопления зависят от ряда факторов: объемов и сроков внесения пестицидов, их свойств, сорбции, механического состава и структуры почвы, наличия органического вещества, pH, влажности почвы и др.

Следует отметить, что величина ПДК для пестицидов в России в большинстве случаев в несколько раз ниже, чем нормы в других странах, то есть наши нормы более жесткие.

ТЕМА 8. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ: МЕХАНИЗМ ЯВЛЕНИЯ, НОРМИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

Всякий (любой) нежелательный для человека звук является шумом. Интенсивное шумовое воздействие на организм человека неблагоприятно влияет на протекание нервных процессов, способствует развитию утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой патологии, среди многообразных проявлений которой ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха.

Обычные промышленные шумы характеризуются хаотическим сочетанием различных звуков. В производственных условиях источниками шума являются работающие станки и механизмы, ручные, механизированные и пневмоинструменты, электрические машины, компрессоры, кузнечно-прессовое, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры) и т.д.

В качестве звука человек воспринимает упругие колебания, распространяющиеся в виде волн в твердой, жидкой или газообразной средах. Звуковые колебания характеризуются скоростью их распространения и частотой. Скорость звука связана с длиной волны и частотой

$$c = \lambda \cdot f \qquad (8.1)$$

где c – скорость звука, м/с;
λ – длина волны, м;
f – частота, Гц ($с^{-1}$).

Например, скорость распространения звуковых волн составляет в:
– воде 1410 м/с;
– стекле и стали 5000 м/с;
– резине 40-50 м/с;
– воздухе 343 м/с.

Человеческое ухо воспринимает как слышимые звуковые колебания с частотой f = 20–20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не воспринимаются (не слышатся) органами слуха, хотя и оказывают вредное влияние на организм человека.

Наиболее чувствительно ухо к колебаниям в диапазоне частот от 50 до 5000 Гц, что в основном соответствует диапазону человеческого голоса.

При распространении звуковой волны происходит перенос энергии. Средний поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, отнесенный к единице поверхности, нормальной к направлению распространения волны, называется интенсивностью звука в данной точке – I, Вт/м .

Колебательные движения упругой среды создают колебания давления, которые ухо воспринимает как звук. Интенсивность звука связана со звуковым давлением зависимостью

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c}, \tag{8.1}$$

где p – звуковое давление;

ρ – плотность среды (газа);

c – скорость распространения звука (волны);

$\rho \cdot c$ – удельное акустическое сопротивление среды, равное для воздуха 41, для воды – $1{,}5 \cdot 10^5$, для стали – $4{,}8 \cdot 10^6$ МПа·с/м.

Человеческое ухо воспринимает шум со звуковым давлением $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па при $f = 1000$ Гц – *порог слышимости*, $p = 2 \cdot 10^2$ Па – *порог болевого ощущения*. Интенсивность звука, соответствующая *порогу слышимости*, при $f = 1000$ Гц составляет $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м^2, а соответствующая порогу болевого ощущения $I = 10^2$ Вт/м^2.

Для характеристики акустических явлений принята специальная измерительная система интенсивности звука и звукового давления, учитывающая приближенную логарифмическую зависимость между раздражением и слуховым восприятием, а именно шкала логарифмических единиц – децибелов (дБ), в которых измеряют уровни I и p.

Уровень интенсивности звука определяется как

$$L_1 = 10 \ell g \frac{I}{I_0}, \tag{8.2}$$

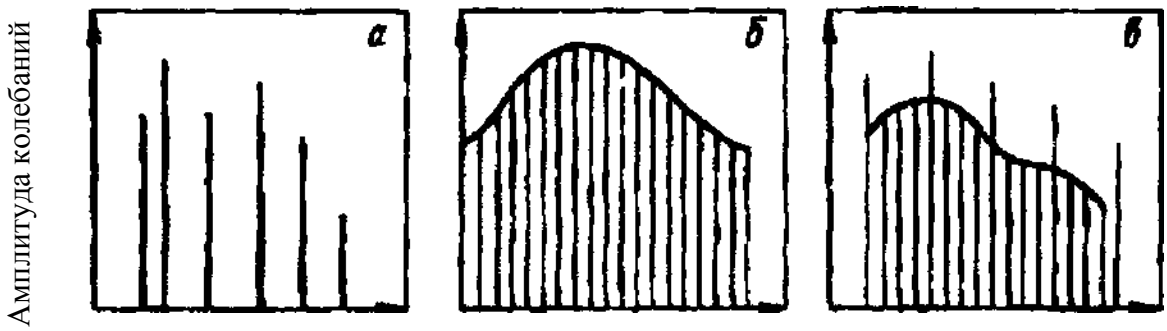
а уровень звукового давления по формуле

$$L_p = 10 \ell g \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \ell g \frac{p}{p_0}. \tag{8.3}$$

Подставив значения порога слышимости и порога болевого ощущения в эти формулы, получим, что изменение I и p составляет всего 140 дБ.

Шум, являющийся сложным звуком, можно разложить на простые составляющие, графическое изображение которых называется спектром. Спектр шума может быть различным. По характеру спектра шумы подразделяются на широкополосные и тональные. По величине интервалов между составляющими его звуками различают шум дискретный (линейчатый) с большими интервалами, сплошной с бесконечно малыми интервалами и смешанный, характеризующийся отдельными пиковыми дискретными составляющими на фоне сплошного спектра (рисунок 8.1). Производственные шумы чаще всего имеют смешанный спектр.

По частоте шумы подразделяются на низкочастотные, если максимальные уровни звукового давления лежат в области низких частот (до 350 Гц), среднечастотные (максимум в диапазоне частот 350...800 Гц) и высокочастотные (максимум выше 800 Гц).



а – дискретный (линейчатый); б – сплошной, в – смешанный

Рисунок 8.1 – Типы шумовых спектров

По временным характеристикам шумы делятся на постоянные и непостоянные. К постоянным относятся шумы, уровни звука которых за восьмичасовой рабочий день изменяются во времени не более чем на 5 дБА (уровень звука измеряется шумомером по шкале А). Непостоянные шумы делятся на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные. К колеблющимся шумам относятся такие, уровни звука которых непрерывно меняются во времени. К прерывистым относятся шумы, уровни звука которых меняются ступенчато на 5 дБ и более. К импульсным относятся шумы, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый из которых имеет длительность менее 1 с. Наибольшую опасность для человека представляют тональные высокочастотные непостоянные шумы.

Любой источник шума характеризуется звуковой мощностью, которая определяет общее количество звуковой энергии, излучаемой источником в окружающее пространство за единицу времени. Мощность звука связана с интенсивностью следующей зависимостью

$$W = \oint_S dS, \tag{8.4}$$

где S – поверхность сферы, в центре которой находится источник шума.

Уровень акустической мощности источника шума равен

$$L_W = 10\ell g \frac{W}{W_0}, \tag{8.5}$$

где W_0 – условный порог акустической мощности ($W_0 = 10^{-12}$ Вт).

Если в производственном помещении находится n одинаковых источников шума, равноудаленных от расчетной точки и обладающих одинаковым уровнем шума L, то общий уровень (в дБ) будет определяться как

$$L_\Sigma = L_1 + 10\ell g n, \tag{8.6}$$

где L_1 – уровень шума одного источника, дБ;

n – число источников.

Из формулы (8.6) видно, что два одинаковых источника создадут суммарный уровень всего на 3 дБ больший, чем каждый из них (так как 10·lg2=10·0,3 = 3); 10 источников – на 10 дБ; 100 источников на 20 дБ и т.д.

На производстве такое условие часто невыполнимо, поскольку износ технологического оборудования неодинаков (например, цикличность подачи сжатого воздуха для продувки секций рукавных фильтров различна), поэтому расчет L_Σ ведут по другой формуле (в дБ)

$$L_\Sigma = 10 \cdot \ell g(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + ... + 10^{L_n/10}), \qquad (8.7)$$

где L_1, L_2, L_n – уровни звукового давления, создаваемого источниками в расчетной точке.

При измерении и анализе шумов, а также при проведении акустических расчетов спектры (рисунок 8.1) оценивают в октавных или третьеоктавных диапазонах. Полоса частоты, в которой верхняя граничная частота f_2 в 2 раза больше нижней f_1 называется октавной, т.е. $f_2/f_1 = 2$. Для третьеоктавной полосы $f_2 / f_1 = \sqrt[3]{2} = 1{,}26$. В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая полоса $f_{ср} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$. Среднегеометрические частоты октавных полос стандартизированы и составляют 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц при соответствующих им граничных частотах 45–90; 90–180; 180–355; 355–710; 710–1400; 1400–2800; 2800–5600 и 5600–11200.

Нормирование допустимых уровней звукового давления производится для каждой октавной полосы частот и предусматривает дифференцированный подход с учетом характера производственной деятельности в условиях шума (умственный труд, нервно-эмоциональные нагрузки, физический труд и т.д.). Учитывается и характер действующего шума (тональный, импульсный, постоянный и др.) и длительность воздействия шумового фактора при расчете эквивалентных уровней для непостоянных шумов.

Совокупность восьми нормативных уровней звукового давления на разных среднегеометрических частотах называется предельным спектром (ПС). Каждый из спектров имеет свой индекс ПС (например ПС-80, где цифра 80 – нормативный уровень звукового давления (в дБ) в октавной полосе с f=1000 Гц).

Некоторые нормированные ГОСТом параметры для широкополосного шума приведены в таблице 8.1. Для ориентировочной оценки допускается за характеристику постоянного шума на рабочем месте принимать уровень звука (дБА), измеряемой по шкале А шумомера. Самые жесткие нормы шума в настоящее время действуют в России, а наиболее мягкие в США. Чтобы осознать эти значения, необходимо помнить, что звук березовой рощи и пение птиц составляет 35–45 дБА.

Для шума, создаваемого в помещениях установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления, а также в случае тонального или импульсного шума допустимые уровни на рабочих местах следует

принимать на 5 дБ ниже значений, указанных в таблице 8.1. Уровень звука в дБА связан с ПС зависимостью

$$дБА = ПС + 5\ дБ. \quad (8.7)$$

Кроме характера выполняемых работ учитывают и длительность воздействия шума. В этом случае при воздействии широкополосного шума от 0,25 до 4 ч допустимые уровни могут быть увеличены на 20 дБ, а при воздействии тонального или импульсного (0,25–1,5 ч) – на 15 дБ.

Таблица 8.1 – Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для широкополосного шума

Рабочее место	Уровни звукового давления (в дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения конструкторских бюро, программистов вычислительных машин, лабораторий теоретических исследований и т.п.	71	81	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Помещения лабораторий экспериментальных исследований	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	75	74	85

Методы защиты от шума:

1. Уменьшение шума в источнике возникновения:
   - 1.1. Замена ударных механизмов безударными.
   - 1.2. Замена возвратно-поступательных движений вращательными.
   - 1.3. Замена подшипников качения на подшипники скольжения.
   - 1.4. Совершенствование кинематических схем.
   - 1.5. Применение пластмассовых деталей.
   - 1.6. Использование глушителей из звукопоглощающего материала.
   - 1.7. Виброизоляция шумных узлов и частей машин.

1.8. Покрытие издающих шум поверхностей вибродемпфирующим материалом.

1.9. Статическая и динамическая балансировка.

2. Уменьшение шума методами.

2.1. Звукопоглощение: метод основан на поглощении звуковой энергии волн, распространяющихся по воздуху звукопоглощающими материалами, которые трансформируют ее в тепловую.

Звукопоглощающие материалы и конструкции подразделяются на:

– волокнисто-пористые поглотители (войлок, минеральная вата, фетр, акустическая штукатурка и др.);

– мембранные поглотители (пленка, фанера, закрепленные на деревянные обрешетки);

– резонаторные поглотители (классический резонатор Гельмгольца);

– комбинированные поглотители.

Звукопоглощающие свойства материалов определяются коэффициентом звукопоглощения а, равным отношению количества поглощенной звуковой энергии $E_{погл.}$ к общему количеству падающей энергии $E_{пад.}$

$$a = \frac{E_{погл.}}{E_{пад.}} \qquad (8.8)$$

Причем при $a=0$ вся звуковая энергия отражается без поглощения; при $a=1$ вся энергия поглощается (рисунок 8.2 и таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Звукопоглощение конструкционными материалами (элементами)

Конструкционный материал (элемент)	Коэффициент звукопоглощения, *a*
Бетон	0,015
Стекло	0,02
Дерево	0,1
Войлок	0,3-0,5
Открытое окно	1,0

Звукопоглощение в помещении определяется по формуле:

$$\Delta L_{обл} = 10 \cdot \ell g \frac{A_2}{A_1}, \text{ дБ}, \qquad (8.9)$$

где A_2 – эквивалентная площадь поглощения после установки облицовки, м^2 ($A_2 = A_1 + \Delta A$, где ΔA – добавочное поглощение, вносимое облицовкой).

A_1 – полное звукопоглощение в помещении до установки облицовки, м^2 ($A_1=\alpha_{необл} \cdot S_{пов}$, м^2 ; принимается $\alpha_{необл}$ =0,1);

Тогда величина снижения шума составит

$$\Delta L_{обл} = 10 \cdot \ell g\left(1+\frac{\Delta A}{A_1}\right), \text{ дБ} \qquad (8.10)$$

2.2. Звукоизоляция: метод основан на отражении звуковой волны, падающей на ограждение (экран). На рисунке 8.3а показаны пути проникновения шума (воздушного и структурного) при нахождении его источников как снаружи, так и внутри здания, а на рисунке 8.3б – пути проникновения шумов из шумного помещения в тихое помещение. От наружного или внутреннего источника воздушный шум проникает через окна и стены, а вибрации передаются по грунту, трубопроводам и строительным конструкциям, колебания которых вызывают появление структурного шума.

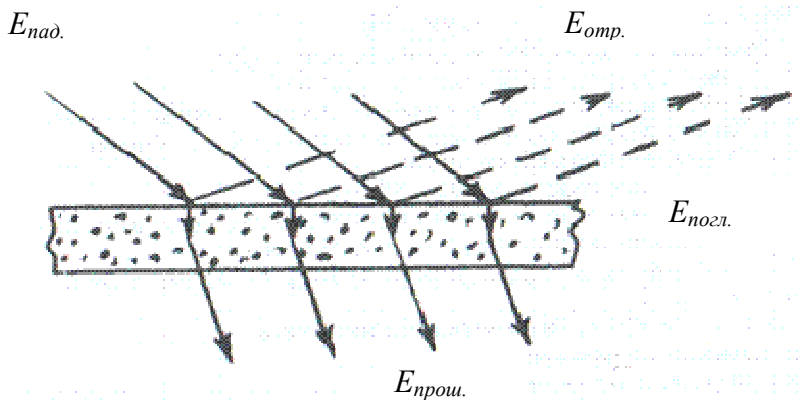
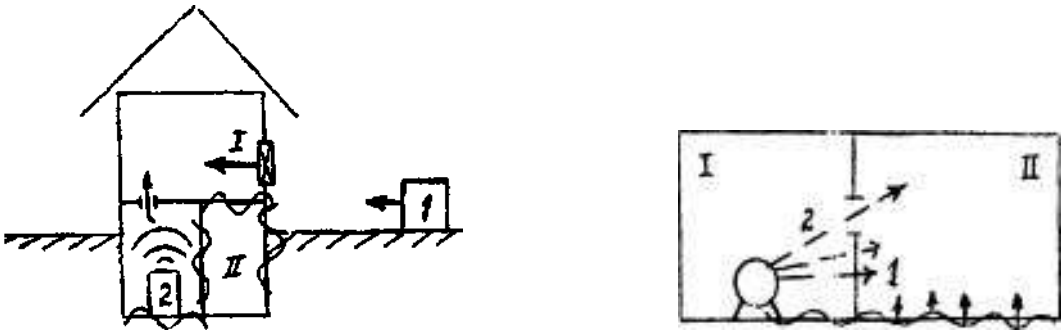


Рисунок 8.2 – Схема поглощения (отражения) звуковой энергии в листовом конструкционном материале



а б

а) 1 – источник шума, 2 – источник вибраций; I – воздушный шум; II – структурный шум;

б) 1, 2 – звуки, распространяющиеся по воздуху (воздушные звуки или шумы); 3 –- энергия упругих колебаний распространяется по строительным конструкциям и излучается в виде шума (структурные или ударные звуки, шумы); I – шумное помещение; II – тихое помещение

Рисунок 8.3 – Пути проникновения шумов

Звукоизолирующие свойства ограждения (экрана) характеризуются коэффициентом звукопроницаемости т, представляющим собой отношение звуковой мощности $P_{прош}$ к падающей $P_{пад}$

$$\tau = \frac{P_{прош}}{P_{пад}}. \qquad (8.11)$$

Звукоизолирующая способность конструкции выражается величиной

$$R = 10 \cdot \ell g \frac{1}{\tau}, \text{ дБ}, \qquad (8.12)$$

3. Увеличение расстояния от машин (аппаратов), производящих сильный шум. Суммарный уровень шума от источника на расстоянии r в свободном пространстве

$$L_{\Sigma} = L_0 - 20 \cdot \ell g r - 11, \text{ дБ}, \qquad (8.13)$$

где r – расстояние от источника звука, м;

L_0 – уровень шума источника, дБ.

4. Индивидуальные средства защиты

Суммарный уровень шума можно снизить на 5–20 дБ за счет использования различных противовоздушных вкладышей для ушных раковин человека: беруши, вата, губка и др. При уровне шума выше 120 дБ применяются наушники (антифоны) и специальные шлемы. Существуют шумопоглощающие кабины, и внедряется дистанционное управление сверхшумными процессами или испытаниями.

Вышеизложенное позволяет прогнозировать дальнейшее снижение шума на производственных площадках и, соответственно, в населенных пунктах. При достижении определенных минимальных уровней шума отмечено, что дальнейшее его снижение дается с большим трудом, а затраты на каждый последующий снижаемый децибел могут быть сравнимы с затратами на 5-10 дБ предыдущих,

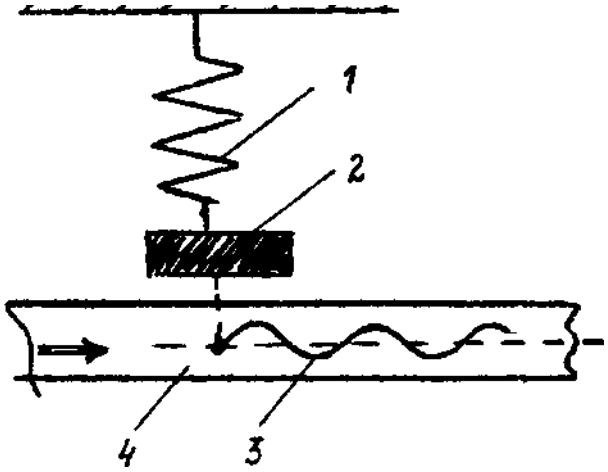
Борьба с акустическими загрязнениями биосферы будет определяться в первую очередь экономическими затратами.

ТЕМА 9. ВИБРАЦИЯ: МЕХАНИЗМ ЯВЛЕНИЯ, НОРМИРОВАНИЕ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ

9.1 Механизм явления. Воздействие на организм человека

Под вибрацией понимают механические, часто синусоидальные, колебания системы с упругими связями, возникающими в машинах и аппаратах при периодическом смещении центра тяжести какого-либо тела от положения равновесия, а также при периодическом изменении формы тела, которую оно имело в статическом состоянии. Чаще всего такое колебательное движение происходит из-за неуравновешенных силовых воздействий: дисбаланс вращающихся частей, инерционное возбуждение при работе возвратно-поступательных механизмов, ударные процессы и др.

На рисунке 9.1 показана простейшая колебательная система и кривая ее колебаний. Если массу 2 вывести из состояния равновесия, система будет совершать свободные или собственные колебания, то есть колебания под действием своих собственных сил. Если же периодический возмущающий фактор присутствует в течение всего времени, когда совершаются колебания, то они называются вынужденными. Наиболее опасным моментом является совпадение частот собственных и вынужденных колебаний (явление резонанса).



1 – пружина (один ее конец жестко закреплен); 2 – груз массы m;
3 – кривая колебаний; 4 – возмущающий фактор

Рисунок 9.1 – Простейшая колебательная система

Вибрацию по способу передачи на человека (в зависимости от характера контакта с источниками вибрации) подразделяют на: местную (локальную), передающуюся чаще всего на руки работающего, и общую, передающуюся посредством вибрации рабочих мест и вызывающую сотрясение всего организма. В производственных условиях нередко имеет место интегрированное действие местной и общей вибрации.

Длительное воздействие вибрации высоких уровней на организм человека приводит к развитию преждевременного утомления, снижению произ-

водительности труда, росту заболеваемости и нередко к возникновению профессиональной патологии – вибрационной болезни.

В зависимости от источника возникновения общая вибрация бывает: транспортная, транспортно-технологическая и технологическая. Локальной вибрации подвергаются люди, работающие с ручным механизированным электрическим или пневматическим инструментом.

Спектры уровней колебательной скорости являются основными характеристиками вибраций. Они бывают (как и для шума) дискретными, сплошными и смешанными (см. рисунок 8.1). По характеру спектра вибрация подразделяется на узкополосную и широкополосную; по частотному составу – на низкочастотную с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах 8 и 16 Гц, среднечастотную – 31,5 и 63 Гц, высокочастотную – 125, 250, 500, 1000 Гц – для локальной вибрации; для вибрации рабочих мест – соответственно 1 и 4 Гц, 8 и 16 Гц, 31,5 и 63 Гц.

По временным характеристикам вибрацию подразделяют на постоянную, для которой величина виброскорости изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 1 мин, и непостоянную, для которой величина виброскорости изменяется не менее чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 1 мин. Непостоянная вибрация, в свою очередь, подразделяется на колеблющуюся во времени, прерывистую и импульсную.

Наиболее опасная частота общей вибрации лежит в диапазоне 6–9 Гц, поскольку она совпадает с собственной частотой колебаний внутренних органов человека (всего тела – 6 Гц, для желудка – 8 Гц, для головы – 25 Гц, для центральной нервной системы – 250 Гц). В результате может возникнуть резонанс, который приведет к механическим повреждениям или разрыву внутренних органов. В положении стоя это явление может возникнуть для головы относительно основания, плечевого пояса, бедер при f = 4–6 Гц, а в положении сидя – для головы относительно плеч – при f = 4–30 Гц. Для лежачего человека область резонансных частот находится в интервале 3–3,5 Гц. При частоте больше 16–20 Гц вибрация сопровождается шумом. Шумовые (звуковые) эффекты присутствуют также в инфразвуковом и ультразвуковом диапазонах.

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, являются: частота f (Гц), амплитуда смещения A_m (м), скорость V (м/с) и ускорение a (м/с^2), определяемые как

$$A = A_m \cdot \sin(\omega t + \varphi) \tag{9.1}$$

$$V = 2\pi \cdot f \cdot A, \tag{9.2}$$

$$a = (2\pi \cdot f)^2 \cdot A, \tag{9.3}$$

где ω – частота;

φ – начальная фаза.

$$\omega = 2\pi f$$

Весь спектр частот вибраций, воспринимаемых человеком, может быть разделен (как и для шума) на октавные и третьоктавные полосы частот со

среднегеометрическими частотами октавных полос 1, 2, 4, 8, 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 Гц.

За нулевой уровень колебательной скорости принята величина $V_0=5\cdot10^{-8}$ м/с, соответствующая среднеквадратичной колебательной скорости при стандартном пороге звукового давления, равном $2\cdot10^{-5}$ Па.

Порог восприятия вибрации для человека значительно выше и равен $1\cdot10^{-4}$ м/с. За нулевой уровень колебательного ускорения принимают величину $a_0=3\cdot10^{-4}$ м/с^2. При колебательной скорости 1 м/с возникают болевые ощущения.

Относительные уровни виброскорости и виброускорения определяются по формулам (дБ)

$$L_V = 20\cdot \ell g \frac{V}{V_0}, \tag{9.4}$$

$$L_a = 20\cdot \ell g \frac{a}{a_0}, \tag{9.5}$$

9.2 Методы защиты от вибрации и её нормирование

В настоящее время около 40 государственных стандартов регламентируют технические требования к вибрационным машинам и оборудованию, системам виброзащиты, методам измерения и оценки параметров вибрации.

Санитарно-гигиенические нормы регламентируют вибрации на рабочих местах в производственных помещениях. Для наиболее распространенных в промышленности частот вибраций (5–100 Гц) амплитуды допустимых колебаний изменяются от 0,03 до 0,003 мм.

Защита от вибраций должна начинаться с устранения их источника путем совершенствования кинематических схем и улучшения работы механизмов следующими методами:

Статическая и динамическая балансировка – устранение дисбаланса вращающихся масс (деталей) оборудования.

Виброизоляция - снижение уровня вибрации путем уменьшения передачи колебаний от источника колебаний к объекту. Ее осуществляют посредством введения в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машины к основанию.

Показателем эффективности виброизоляции является коэффициент передачи который показывает, какая доля динамической силы, возбуждаемой машиной, передается через амортизаторы на основание:

$$\mu = КП = \frac{F_{т.осн}}{F_{т.маш}}, \tag{9.6}$$

где $F_{т.осн}$ – передаваемая через основание сила;

$F_{т.осн}$ – возмущающая сила машины.

Чем это отношение меньше, тем лучше виброизоляция. Хорошая виброизоляция достигается при *КП* = 1/8–1/15. Коэффициент передачи может быть рассчитан по формуле

$$КП = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1}, \tag{9.7}$$

где f – частота вынужденных колебаний;

f_0 – частота собственных колебаний.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{q}{m}}, \tag{9.8}$$

где q – жесткость виброизоляторов (сила для их деформации на единицу длины);

m – масса агрегата.

При $f=f_0$ наступает резонанс!

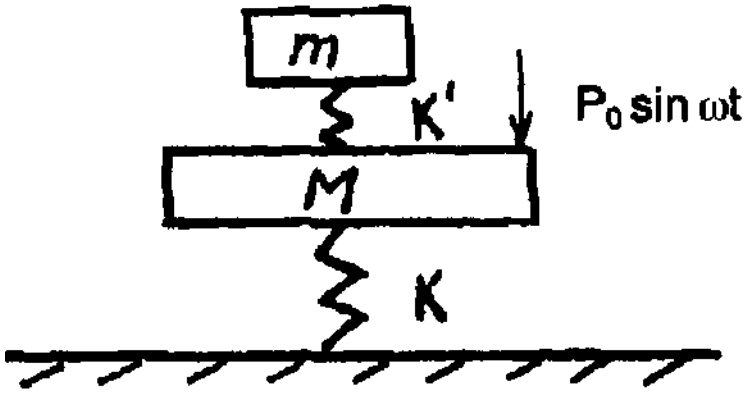
Амортизаторы бывают следующих типов: резиновые, пружинные, газовые, гидравлические, комбинированные и др.

Вибропоглощение и виброгашение.

Вибропоглощение – нанесение на вибрационную поверхность упруговязких демпфирующих материалов, обладающих большим внутренним трением (резина, мастика, пластики).

Виброгашение – создание добавочной колеблющейся системы с динамической частотой, равной частоте возмущающей силы, но с реакциями, противоположными ей (рисунок 9.2).

Для снижения вибрации возможно применение ударных виброгасителей маятникового, пружинного и плавающего типов, а также виброгасителей камерного типа. Ориентировочно маятниковые ударные виброгасители используют для гашения колебаний с частотой 0,4–2 Гц, пружинные – 2–10 Гц, плавающие – выше 10 Гц.



M – масса механизма; m – масса виброгасителя;
κ' – упругий элемент жесткостью κ'; κ – упругий элемент жесткостью κ

Рисунок 9.2 – Схема динамического гасителя

Виброгасители камерного типа по конструкции аналогичны камерным глушителям шума и устанавливаются на всасывающей и нагнетательной стороне компрессоров и трубопроводов.

Динамическое виброгашение осуществляется также при установке агрегата на массивном фундаменте.

Другим типом виброгасителей являются буферные емкости, служащие для превращения пульсирующего потока газа в равномерный.

Индивидуальные средства защиты от вибраций:

обувь с амортизирующими подошвами (толстая мягкая резина);

антивибрационные рукавицы, в которых амортизатором является прокладка из специального поролона толщиной до 12 мм.

Для контроля уровня вибраций применяют виброметр ВМ-1, прибор ВШВ-003, Аргус-М и другие приборы.

В программе мероприятий важная роль отводится разработке и внедрению научно обоснованных режимов труда и отдыха. Например, суммарное время контакта человека с вибрацией не должно превышать 2/3 продолжительности рабочей смены. Рекомендуется устанавливать два регламентируемых перерыва для активного отдыха, проведения физиопрофилактических процедур, производственной гимнастики по специальному комплексу.

ТЕМА 10. НЕИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ БИОСФЕРЫ: ОПАСНОСТЬ, ОЦЕНКА, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

С развитием электроэнергетики, радио- и телевизионной техники, средств связи, электронной офисной техники, специального промышленного оборудования и др. появилось большое количество искусственных источников электромагнитных полей (ЭМП), что обусловило интенсивное «электромагнитное загрязнение» среды обитания человека.

Длительное воздействие этих полей на организм человека вызывает нарушение функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, что выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, сильных болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса.

10.1 Источники ЭМП

Электромагнитные поля окружают нас постоянно. Однако человек различает только видимый свет, который занимает лишь узкую полоску спектра электромагнитных волн – ЭМВ (рисунок 10.1). Глаз человека не различает ЭМП, длина волны которых больше или меньше длины световой волны, поэтому мы не видим излучений промышленного оборудования, радаров, радиоантенн, линий электропередач и др. Все эти устройства, как и многие другие, использующие электрическую энергию, излучают так называемые антропогенные ЭМП, которые вместе с естественными полями Земли и Космоса создают сложную и изменчивую электромагнитную обстановку.

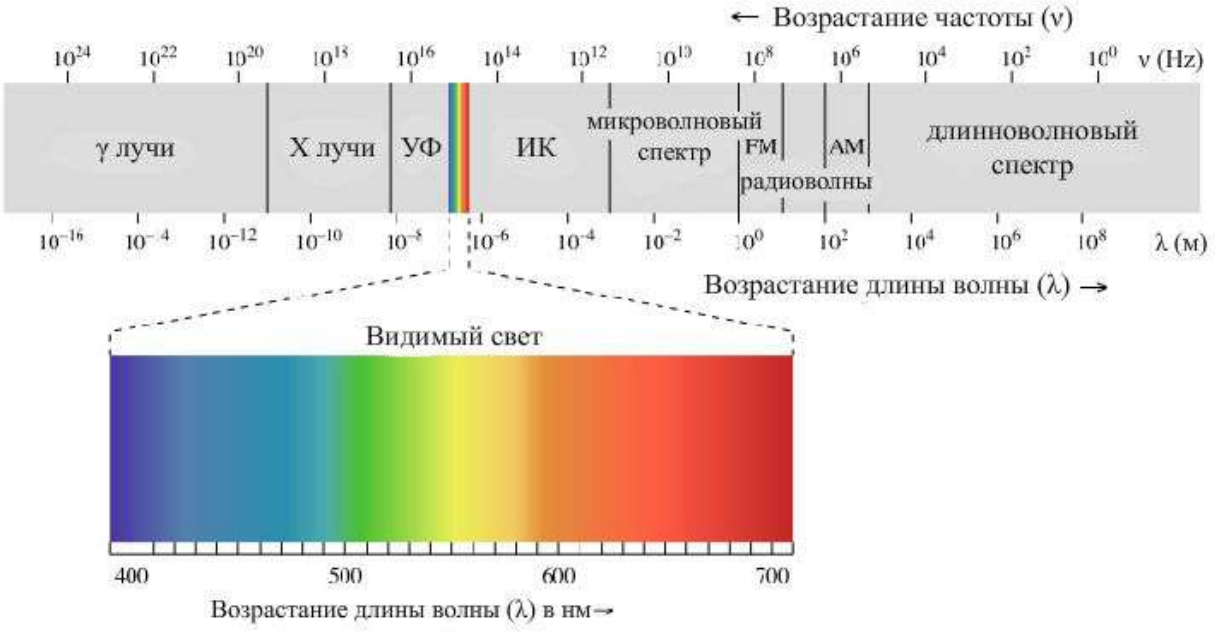


Рисунок 10.1 – Электромагнитный спектр

По определению, электромагнитное поле – это особая форма материи, посредством которой осуществляется воздействие между электрическими заряженными частицами. Физические причины существования ЭМП связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле E (В/м) порождает магнитное поле H (А/м), а изменяющееся H – вихревое электрическое поле.

Обе компоненты E и H, непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга (рисунок 10.2).

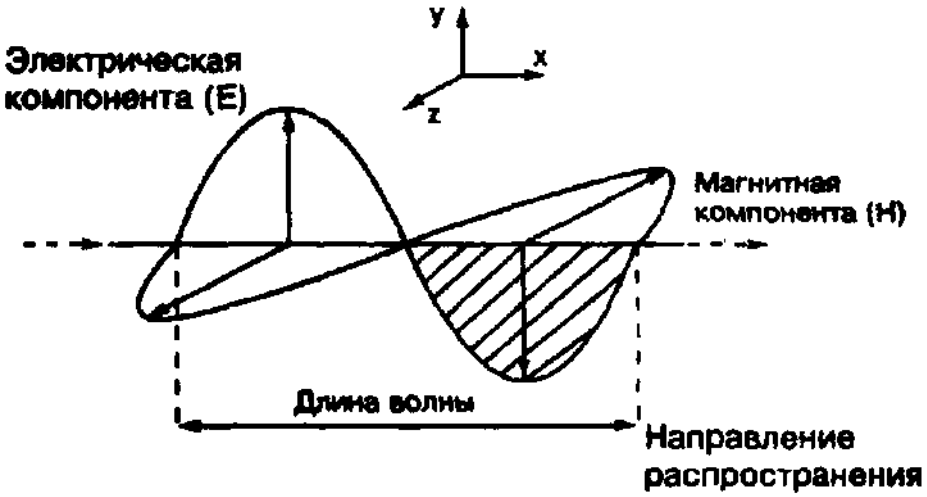


Рисунок 10.2 – Две компоненты ЭМП (дальняя зона излучения)

Векторы E и H бегущей ЭМВ в зоне распространения всегда взаимно перпендикулярны. При распространении в проводящей среде они связаны соотношением

$$E = H \cdot \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu}{\gamma}} \cdot e^{-\kappa R}, \qquad (10.1)$$

где ω – частота электромагнитных колебаний;
γ – удельная проводимость вещества экрана;
μ – магнитная проницаемость этого вещества;
κ – коэффициент затухания;
R – расстояние от входной плоскости экрана до рассматриваемой точки.

ЭМП неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц неразрывно связано с этими частицами. При ускоренном движении заряженных частиц ЭМП «отрывается» от них и существует независимо в форме электромагнитных волн (не исчезая с устранением источника). Например, радиоволны не исчезают и при отсутствии тока в излучившей их антенне.

Электромагнитные волны характеризуются *длиной волны* λ. Источник, генерирующий излучение, то есть создающий электромагнитные колебания, характеризуется частотой f. Международная классификация электромагнитных волн по частотам приведена в таблице 10.1.

Особенностью ЭМП является его деление на «ближнюю» и «дальнюю» зоны. На практике в «ближней» зоне – зоне индукции на расстоянии от источника $r < \lambda$ ЭМП можно считать квазистатическим. Здесь оно быстро убывает с расстоянием, обратно пропорционально квадрату r^2 или кубу r^3 расстояния. Поле в зоне индукции служит для формирования электромагнитной волны. «Дальняя» зона ($r \geq 3\lambda$) – зона сформировавшейся электромагнитной волны, в которой интенсивность поля убывает обратно пропорционально расстоянию до источника r^{-1}. Граница «ближней» и «дальней» зоны представлена на рисунке 10.3.

Таблица 10.1 – Международная классификация электромагнитных волн по частотам

№ диапазона	Диапазон радиочастот	Границы диапазона	Диапазон радиоволн	Границы диапазона
1	Крайне низкие, КНЧ	3-30 Гц	Декамегаметровые	100-10 мм
2	Сверхнизкие, СНЧ	30-300 Гц	Мегаметровые	10-1 мм
3	Инфракрасные, ИНЧ	0,3-3 кГц	Гектокилометровые	1000-100 км
4	Очень низкие, ОНЧ	3-30 кГц	Мириаметровые	100-10 км
5	Низкие частоты, НЧ	30-300 кГц	Километровые	10-1 км
6	Средние, СЧ	0,3-3 МГц	Гектометровые	1-0,1 км
7	Высокие частоты, ВЧ	3-30 МГц	Декаметровые	100-10 м
8	Очень высокие, ОВЧ	30-300 МГц	Метровые	10-1 м
9	Ультравысокие, УВЧ	0,3-3 ГГц	Дециметровые	1-0,1 м
10	Сверхвысокие, СВЧ	3-30 ГГц	Сантиметровые	10-1 см
11	Крайне высокие, КВЧ	30-300 ГГц	Миллиметровые	10-1 мм
12	Гипервысокие, ГВЧ	300-3000 ГГц	Децимиллиметровые	1-0,1 мм

Согласно теории ЭМП «ближняя» (зона индукции) находится на расстоянии

$$r \leq \frac{\lambda}{2\pi} \approx \frac{\lambda}{6}, \qquad (10.2)$$

где λ – длина волны и определяется из соотношения

$$\lambda = \frac{c}{f}, \qquad (10.3)$$

где c – скорость распространения волны (для вакуума или воздуха – скорость света),

f – частота электромагнитных колебаний.

«Дальняя» зона или зона распространения (зона излучения) находится на расстоянии $r > \lambda/6$.

В зоне индукции еще не сформировалась бегущая волна, вследствие чего Е и Н не зависят друг от друга, поэтому нормирование в этой зоне ведется как по электрической, так и по магнитной составляющей поля. Это характерно для ВЧ-диапазона. В зоне излучения ЭМП характеризуется элек-

тромагнитной волной, наиболее важным параметром, которой является плотность потока мощности (ППМ).

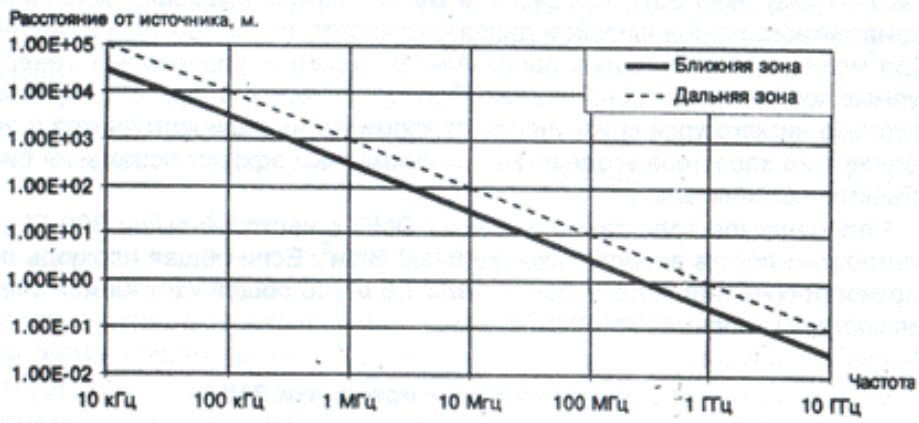


Рисунок 10.3 – Ближняя и дальняя зоны ЭМП для различных частот

В «дальней» зоне излучения принимается E=377Н, где 377 – волновое сопротивление вакуума, Ом. В российской практике санитарно-гигиенического надзора на частотах выше 300 МГц в «дальней» зоне излучения обычно измеряется плотность потока электромагнитной энергии (ППЭ) или плотность потока мощности (ППМ) – S, Вт/м^2. За рубежом ППЭ обычно измеряется для частот выше 1 ГГц. ППЭ характеризует величину энергии, теряемой системой за единицу времени вследствие излучения электромагнитных волн.

10.2 Природные (естественные) источники ЭМП

Природные (естественные) источники ЭМП делятся на 2 группы. Первая - поле Земли: постоянное (основное) магнитное поле (5,7–33,4 А/м, причем напряженность геомагнитного поля убывает от магнитных полюсов к магнитному экватору). Процессы в магнитосфере вызывают колебания геомагнитного поля в широком диапазоне частот: от 10^{-5} до 10^{2} Гц, амплитуда может достигать сотых долей А/м. Вторая – радиоволны, генерируемые космическими источниками (Солнце, галактики и др.). В силу относительно низкого уровня излучения от космических радиоисточников и нерегулярного характера воздействия их суммарный эффект поражения биообъектов незначителен.

Человеческое тело также излучает ЭМП с частотой выше 300 ГГц с плотностью потока энергии порядка 0,003 Вт/м^2. Если общая площадь поверхности среднего человеческого тела 1,8 м^2, то общая излучаемая энергия составляет примерно 0,0054 Вт.

10.3 Антропогенные источники ЭМП

Антропогенные источники ЭМП в соответствии с международной классификацией также делятся на 2 группы. Первая – источники, генерирующие крайне низкие и сверхнизкие частоты от 0 Гц до 3 кГц. Вторая – источники, генерирующие от 3 кГц до 300 ГГц, включая микроволны (СВЧ-излучение) в диапазоне от 300 МГц до 300 ГГц.

К первой группе относятся, в первую очередь, все системы производства, передачи и распределения электроэнергии. Источником электрических полей промышленной частоты являются, например, токоведущие части действующих электроустановок: линии электропередач (ЛЭП), трансформаторные подстанции, электростанции, индукторы, конденсаторы термических установок, фидерные линии, генераторы, трансформаторы, электромагниты, соленоиды, электро- и кабельная проводки, металлокерамические магниты, офисная электро- и электронная техника, транспорт на электроприводе и др. В различных технологиях электромагнитная энергия высокочастотного (ВЧ) и сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазонов в основном используется для процессов электротермии, то есть для нагрева материала в самом ЭМП. Данное направление является перспективным, так как оно обеспечивает большие скорости и качество обработки материалов, экологически и экономически эффективно. Это объясняется тем, что в ЭМП разогрев материала на атомном и молекулярном уровнях происходит во всем объеме сразу за счет электрических потерь, в то время как температура окружающей среды остается практически без изменения.

Вторую группу составляют функциональные передатчики (коммерческие передатчики, радиотелефоны, сотовая связь, навигация, локаторы), различное технологическое оборудование, использующее СВЧ-излучение, переменные (50 Гц – 1 МГц) и импульсные магнитные поля, медицинские терапевтические и диагностические установки (20 МГц – 3 ГГц), бытовое оборудование (СВЧ-печи), средства визуального отображения информации на электронно-лучевых трубках (мониторы ПК, телевизоры и т.п.).

10.4 Нормирование ЭМП

Применение новых технологических процессов и радиоэлектронных систем и устройств, излучающих электромагнитную энергию в окружающую среду, создает и ряд трудностей, связанных с отрицательным воздействием ЭМИ на организм человека. Установлено, что этот вид энергии воздействует на весь организм в целом, вызывая его перегрев под влиянием переменного поля, а также отрицательно влияет и на отдельные системы организма. Данные об условиях облучения на рабочих местах некоторых специальностей приведены в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Интенсивность ЭМИ на рабочих местах ряда специальностей

Производственный процесс	Основные источники излучения	Интенсивность облучения персонала, мкВт/см^2
Регулировка, настройка и испытание комплекса РЛС в выпускных цехах заводов и ремонтных мастерских	Антенные системы	1000 и более
Регулировка, настройка и испытание комплекса РЛС в условиях полигона	Антенные системы	500 и более
Регулировка, настройка и испытание отдельных СВЧ-узлов, блоков и приборов	Катодные выводы магнетрона, коаксиально-волноводовые переходы и др.	до 1000
Научно-исследовательские работы	Антенные устройства, генераторные блоки, СВЧ-приборы и др.	до 1000
Эксплуатация РЛС на аэродромах гражданской авиации	Антенные системы	100-1000
Эксплуатация СВЧ-аппаратов в некоторых областях народного хозяйства, в том числе физиотерапевтические кабинеты	Разные антенные системы, генераторные блоки, излучатели и др.	1-2000
Контрольно- измерительные работы в экранированных помещениях	Генераторные блоки, разные антенные системы	5-50 (сложные ЭМП)

Нормирование ЭМИ проводится в соответствии с нормативными документами и справочными данными. В таблице 10.3 приведены значения допустимой напряженности E и H и энергетической нагрузки электромагнитного поля на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала, связанного профессиональным воздействием ЭМП. Указанные значения не должны превышаться в течение рабочего дня.

Так, напряженность ЭМП радиочастот на рабочих местах не должна превышать по электрической составляющей 20 В/м в диапазоне частот 100 кГц – 30 МГц и при f=30-300 МГц; по магнитной составляющей предельная напряженность $H_{пред}$=5 А/м при f=100 кГц – 1,5 МГц. В диапазоне СВЧ f=300–300000 МГц допустимая плотность потока мощности (ППМ) при длительности облучения $\tau_{обл}$ в течение всего рабочего дня составляет

10 мкВт/см^2; при $\tau_{обл}$=2 ч – 100 мкВт/см^2; при $\tau_{обл}$ = 15–20 мин – 1000 мкВт/см^2 (при обязательном использовании защитных очков).

Таблица 10.3 – Предельно допустимые уровни напряженности и энергетической нагрузки ЭМП, мкВт/см^2

Диапазон частот, МГц	Допустимая напряженность поля		Нормативная энергетическая нагрузка, Вт·ч/м^2 (мкВт·ч/см^2)	Дополнения
	электрическая, Вт/м	магнитная, А/м		
$6\cdot10^{-2}$–3 3–30 30–50 50–300 $6\cdot10^{-2}$–1,5 30–50	50 20 10 5 – –	– – – – 5 0,3	–	Допускается превышение уровней в два раза при времени воздействия не более 0,5 рабочего дня
300–$3\cdot10^5$	–	–	2 (200) 20 (2000) 20 (2000)	Кроме случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн. Облучение от вращающихся и сканирующих антенн с частотой 1 Гц и скважностью не менее 50. Последовательное или одновременное облучение в непрерывном или прерывистом (от вращающихся и сканирующих антенн) режимах.
Примечание: время воздействия – рабочий день				

В остальное рабочее время интенсивность облучения не должна превышать 10 мкВт/см^2. В случае непрерывного облучения от вращающихся и сканирующих антенн ПДУ облучения составляет 100 мкВт/см^2 при воздействии в течение 8 часов и 1000 мкВт/см^2 при облучении до 2 ч/сут. Для лиц, профессионально не связанных с облучением и для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см^2.

10.5 Основные виды средств коллективной и индивидуальной защиты от ЭМП

В зависимости от условий воздействия ЭМП, характера и местонахождения источника излучения могут быть использованы следующие способы и методы защиты: защита временем и расстоянием, снижение интенсивности излучения источника, экранирование источника, защита рабочего места от излучения, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Защита временем.

Способ применяется в тех случаях, когда отсутствует возможность уменьшить напряженность (интенсивность) ЭМП до ПДУ. Допустимое время (τ) определяется как

$$6{,}42 = ППМ \cdot th(0{,}05 \cdot \tau)^2, \qquad (10.4)$$

где $th(0{,}05 \cdot \tau)^2$ – гиперболический тангенс.

Защита расстоянием (наиболее эффективный метод).

Способ используется, если нельзя снизить интенсивность облучения другими методами. Является наиболее эффективным. Для диапазона ДВ, СВ, КВ и УКВ расстояние определяется как

$$R = \sqrt{30 \cdot p \cdot G} / E_{доп}, \qquad (10.5)$$

где p – средняя выходная мощность, Вт;

G – коэффициент направленности антенны;

$E_{доп}$ – допустимая напряженность электрического поля, В/м.

Для диапазона СВЧ

$$R = \sqrt{p \cdot G / 4\pi \cdot ППМ_{доп}}. \qquad (10.6)$$

Метод уменьшения мощности излучения.

Осуществляется непосредственной регулировкой передатчика (генератора); его заменой на менее мощный с применением специальных устройств – аттенюаторов, которые поглощают, отражают или ослабляют передаваемую энергию на пути от генератора к антенне.

Способы экранирования источника.

Основными видами средств коллективной защиты (включая рабочие места) являются экранирующие устройства – составные части электрической установки, предназначенные для защиты персонала в открытых распределительных устройствах (ОРУ) и на воздушных линиях электропередач.

Конструктивно экранирующие устройства оформляются в виде козырьков, навесов или перегородок из металлических канатов, прутков, сеток или пластин из резины. Экранирующие устройства должны иметь антикоррозионное покрытие и быть заземлены.

Экраны бывают поглощающие или отражающие электромагнитную энергию. Выбор конструкции экранов зависит от характера технологического процесса, мощности источника и диапазона волн. Коэффициент экранирования равен

$$L = 20 \cdot \ell g Э, \qquad (10.7)$$

где $Э=E/E_э>1$ или $Э=H/H_э>1$ – эффективность экранирования;

E и H – значения без экрана;

$E_э$ и $H_э$ – значения с экраном.

Наряду со стационарными и переносными экранирующими устройствами применяют индивидуальные экранирующие комплекты (предназначены для защиты от воздействия ЭМИ, напряженность которого не превышает 60 кВ/м, создаваемого электроустановками напряжением 400, 500 и 750 кВ и частотой 50 Гц). В состав экранирующих комплектов входят: спецодежда из металлизированной ткани, средства защиты головы, рук и лица.

10.6 Безопасность лазерного излучения

Особое место среди источников ЭМИ (ЭМП) занимают лазерные установки. В промышленности применяются лазерные установки, работающие в диапазонах длин волн от ИК до рентгеновского (от 0,2 до 1000 мкм с большой плотностью энергии). Лазерная технология, например, обработка материалов лазерным излучением, позволяет осуществлять сварку материалов, сверление, резку и т.д.

Благодаря своим уникальным свойствам (точная направленность луча, когерентность, монохроматичность), эти устройства также широко используются в научных исследованиях: в физике, химии, биологии и др. и в практической медицине: хирургия, офтальмология и др.

Лазер (иначе ОКГ – оптический квантовый генератор) – это генератор электромагнитного излучения оптического диапазона, основанный на использовании вынужденного (стимулированного) излучения. В нем происходит преобразование различных видов энергии в энергию лазерного излучения. Плотность мощности излучения лазерных установок достигает 10^{11}–10^{14} Вт/см^2, а для испарения большинства материалов достаточно 10^9 Вт/см^2. Для сравнения: плотность солнечного излучения 0,15–0,25 Вт/см^2. Поэтому серьезную опасность представляет не только прямое, но и диффузионно-отраженное лазерное излучение. Проявляются и сопутствующие факторы: ЭМП, высокое напряжение, аэрозоли от возгона веществ в зоне действия луча.

Существуют газовые лазеры, жидкостные и твердотельные (на диэлектрических кристаллах, стеклах, полупроводниках), которые, в свою очередь, делятся на непрерывного и импульсного действия (моноимпульсного и импульсно-периодического). Классификация лазеров по степени опасности генерируемого излучения, требования к конструкции лазерных установок и технологическим процессам с использованием таких установок приведены в ГОСТ Р 50723-94.

В основу классификации лазеров положена степень опасности лазерного излучения для обслуживающего персонала:

– класс I (безопасные) – выходное излучение не опасно для глаз;

– класс II (малоопасные) – опасно для глаз прямое или зеркально отраженное излучение;

– класс III (среднеопасные) – опасно для глаз прямое, зеркально, а также диффузионно-отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности и (или) для кожи прямое или зеркально отраженное излучение;

– класс IV (высокоопасные) – опасно для кожи диффузионно-отраженное излучение на расстоянии 10 см от отражающей поверхности.

Биологические эффекты от действия луча лазера на живые ткани заключаются в термическом (тепловом), энергетическом, фотохимическом и механическом воздействии, а также электрострикции и образовании в пределах клетки микроволнового ЭМП (ЭМИ). Эти воздействия нарушают жизнедеятельность как отдельных органов, так и организма в целом. Выделяют два механизма: первичный и вторичный. Первичный механизм проявляется в виде органических изменений в облучаемых тканях (ожоги). Вторичный механизм проявляется как реакция организма на облучение (функциональные расстройства центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, изменения в обмене веществ и др.).

В качестве приоритетных критериев при оценке степени опасности генерируемого лазерного излучения приняты: энергия или мощность излучения, плотность энергии (мощности) излучения, длительность воздействия излучения и длина волны.

Предельно допустимые уровни (ПДУ), требования к устройству, размещению и безопасной эксплуатации лазеров позволяют разрабатывать мероприятия по обеспечению безопасных условий труда при работе с ними. Санитарные нормы и правила определяют величины ПДУ для каждого режима работы, участка оптического диапазона по специальным формулам и таблицам. Нормируется энергетическая экспозиция облучаемых тканей.

Например, значения ПДУ энергетической экспозиции при облучении ультрафиолетовой областью спектра приводятся в таблице 10.4.

Таблица 10.4 – ПДУ лазерного излучения

Длина волны, мкм	ПДУ, Дж·см$^{-2}$
0,200–0,210	$1 \cdot 10^{-8}$
0,210–0,215	$1 \cdot 10^{-7}$
0,215–0,290	$1 \cdot 10^{-6}$
0,290–0,300	$1 \cdot 10^{-5}$
0,300–0,370	$1 \cdot 10^{-4}$
свыше 0,370	$2 \cdot 10^{-3}$

Предупреждение поражений лазерным излучением включает систему мер инженерно-технического, планировочного, организационного и санитарно-гигиенического характера.

При использовании лазеров II–III классов в целях исключения облучения персонала необходимо ограждение лазерной зоны или экранирование пучка излучения. Экраны и ограждения должны быть огнестойкими, не вы-

делять токсичных веществ при нагреве и изготовлены из материалов с наименьшим коэффициентом отражения. Лазеры IV класса опасности размещаются в отдельных изолированных помещениях и обеспечиваются дистанционным управлением. При размещении в одном помещении нескольких лазеров следует исключить возможность взаимного облучения операторов, работающих на аналогичных установках.

Для удаления возможных токсичных газов, паров и пыли оборудуется приточно-вытяжная вентиляция. Для защиты от шума применяется звукоизоляция установок, звукопоглощение и др.

В качестве индивидуальных средств защиты используют очки со специальными стеклами - фильтрами, щитки, маски, халаты светло-зеленого или голубого цветов.

Контроль уровней лазерного излучения производится в основном фотоэлектрическими приборами, например, «Измеритель-1» (для контроля плотности мощности и энергии отраженного лазерного излучения в диапазоне длин волн 0,53; 0,63; 0,69 и 1,069 мкм) и ИЛД-2 (для измерения направленного и отраженного излучения длиной волны 0,49–1,15 и 2–11 мкм).

ТЕМА 11. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ПОЛЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ: ОПАСНОСТЬ, ОЦЕНКА, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ. БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

11.1 Электростатические поля и загрязнение биосферы

Статическое электричество – это процесс образования, сохранения и разделения свободного электрического заряда на поверхности и в объеме диэлектрических и полупроводниковых веществ и материалов или на изолированных проводниках.

Экспериментально установлено, что положительные заряды скапливаются на поверхности того из двух соприкасающихся (трущихся) веществ, диэлектрическая проницаемость которого больше. Если соприкасающиеся вещества имеют одинаковую диэлектрическую проницаемость, то электрические заряды не возникают.

При статической электризации напряжение относительно Земли достигает десятков, а иногда и сотен тысяч вольт. Значения токов при явлениях статической электризации составляют доли ампера (10^{-7}–10^{-3} А).

Явление статической электризации наблюдается в следующих основных случаях: в потоке и при разбрызгивании жидкостей; в струе газа или пара; при соприкосновении и последующем разделении двух твердых разнородных тел (контактная электризация). Эти случаи являются базовыми для таких технологических процессов, как сушка в кипящем слое, пневмосушка и пневмотранспорт газов, паров и пыли, размол, дробление и рассев, слив, налив, перекачка, размешивание и фильтрование электризующихся жидкостей, подача мономеров и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в полимеризаторы и др. Опасность возникновения статического электричества проявляется в возможности образования электрической искры (пожарная опасность) и вредном действии его на организм человека, причем не только при непосредственном контакте с зарядом, но и за счет действия электрического поля Е, возникающего вокруг заряженных поверхностей. У людей, работающих в зоне воздействия электростатического поля, встречаются разнообразные жалобы: на раздражительность, головную боль, нарушение сна, снижение аппетита и др. Легкие «уколы» и «пощипывания» при работе с сильно наэлектризованными материалами негативно влияют на психику рабочих, а в определенных ситуациях могут вызвать шоковое состояние. При постоянном прохождении через тело человека малых токов электризации возможны неблагоприятные физиологические изменения в организме, приводящие к профзаболеваниям.

Вследствие этого в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 введены допустимые уровни напряженности электростатических полей $E_{пред}$. Данный уровень устанавливается равным *60* кВ/м в течение 1 ч. Для $E<20$ кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется. Для $E=20–60$ кВ/м допустимое время пребывания персонала в электростатическом поле без

средств защиты зависит от конкретного уровня напряженности на рабочем месте и определяется по формуле

$$\tau = E_{пред} / E_{факт}, \qquad (11.1)$$

где $E_{факт}$ – фактическое значение напряженности поля, кВ/м.

Основная величина, характеризующая способность различных материалов проводить ток, а также определяющая их способность к электризации - удельное электрическое сопротивление ρ (Ом·м).

Все вещества и материалы в зависимости от величины ρ (ρ_v – объемное, ρ_s – поверхностное) подразделяются на диэлектрические ($\rho>10^8$ Ом·м), антистатические ($\rho=10^5$–10^8 Ом·м) и электропроводящие ($\rho<10^5$ Ом·м). Кроме этого ρ_v и ρ_s должны указываться в технологическом регламенте, а также в исходных данных при проектировании любого технологического процесса. Для практических целей необходимо брать их максимальные значения или определять экспериментально для каждого конкретного продукта.

Меры защиты от статического электричества направлены на предупреждение возникновения и накопления зарядов статического электричества, создание условий рассеивания зарядов и устранение опасности их вредного воздействия.

11.2 Радиационное излучение и загрязнение биосферы

Введение в радиоэкологию (на примере ядерной энергетики).

Среди опасностей, угрожающих человеку, особо необходимо выделить ионизирующую радиацию, в частности, техногенную составляющую. Главными источниками ионизирующих излучений и радиоактивного загрязнения заражения) являются предприятия ядерного топливного цикла: атомные станции (реакторы, хранилища отработанного ядерного топлива, хранилища отходов); предприятия по изготовлению ядерного топлива (урановые рудники и гидрометаллургические заводы, предприятия по обогащению урана и изготовлению тепловыделяющих элементов – ТВЭ); предприятия по переработке и захоронению радиоактивных отходов (радиохимические заводы, хранилища отходов); исследовательские ядерные реакторы, транспортные ядернохимические установки и военные объекты.

Сведений о влиянии радиоактивных осадков на биологические объекты пока недостаточно. Особенно много дискуссий и акций протеста возникает по поводу атомной энергетики. Обеспокоенность населения резко обострилась после аварии на Чернобыльской АЭС (26 апреля 1986 г.).

Приводятся аргументы в пользу замедления или приостановления развития ядерной энергетики на том основании, что на период до начала массового использования термоядерных реакторов хватит источников обычного топлива. Термоядерные реакторы относят при этом к более экологически чистым системам, чем ЯЭУ – ядерные энергетические установки.

Однако только атомная энергетика может дать реальный выход из энерго-экологического тупика, возникающего при использовании основных

источников энергии (нефть, природный газ, уголь): парниковый эффект, увеличение среднегодовой температуры на Земле, потребление кислорода из атмосферы и др. При делении ядерного горючего 80% образующейся энергии превращается в тепло, а 20% выделяется в виде радиоактивных излучений. Это радиоактивные изотопы в воде (натрий-24), продукты коррозии (марганец-54, железо-55), осколки деления урана от цинка до гадолиния (200 изотопов: цезий-137, ксенон-133, йод-131, молибден-99, цирконий-95, уран-235 и др.).

Действительно, ядерное топливо при горении не потребляет кислород, а выделение углекислого газа происходит в небольших количествах на предприятиях при производстве урана. Следовательно, не происходит усиления парникового эффекта в атмосфере и заметных климатических изменений. Технология производства тепла и электроэнергии из ядерного топлива хорошо разработана и экономически конкурентоспособна по сравнению с технологиями на ископаемом (природном) топливе. Уникальной особенностью ядерного топлива является возможность его воспроизводства, то есть искусственная наработка нового ядерного топлива в реакторе.

Ядерные электростанции в нормальном режиме производства электроэнергии обеспечивают наибольшую экологическую чистоту. В то же время они могут представлять огромную опасность для окружающей среды в случае тяжелых аварий. Таким образом, ставится задача создания таких систем, которые не допускали бы возникновения тяжелых аварий и локализовали бы внутри аппарата последствия менее серьезных аварий. В свою очередь, все это заставляет разрабатывать новые конструкционные материалы и топливные композиции или искать технические решения для расширения рабочих температурных интервалов существующих.

В отличие от других способов получения энергии в процессе работы ЯЭУ остаются экологически более опасные отходы в виде выгоревшего топлива с высокой долгоживущей радиоактивностью. Отсюда вытекают задачи по оптимизации топливного цикла ЯЭУ, способов переработки облученного топлива и обращения с полученными при этом радиоактивными отходами.

О механизме излучений.

Согласно определениям атомной физики и радиоэкологии, атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, относятся к разновидностям одного и того же химического элемента и называются изотопами. Ядра всех изотопов образуют группу «нуклидов». Большинство нуклидов нестабильны, они все время превращаются в другие нуклиды. Сложные процессы, происходящие внутри атома, сопровождаются высвобождением энергии в виде излучения. Процесс самопроизвольного распада нуклида называется радиоактивным распадом, сам такой нуклид – радионуклидом. Ионизирующее излучение делится на корпускулярное (альфа, бета, нейтронное) или фотонное (рентгеновское, гамма).

Испускание ядром двух протонов и двух нейтронов – это α-излучение, испускание электронами (позитронами) – β-излучение, испускание порции квантовой энергии перевозбужденным нестабильным нуклидом

– γ-излучение (γ-квант). Иными словами, α-частицы представляют собой поток ядер гелия. Их энергия лежит в пределах 3–9 МэВ (1эВ = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж). Пробег такой частицы в воздухе 8–9 см, а в мягких биологических тканях – десятки микронов. β-частицы – это поток электронов или позитронов, возникающих при радиоактивном распаде. Их энергия находится в диапазоне 0,0005–3,5 МэВ. Ионизирующая способность ниже, а проникающая – выше, чем у α-частиц. Максимальный пробег в воздухе – 1,8 м, в тканях – 2,5 см. Гамма-лучи – результат высокочастотного электромагнитного излучения, возникающего в процессе ядерного распада. Эти лучи обладают большой проникающей способностью и малым ионизирующим действием. Энергия их лежит в пределах 0,01–3 МэВ.

Таким образом, вышеуказанные излучения характеризуются ионизирующей и проникающей способностью. Эти свойства и определяют их воздействие на биологические объекты.

В таблице 11.1 приведены некоторые свойства излучений.

Таблица 11.1 – Основные свойства α-, β- и γ-излучений естественных радиоактивных веществ

Излучение	Природа	Электрический заряд	Ионизирующая способность	Проникающая способность
α	Ион He^{+++}	+	Очень высокая	Низкая: 0,1 мм воды, лист бумаги
β	Электрон	-	Высокая	Высокая: до 0,5 мм алюминия
γ	Электромагнитное излучение	Нейтральное	Низкая	Очень высокая: до нескольких сантиметров свинца

Действие радиации на человека.

Биологическое действие ионизирующего излучения заключается в том, что поглощенная энергия расходуется на разрыв химических связей и разрушение клеток живой ткани. Облучение кожи в зависимости от величины дозы вызывает разной степени ожоги, а также может наносить серьезные отдаленные последствия: перерождение кровеносных сосудов, возникновение хронических язв и раковых опухолей со смертельным исходом через 6–30 лет. Смертельная доза γ-излучения считается равной 600±100 Р. Так называемая смерть под лучом наступает при дозе около 200000 Р.

Доказано, что облучение может иметь генетические последствия, вызывать мутации. При дозах внешнего облучения не более 25 бэр никаких изменений в организмах и тканях человека не наблюдается. Некоторые сведе-

ния об эффектах внешнего воздействия ионизирующих излучений приведены в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Некоторые эффекты внешнего воздействия ионизирующих излучений на человека

Условия облучения	Доза (накопленная) или мощность дозы	Эффект
Однократное острое, пролонгированное, дробное, хроническое – все виды	Любая доза, отличная от 0	Увеличение риска отдаленных последствий и генетических нарушений
Хроническое, в течение ряда лет	0,1 Зв (10 бэр) в год и более	Снижение неспецифической резистентности организма
	0,5 Зв (50 бэр) в год и более	Специфические проявления лучевого воздействия, снижение иммунореактивности, катаракта (при дозах более 30 бэр)
Острое однократное	1,0 Зв (100 бэр) и более	Острая лучевая болезнь разной степени тяжести
	4,5 Зв (450 бэр) и более	Острая лучевая болезнь со смертельным исходом у 50% облученных
Пролонгированное, 1–2 месяца, на щитовидную железу	10,0 Зв (1000 бэр) и более	Гипофункция щитовидной железы, возрастание риска развития опухолей (аденом и рака) с вероятностью около $1 \cdot 10^{-2}$

При внутреннем облучении опасны все виды излучения, так как действуют непрерывно и практически на все органы.

Внутреннее облучение вызывается источниками, входящими в состав организма или попавшими в него с воздухом, водой или пищей, во много раз опаснее, чем внешнее, при тех же количествах радионуклидов, так как:

1. Время облучения увеличивается и совпадает со временем пребывания радиоактивного вещества в организме; такие вещества, как ^{226}Ra или ^{239}Pu, из организма практически не выводятся, и облучение длится всю жизнь.

2. Доза облучения резко возрастает из-за бесконечно малого расстояния до ионизируемой ткани.

3. Отсутствует защитное действие кожного покрова – α-частицы из полностью безопасных при внешнем облучении становятся наиболее опасными.

4. Нельзя использовать методы защиты, разработанные для внешнего облучения.

При внешнем облучении α- и β-частицы из-за малой проникающей способности вызывают в основном поражения кожи, γ-излучение может вызвать гибель организма при отсутствии внешних изменений кожных покровов.

Оценка и нормирование радиоактивного излучения.

Для количественной оценки облучения населения и производственного персонала существуют следующие величины: активность радиоактивного вещества, поглощенная доза, эквивалентная доза, эффективная ожидаемая доза, эффективная доза, коллективная эффективная доза.

Все население делится на 2 категории: 1. Персонал, непосредственно работающий с источниками излучения; 2. Все население (включая 1 категорию вне сферы производственной деятельности).

Персонал, в свою очередь, делится на 2 группы: А – работающие с источниками излучения и Б – по условиям работы находящиеся в сфере их воздействия.

Для каждой категории облучаемых лиц установлено 3 класса нормативов: основные дозовые пределы, допустимые уровни и контрольные уровни (устанавливаются администрацией учреждения по согласованию с органами Госкомсанэпиднадзора).

В таблице 11.3 представлены основные дозовые пределы.

Таблица 11.3 – Основные дозовые пределы

Нормируемые величины	Дозовые пределы, мЗв	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв/год	1 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв/год
Эквивалентная доза за год в:		
хрусталике	150	15
коже	500	50
кистях и стопах	500	50

Превышение допустимых и контрольных уровней является порогом ухудшения радиационной обстановки и сигналом к принятию соответствующих мер безопасности.

При сочетании внешнего, внутреннего облучения и поступления нескольких радионуклидов в организм должно выполняться условие безопасности

$$\sum \frac{Д_{Эi}}{ПДД_i} + \sum \frac{П_j}{ПДП_j} \le 1, \qquad (11.2)$$

где $Д_i$ – эквивалентная доза i-го излучения на данный орган;

$П_j$ – поступление j-го радионуклида;

$ПДД_i$ – предельно допустимая доза;

$ПДП_j$ – предельно допустимое годовое поступление радиоактивных веществ через органы дыхания и пищеварения.

Для комплексной оценки состояния окружающей среды и сферы жизнедеятельности человека (инженерных объектов и др.) принято использовать следующие параметры:

– плотность радиоактивного загрязнения почвы (запас) по отдельным радионуклидам: ^{137}Cs, ^{90}Sr и Pu (по сумме изотопов плутония);

– мощность экспозиционной дозы на расстоянии 1 м от поверхности почвы;

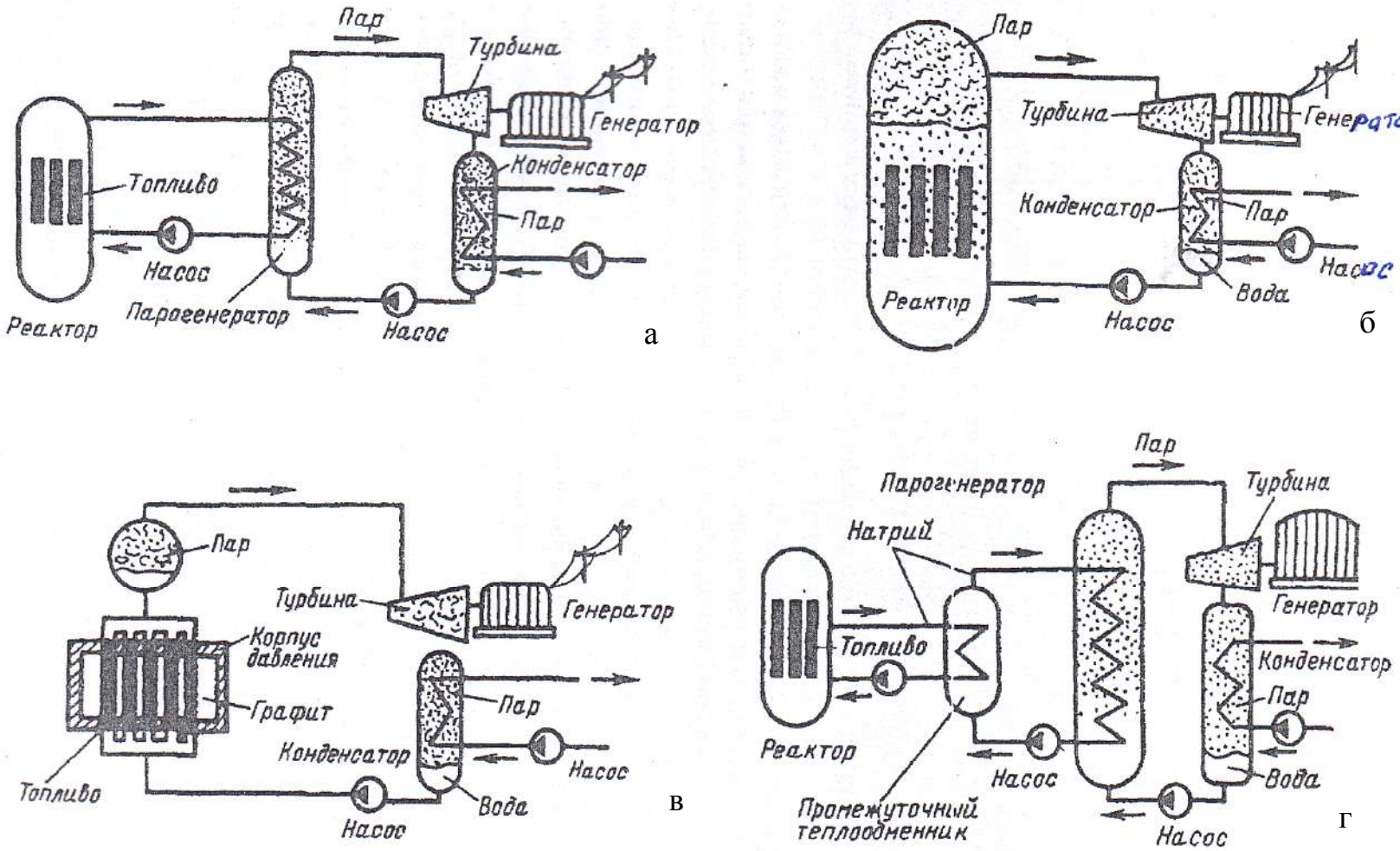
эффективная (ожидаемая) эквивалентная годовая доза облучения населения.

В таблице 11.4 представлены критерии экологического состояния радиоактивно загрязненной территории, определенные, исходя из вышеназванных параметров.

Для обнаружения ионизирующих излучений, измерения их энергии и других свойств, применяются дозиметрические приборы (рентгенометры, радиометры и дозиметры).

Таблица 11.4 – Критерии экологического состояния территорий

№	Параметры	Экологическое состояние		
		Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Удовлетворительная ситуация
1	Мощность экспозиционной дозы на уровне 1 м от поверхности почвы, мкР/час	Более 400	200–400	До 20
2	Радиоактивное загрязнение, Ки/км^2			
	^{137}Cs ^{90}Sr Pu	Более 40 Более 3 –	15–40 1–3 Более 0,1	До 1 До 0,3 –
3	Эффективная доза облучения, мЗв/год	Более 10	5–10	Менее 1



а – реактор с водой под давлением (ВВЭР, PWR), б – реактор, охлаждаемый пароводяной смесью (кипящий реактор), (ПВР, BWR), в – водографитовый реактор (ВГР, LVGR), г – реактор на быстрых нейтронах петлевого типа (БН, LMFR)

Рисунок 11.1 – Упрощенные схемы реакторов различного типа

Защита от излучения.

Основные методы в производственном цикле: защита расстоянием, защита временем, защита экранированием источника излучения и защита количеством (мощностью источников).

«Защита расстоянием» основана на том, что интенсивность облучения уменьшается пропорционально квадрату расстояния между источником излучения и работающим.

«Защита временем» заключается в уменьшении продолжительности контакта человека с источником излучения.

«Защита экранированием» – укрытие источника излучения конструкционными материалами, хорошо поглощающими излучение: свинец, железо, бетон, бор- или свинецсодержащее стекло и др. «Защита количеством» заключается в уменьшении мощности источников до минимальных величин.

Безопасные ресурсосберегающие технологии.

Для широкого внедрения атомной энергетики необходимо решить две технические проблемы: разработать реактор с повышенной безопасностью и технологию удаления опасных высокоактивных отходов, отвечающую требованиям промышленной экологии.

Только для производства электроэнергии используется несколько различных типов реакторов, которые можно классифицировать на две большие группы: реакторы на тепловых и на быстрых нейтронах. На рисунке 11.1 представлены упрощенные схемы реакторов различного типа.

В качестве топлива в атомной станции может использоваться ряд элементов, основным из которых в настоящее время является уран. Существует три основных способа разработки урановых месторождений: подземный, открытый и наиболее современный способ подземного выщелачивания. В качестве выщелачивающего реагента применяют растворы серной кислоты и карбонатно-бикарбонатных солей, насыщенных кислородом. Растворы закачивают в рудоносные пласты, растворяют там уран, и полученный раствор солей урана извлекают на поверхность.

Далее руду (по первым двум способам) или растворы урана перерабатывают на специальных гидрометаллургических предприятиях в продукт, называемый «желтый кек», представляющий собой концентрат солей урана желтого цвета, содержащий около 80% U_3O_8. Концентрат урана очищают и переводят путем конверсии в легколетучее соединение – гексафторид урана. Известно пять основных методов разделения (обогащения) изотопов урана: газодиффузионный, центрифужный, аэродинамический, химический и лазерный.

На рисунке 11.2 показана схема ядерного топливного цикла, а на рисунке 11.3 – общая схема образования и обезвреживания радиоактивных отходов (РАО). РАО бывают твердыми, жидкими и газообразными. По содержанию в них радионуклидов и уровню тепловыделения их подразделяют на низкоактивные (ИАО), среднеактивные (САО) и высокоактивные (ВАО).

Большее количество отходов относится к классу НАО, образующихся в основном при добыче и переработке урановых руд. Присутствующие про-

дукты распада урана делают радиоактивными шахтные воды, рудные отвалы и отвалы горных пород. Для устранения пылеобразования проводится распыление воды или пылевяжущих растворов.

Во избежание загрязнения грунтовых вод все стоки собираются и перекачиваются на участки обработки отходов. Наиболее интенсивно в окружающую среду проникают газообразный радон и легкорастворимые соединения радия. В связи с этим вокруг площадок с отвалами создают санитарно-защитные зоны. Твердые отходы прессуют. Жидкие – осаждают, концентрируют на ионообменных смолах или выпаривают. Загрязненные радионуклидами потоки воды пропускают через деминерализаторы (очистные колонны, заполненные сорбентами) для достижения уровня чистоты питьевой воды. Газообразные отходы пропускают через угольные или другие фильтры и удаляют под соответствующим контролем через высокую вентиляционную трубу. Горючие отходы сжигают с обязательным улавливанием радиоактивных газов и концентрации на сорбентах. Затем отходы (НАО и САО) кондиционируют (отверждают) методами цементирования и битумирования. Основной недостаток цементирования – низкая прочность готовых к захоронению или транспортировке блоков и невысокая устойчивость к влияниям погоды и к выщелачивающему действию воды. Битумирование – это более дорогостоящий процесс по сравнению с цементированием.

К ВАО относятся продукты деления урана, накапливающиеся в топливе. Их количество составляет менее 1%, а радиоактивность – 98% всей радиоактивности, образующейся в атомной промышленности. К категории ВАО относится выгруженное из реактора отработанное топливо и отходы, образующиеся на первых ступенях экстракции урана и плутония. Растворы последних упаривают и сливают в емкость для временного хранения. Топливо хранится на площадках АЭС. Для подготовки к долговременному хранению или окончательному удалению ВАО подвергают остекловыванию (капсулированию): упаренные растворы прокаливают и подвергают обработке расплавами фосфатных или боросиликатных стекол. Такая форма обезвреживания токсикантов обеспечивает полную безопасность, так как большая часть радионуклидов ВАО распадается в течение 300 лет (справка: для растворения 1 мм поверхностного слоя стекломассы в воде требуется не менее 100 лет). Для окончательного удаления НАО и САО предполагается строительство подземных специальных хранилищ, разрабатываются методы хранения в пустотах горных пород или выработанных шахт.

Для окончательного удаления ВАО предложен метод трансмутации радионуклидов, заключающийся в переводе радионуклидов в стабильные нуклиды под действием β-излучения или потока нейтронов. Путь удаления ВАО в космос не является радикальным, так как существует опасность непредвиденного возвращения на Землю ракеты-носителя. Наиболее приемлемым способом является удаление ВАО в глубокие геологические формации. Такое хранилище должно состоять из наземной и подземной частей. Наземная часть имеет центральную зону со вспомогательными постройками. Подземная часть хранилища напоминает большую шахту, расположенную на глу-

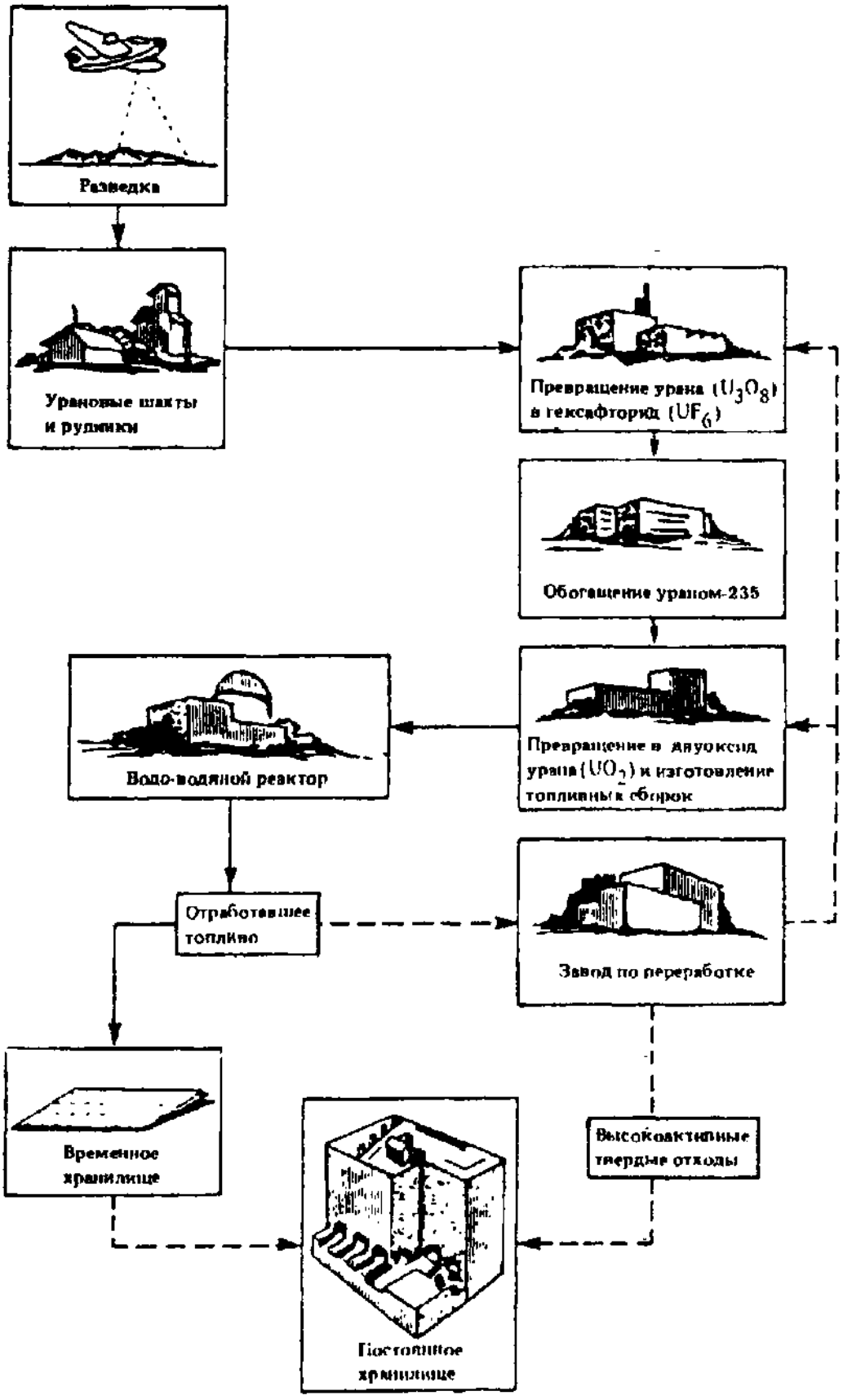


Рисунок 11.2 – Схема ядерного топливного цикла

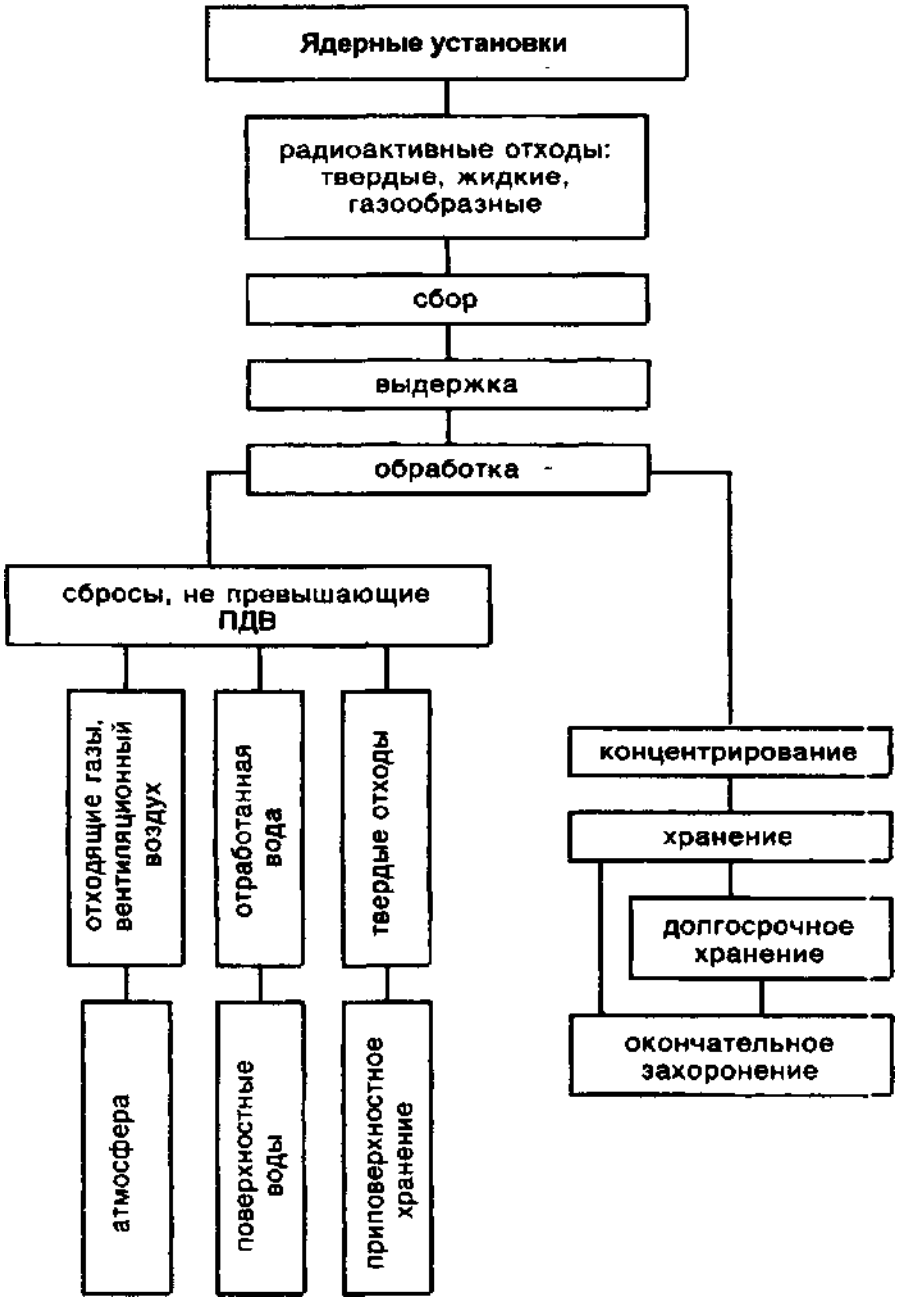


Рисунок 11.3 – Общая схема обращения с радиоактивными отходами

бине 600–1200 м. Для предотвращения миграции радионуклидов предполагается создание технических барьеров с целью обеспечения защиты в течение различных временных интервалов: начальный период (до помещения отходов в хранилище); тепловой период (до 300 лет); период геологического контроля – в миллионы лет для обезвреживания актиноидов (от актиния до лоуренсия). Конструкция хранилища представлена на рисунке 11.4.

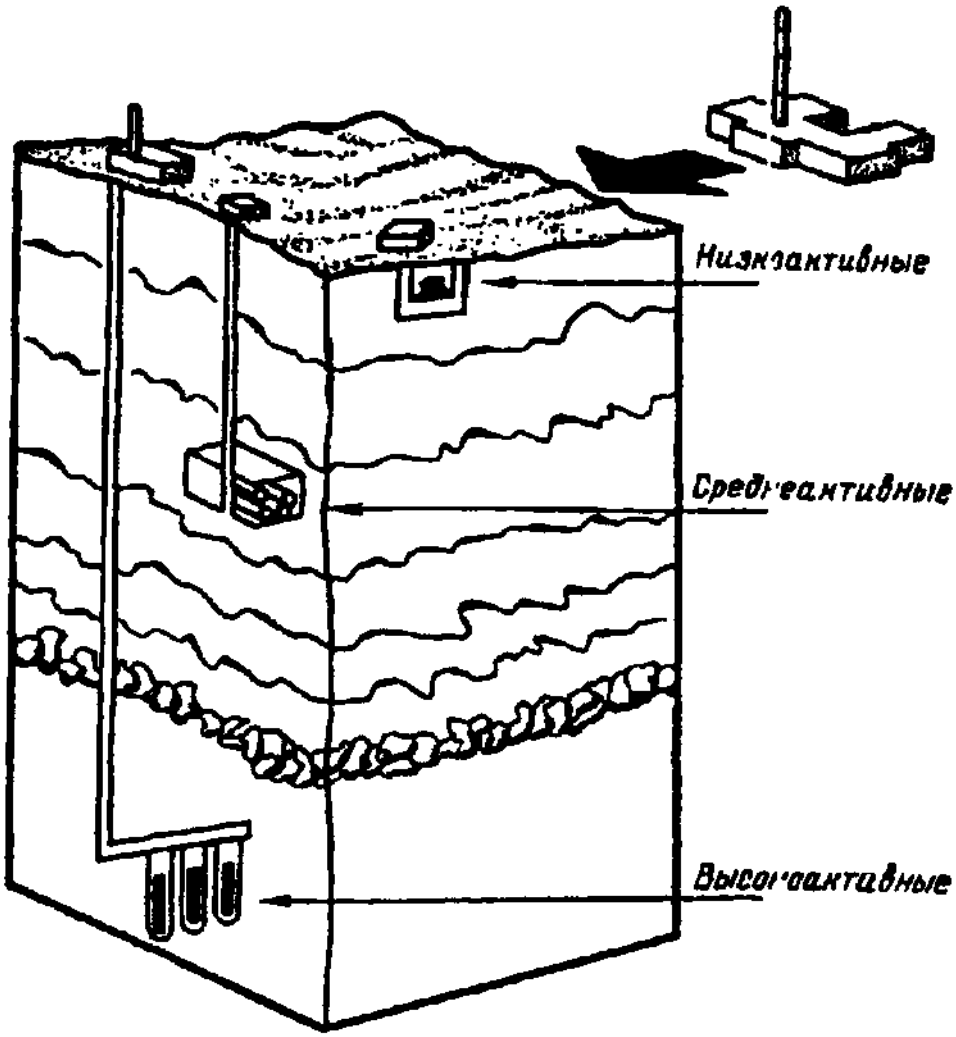
Таким образом, особое внимание должно уделяться сбору, удалению и захоронению твердых и высокоактивных жидких отходов, которые могут вызвать загрязнение окружающей природной среды. Следует также помнить, что вокруг АЭС устанавливаются три зоны с различным по строгости режимом:

– контролируемая – возможно облучение свыше 0,3 дозы, допустимой для персонала;

– санитарно-защитная – запрещено размещение производственных, жилых и культурно-бытовых объектов, не относящихся к объекту;

– наблюдаемая – дозы облучения населения, проживающего в ее пределах, могут несколько превышать допустимые нормативы.

Ширина зон устанавливается 3, 13 и 30 км соответственно.



Низкоактивные отходы – в приповерхностные хранилища,
среднеактивные отходы – в подземные хранилища,
высокоактивные отходы – в глубокие геологические формации

Рисунок 11.4 – Окончательное удаление радиоактивных отходов

ТЕМА 12. МАЛООТХОДНЫЕ (БЕЗОТХОДНЫЕ) И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Наиболее активной формой защиты ОС от выбросов промышленных предприятий является полный переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам.

12.1 Классификация отходов

В процессе производства, хозяйственной деятельности, в быту, образуются отходы. Ежегодно в биосферу, в основном в литосферу, поступает до 30 млрд. т. всех видов отходов. Их большое количество связано с несовершенством современных технологий.

По источнику образования отходы разделяются на промышленные, образующиеся в процессе производства; биологические, образующиеся в сельском хозяйстве (птичий помет, отходы животноводства, отходы растениеводства и другие органические отходы); бытовые (в частности, осадки коммунально-бытовых стоков); радиоактивные.

Проблема утилизации и ликвидации отходов для современной цивилизации – одна из важнейших проблем выживания.

Утилизация и ликвидация отходов связана с их состоянием, составом, характеристиками и токсичностью. В зависимости от состояния отходы делятся на:

1) твердые (отходы металлов, дерева, пластмасс, пыли минерального и органического происхождения, шлак, резина, бумага, ткани и пр.)

2) жидкие (шламы пылей минерального и органического исхождения в системах мокрой очистки газов, осадки сточных вод после их обработки и пр.)

По токсичности отходы делятся на 6 категорий. Более 50% всех отходов относятся к категории I, а 10% – к категориям V и VI:

I – инертные;

II – легкоразлагающиеся органические;

III – слаботоксичные слаборастворимые в воде;

IV – нефтемаслоподобные;

V – токсичные со слабым загрязнением воздуха;

VI – токсичные;

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

Отходы производства – остатки сырья, материалов, образовавшиеся при изготовлении продукции и утратившие свои потребительские свойства, а также продукты физико-химической переработки сырья, получение которых не являлось целью производственного процесса и которые могут быть

использованы как готовая продукция после соответствующей обработки или как сырье для переработки.

Отходами потребления считаются различные изделия, детали и материалы, которые по тем или иным причинам непригодны для дальнейшего использования. Эти отходы делят на промышленные и бытовые.

К **промышленным** относятся, например, металлолом, вышедшее из строя оборудование, изделия технического назначения из резины, пластмасс, стекла и др.

Бытовыми отходами являются пищевые отходы, изношенные изделия бытового назначения (одежда, обувь и пр.), использованные изделия различного рода (упаковки, стеклотара и т.д.)

Все виды твердых отходов производства и потребления по возможности использования делят на:

1) **вторичные материальные ресурсы**, которые уже перерабатываются или переработка которых планируется (например, макулатура для производства бумаги; стеклянный бой – стекла; металлический лом – металла; зола, пыль, шлаки – строительных материалов и конструкций; отходы птицеводства и животноводства – органических удобрений; отработанные масла и нефтепродукты – производства масел и т.д.);

2) отходы, которые на данном этапе развития экономики перерабатывать нецелесообразно и которые образуют **безвозвратные потери**.

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

С помощью санитарно-гигиенических нормативов определяются показатели окружающей среды для здоровья человека. В эту группу входят ПДК вредных веществ в составе твердых отходов, допустимые уровни биологического и радиационного воздействия.

Экологические нормативы устанавливают требования к источнику вредного воздействия, ограничивая его деятельность. К ним относятся – предельно допустимые количества накопления твердых отходов на территории предприятия, а также технологические правила, содержащие экологические требования.

Огромное количество промышленных и бытовых отходов, попадая в почву, изменяют ее химический состав и качество, самоочищение почвы не происходит или идет очень медленно.

Промышленные твердые отходы делятся на два основных вида:

1) нетоксичные;

2) токсичные.

Кроме того, они классифицируются на:

а) металлические;

б) неметаллические – подразделяют на химически инертные (отвалы пустой породы, зола и т.п.) и химически активные (резина, пластмасса);

в) комбинированные - промышленный мусор;

В основной массе твердые отходы машиностроения нетоксичны и содержат стружки и опилки металлов, древесины, пластмасс, шлаки, золу, шламы, осадки, амортизационный лом и пыли (отходы систем очистки воздуха и др.)

На предприятиях машиностроения отходы составляют в среднем 260 кг на одну тонну металла, иногда достигая 50% массы готового изделия.

Вследствие замены технологического оборудования и инструмента образуется до 55% амортизационного лома. Безвозвратные потери металла вследствие истирания и коррозии составляют 25% общего количества амортизационного лома.

Шламы из отстойников очистных сооружений на машиностроительных предприятиях содержат твердые материалы (от 20 до 300 г/л). Шламы термических, литейных цехов содержат токсичные соединения свинца, хрома, меди, цинка и др.

Отходы, образующиеся на предприятиях машиностроения в результате использования радиоактивных веществ, обычно содержат небольшое количество изотопов с коротким периодом полураспада (15 суток) и могут содержать ртуть, вылитую из вышедших из эксплуатации приборов и установок.

К распространенным группам веществ химического загрязнения почвы промышленными предприятиями можно отнести:

– газы (CO_2; CO; SO_2; NO_x; H_2S);

– тяжелые металлы и их соединения;

– циклические углеводороды, бензапирен;

– радиоактивные вещества.

Твердые отходы промышленного предприятия: шлак, окалина, зола; горелая формовочная земля; шламы, флюсы; абразивы; древесные отходы; пластмассы; бумага, картон; мусор.

12.2 Отходы сельского хозяйства

При выращивании и уборке урожая, переработке, хранении и подготовке к продаже продуктов сельского хозяйства образуется огромное количество отходов.

По данным американских специалистов сельского хозяйства, известно, что от всей массы кукурузы, выращенной для консервирования, примерно 50% составляют полевые отходы, около 30% – отходы обработки и менее 20% – само зерно в консервированном виде. При выращивании риса образуется большое количество соломы, а обмолот риса дает 20% шелухи, содержащей 28% двуокиси кремния, трудно сжигаемой и не находящей никакого применения. К отходам при производстве сельскохозяйственных культур относят также отходы урожая, главным образом это листья, стебли, обрезки, падалица и отбракованные фрукты в виде влажных отходов, жнивье и солома, скорлупа и шелуха, мешки из-под удобрений и т.п.

Очень большие объемы отходов образуются в животноводстве и птицеводстве. Одна молочная ферма со 100 дойными коровами дает примерно

14 т твердых отходов в сутки. Один откормочный комплекс на 10 тыс. голов крупного рогатого скота может дать 260 т отходов в сутки. На птицефабрике производительностью 1 млн. яиц в сутки ежесуточно образуется около 50 т отходов.

Наибольшую часть твердых отходов в животноводстве составляет навоз. Утилизируют его, как правило, путем вывоза на поля с последующей запашкой в почву. В качестве органического удобрения применяют и высушенный птичий помет (предварительно обезвоживая его).

Отходы животноводческих комплексов и птицефабрик загрязняют атмосферный воздух, поверхностные и грунтовые воды, почву.

Источниками загрязнения воздуха (кроме помещений для содержания скота) являются навозонакопители, сооружения биологической очистки сточных вод, пруды-накопители стоков, поля фильтрации, поля орошения и другие сооружения. Атмосферный воздух загрязняется также в процессе работы дождевальных установок при орошении полей сточными водами животноводческих комплексов.

В зоне животноводческого комплекса атмосферный воздух загрязнен микроорганизмами, аммиаком, пылью и органическими веществами – продуктами жизнедеятельности животных, обладающими неприятным запахом.

Образующиеся на животноводческих комплексах отходы отличаются высоким уровнем содержания органических и биогенных веществ, гельминтов и патогенных микроорганизмов. Отходы животноводства содержат различные формы азота, фосфора, калия, серы и других соединений, обладающих высокой токсичностью. Накапливаясь в местах сбросов, они становятся более мобильными и, проникая в воду, разносятся на большие расстояния.

Загрязнителями почвы различными гельминтами, патогенными микроорганизмами могут быть фекальные массы, моча, промстоки, почвенный смыв, трупы животных и т.д.

С экскрементами в почву попадают биостимуляторы, применяемые в животноводстве, каустическая сода, используемая для очистки помещений, средства борьбы с вредителями и др. В связи с этим высокие дозы навоза могут оказать отрицательное влияние на плодородие почвы, жизнедеятельность полезных микроорганизмов и растения. В почву вместе с куриным пометом могут попасть медь и мышьяк, добавляемые на птицефабриках в корм для стимулирования роста птицы.

При использовании сточных вод животноводческих комплексов для орошения сельскохозяйственных угодий значительную опасность представляет накопление в почве нитратов и, в конечном счете, загрязнение грунтовых вод (в результате нарушения режимов орошения, превышения расчетных норм потребности растений в азоте).

Водоемы могут загрязняться как при непосредственном удалении очищенных сточных вод через канализацию, так и в результате нарушения технологического процесса переработки и утилизации отходов. Кроме того, источником загрязнения поверхностных и подземных вод могут служить наво-

зонакопители, пруды-накопители сточных вод и земледельческие поля орошения.

12.3 Методы и способы утилизации и ликвидации промышленных отходов

Важнейшим этапом обращения с отходами является их сбор. При сборе отходы должны разделяться:

1) по физическим признакам – на классы, по химическому составу – на группы и марки, по показателям качества – на сорта;

2) в зависимости от дальнейшего использования, способа переработки, утилизации, захоронения.

После сбора перерабатываются такие отходы, которые могут быть полезны. Например, отработанные масла очищают от коррозии, абразивного износа, взвешенных частиц иного рода, продуктов термического разложения, вводят присадки и получают масла для вторичного использования. Отходы животноводства, птицеводства, осадки коммунально-бытовых сточных вод, не содержащие тяжелых металлов, могут быть переработаны и использованы в качестве экологически чистых удобрений. Для этого используются различные способы: биотехнологический (компостирование), химический (аэробный и анаэробно-аэробный), физический (термическая сушка). Отходы резино-технических изделий, в частности автомобильных шин, подвергают измельчению и вновь отправляют на изготовление этих изделий. Ртутные дуговые люминесцентные лампы подвергают демеркуризации и получают ртуть. Отработанное на атомных станциях ядерное горючее перерабатывают на радиохимических заводах с целью выделения плутония-239 и урана-235 для дальнейшего использования в ядерных реакторах и других целей.

Основными направлениями утилизации и ликвидации промышленных твердых отходов являются:

1) захоронение на полигонах и свалках;

2) переработка конкретных отходов по заводской технологии;

3) использование отходов химических производств как готового материала для других технологических процессов;

4) уничтожение отходов путем сжигания (но при этом они теряются как вторичное сырье).

Обычными для наших промышленных предприятий путями ликвидации и переработки промышленных (твердых) отходов (кроме металлотходов) являются их вывоз и захоронение на полигонах, сжигание, складирование и хранение на территории предприятия до появления новой заводской технологии переработки их в полезные продукты (вторичное сырье).

Удаление промышленных твердых отходов осуществляется, как правило, самими предприятиями, которые вывозят их в места захоронения (иногда отвалы) или на общие свалки бытовых отходов и городского мусора.

В большинстве случаев твердые отходы вывозятся на так называемые **неконтролируемые свалки** – специально отведенные в пригородах огоро-

женные участки. Отходы на них разлагаются, часто загораются, в результате загрязняется воздушная среда, иногда токсичными веществами, которые попадают с промышленными отходами. Кроме того, вредные вещества на неконтролируемых свалках вымываются дождем, талыми, поверхностными или грунтовыми водами и загрязняют водоемы.

В соответствии с законодательством о недрах, предоставление недр для захоронения ВВ и отходов производства, сброса сточных вод допускается в исключительных случаях и при соблюдении специальных требований.

Для уменьшения загрязнения ОС вместо неконтролируемых свалок используются специальные **полигоны** для твердых отходов. Для них выбирается место в глинистом грунте, в котором можно складывать отходы 20–25 лет.

Основание выбранной площади выполняют в виде огромного котлована на глубине не менее 1 м выше отметки максимального уровня грунтовых вод. В течение суток вывозят отходы на одну площадку полигона и уплотняют бульдозерами послойно до 2-метровой высоты. На следующие сутки отходы вывозят на другую площадку, а предыдущую укрывают изолирующим слоем грунта толщиной 0,25 м. Полигон загружают многослойно (высота складирования отходов не менее 10 м – из экономических соображений), после полной загрузки и задернения поверхность полигона можно использовать для устройства садов, парков и т.д.

Основные особенности полигонов:

1) уплотнение отходов, позволяющее увеличить нагрузку на единицу площади;

2) послойное укрытие отходов (между слоями отходов слой земли);

3) предотвращение проникновения сточных вод полигона в почву и подземные воды. Отходы остаются в пределах полигона и не загрязняют водоемы и подземные воды.

В ряде случаев требуется **нейтрализация и обезвреживание** твердых промышленных отходов (производство цветных металлов, искусственных волокон, соды, лаков, препаратов и др.). Специальные сооружения для этих целей могут располагаться на территории предприятия, дающего токсичные отходы.

Токсичные промышленные отходы складируют, перерабатывают и нейтрализуют также централизованно на полигонах и станциях переработки и нейтрализации. Захоронение токсичных отходов производят в специальной таре, размещаемой в котлованах глубиной до 10–12 м (особо вредные отходы – в железобетонных резервуарах). Котлованы располагают в водонепроницаемых грунтах. Огневой метод ликвидации отходов (сжигание) позволяет сократить площади полигонов. Большинство полигонов не отвечают санитарным требованиям.

Радиоактивные отходы разделяют на жидкие и твердые. Собирают их в местах образования отдельно от других отходов в специальные сборники. Радиоактивные отходы вывозят на специальные пункты, где захоронение нерадиоактивных отходов запрещено.

Сейчас в мире используется способ избавления от твердых промышленных отходов – их складирование на морском дне. Сбросы отходов в море производят с помощью трубопроводов, судов, барж, контейнеров, часто в близости от берега, на мелководье, что наносит огромный ущерб биоресурсам моря. Есть и глубоководные способы сбросов отходов в море – с самолетов, судов; они должны производиться над глубинами не менее 2 тыс. метров, на расстоянии от берега не менее 150 морских миль.

Как видим, методы удаления опасных отходов – вывоз на свалку (полигоны), сброс в море и захоронение в отработанные шахты.

Наиболее оптимальный метод использования отходов производств – переработка их по заводской технологии. Общая схема переработки:

– сортировка отходов, отделение ветоши, остатков бумажной и деревянной тары, металлических предметов и т. д.;

– измельчение;

– дробленый материал отмывают от загрязнений и еще раз отделяют посторонние примеси;

– высушенные дробленые отходы смешивают со стабилизаторами, наполнителями и гранулируют;

– полученный гранулят используют как наполнитель при производстве стройматериалов или перерабатывают его в изделия.

Распространенный способ термического обезвреживания твердых отходов – сжигание в печах на мусоросжигательных заводах. Чтобы избежать загрязнения земной поверхности в зоне мусоросжигательных заводов, используют передвижные мусоросжигающие установки, смонтированные на автоприцепах или морских судах.

Термический способ переработки отходов экологичнее складирования их на свалках и полигонах, однако, газообразные токсичные выбросы печей (например, диоксины и фураны) и отходы в виде золы и шлаков наносят вред окружающей среде (в частности, атмосферному воздуху).

По этой причине в США запрещено строительство новых мусоросжигательных заводов, в ряде стран имеет место тенденция на сокращение сжигания твердых отходов.

Сжигание – основной метод утилизации осадка очистных сооружений. Чтобы подготовить эти отходы к сжиганию, их сгущают и обезвоживают, т.е. предварительно обрабатывают для получения шлама. Осадки сжигают на станциях очистки сточных вод в многоподовых циклонных печах, а также в печах кипящего слоя.

Ликвидация отходов всегда требует трудовых и материальных затрат.

12.4 Методы очистки и утилизации отходов животноводческих комплексов

При переводе животноводства на промышленную основу возникла проблема утилизации навозных стоков и бесподстилочного навоза. Вблизи животноводческих комплексов и ферм промышленного типа угрозу окружа-

ющей среде представляют скопления навоза, а также нитратное загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод.

Поэтому при выборе места для размещения животноводческих комплексов должны быть обоснованы возможности утилизации навоза и производственных стоков с учетом природоохранных требований.

При стойловом содержании скота используют следующие технологические схемы утилизации навоза:

1) многоступенчатая очистка (с применением гидросмыва) с разделением навоза на твердую и жидкую фракции (первую помещают в штабеля, а вторую – в аэротенки и иные установки для обеззараживания и очистки, из которых она поступает в пруды-накопители осветленных стоков и на земледельческие поля орошения);

2) использование стоков для производства торфокомпостных смесей, которые вывозят на поля биотермического обеззараживания (этот способ рекомендуется для небольших ферм);

3) очистка стоков с помощью прудов-накопителей и навозохранилищ (отходы при гидросмыве направляют в приемники и хранилища, где жидкость расслаивается на фракции, обеззараживается и идет на поля фильтрации и в водоем; твердая фаза направляется на сельскохозяйственные угодья);

4) самоочищение и утилизация отходов в естественных водоемах, когда осветленная жидкость из очистных сооружений стекает в пруд-накопитель и далее в водоемы, а осадок используют для изготовления удобрений;

5) анаэробная переработка, или сбраживание жидкого навоза, благодаря которому в нем гибнут патогенные микроорганизмы, навоз теряет неприятный запах, а семена сорных растений – всхожесть (одновременно получают топливо – метан).

Общая технологическая схема многоступенчатой очистки и утилизации навозных стоков предусматривает использование как установок по обезвреживанию навоза в искусственных условиях, так и естественных прудов-накопителей, буферных прудов, лесных насаждений на путях передвижения сточных вод (ниже прудов-накопителей осветленных стоков), земледельческих полей орошения, биологических прудов и т.д.

В лесных насаждениях сточные воды освобождаются от взвешенных частиц, которые вместе с опавшей листвой (подстилкой) включаются в процессы почвообразования. В биологических и буферных прудах осветленные навозные стоки перемешиваются с водами водохранилищ, рек, и самоочищаются в результате воздействия солнечной радиации, аэрации, жизнедеятельности микроорганизмов и т.п.

В прудах-накопителях преобразуются органолептические свойства сточных вод (навозный и фекальный запахи сменяются затхлым, желтоватый цвет – серо-желтоватым). При отстаивании и аэрации в сточных водах значительно снижается содержание нитратов и калия, в меньшей степени – аммиака и фосфора. В буферных прудах у воды исчезают запах и цвет, кроме того, в ней резко падает содержание фосфора и калия.

Наиболее эффективное направление хозяйственного использования жидкого навоза на животноводческих комплексах – утилизация его на полях орошения (с помощью дождевальной установки вносят жидкую фракцию, роторных разбрасывателей – плотную фракцию).

12.5 Безотходные и ресурсосберегающие технологии в промышленности и сельском хозяйстве

Радикальное решение проблем защиты от отходов производства возможно при широком применении безотходных и малоотходных технологий. Развитие безотходных и малоотходных технологий необходимо не только для уменьшения загрязнения ОС, но и для более экономного расходования природных ресурсов.

Основными мероприятиями по экологизации на всех этапах производства продукции являются:

1) выявление природного ресурса, переход к широкому использованию возобновляемых ресурсов, особенно энергетических;

2) изготовление продукции, переход на ресурсосберегающие технологии;

3) оперирование с отходами производства (уничтожение, складирование, переработка и др.).

Ресурсосберегающая технология – производство и реализация конечных продуктов с минимальным расходом вещества и энергии на всех этапах производственного цикла (от добывающих до сбывающих отраслей) и с наименьшим воздействием на человека и природную среду.

Безотходная технология – направленная на рациональное использование природных ресурсов технология отдельного производства или промышленного комплекса, обеспечивающая получение продукции без отходов. Включает в себя комплекс мероприятий, обеспечивающих минимальные потери природных ресурсов при производстве сырья, топлива и энергии, а также максимальную эффективность и экономичность их применения.

В нашей промышленности применяются следующие безотходные и малоотходные технологии:

– использование металлолома после обработки на специализированных обогатительных предприятиях;

– использование доменных шлаков в производстве строительных материалов;

– использование боя стекла в производстве стройматериалов;

– синтез аммиака по замкнутому циклу;

– получение серной кислоты из дымовых газов тепловых электростанций и предприятий цветной металлургии;

– использование сточных вод некоторых пищевых предприятий для орошения земельных угодий (стоки сахарных заводов, содержащие азот и фосфор и др.) и т. д.

У нас выпускаются специальные сортировочные машины, создаются специальные предприятия, извлекающие из отходов металл, макулатуру, дерево, после чего все эти материалы направляют раздельно на переработку. Например, древесные отходы (пришедшие в негодность мебель, ящики) измельчают, добавляют связующее вещество, формуют и повторно используют в виде стенового материала и различных деталей при строительстве домов.

В машиностроении разработка малоотходных технологических процессов связана, прежде всего, с необходимостью увеличения коэффициента использования металла (например, использование деталепрокатных станов вместо обработки металла резанием; порошковая металлургия – нет стружки, и др. методы).

Безотходная технология (производство) развивается в четырех основных направлениях.

1. Создание бессточных производств путем внедрения в технологический процесс замкнутых водооборотных циклов.

На современном этапе развития технологий и техники основным является переход к оборотным циклам. В этом цикле выполняется улавливание веществ, участвующих в технологическом процессе и обычно попадающих в отходы, для их повторного использования в данном технологическом процессе.

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

2. Формирование территориально-промышленных комплексов, имеющих замкнутую структуру потоков сырья и отходов: несколько предприятий различного профиля расположены на одной территории и отходы одного производства являются вторичным сырьем для другого (замкнутый цикл).

Примеры – устройство оборотного водоснабжения, использование осадка сточных вод, вторичных энергоресурсов, компоста из переработанного бытового мусора и т. д. Уменьшить количество сжигаемого топлива позволяет вторичное использование энергетических ресурсов в системах теплоснабжения и вентиляции (выбросного пара, конденсата, нагретой воды, уходящей от печей и котлов, горячих газов). Возможно их использование для обогрева теплиц.

3. Создание принципиально новых технологий, позволяющих резко уменьшить или почти исключить образование отходов.

Важное направление здесь – снижение материалоемкости выпускаемой продукции, уменьшение или ликвидация отходов производства, предусматриваемые еще на стадии проектирования промышленных изделий (методы экологического дизайна, автоматизированный раскрой листового металла и изделий швейной промышленности и др.).

Важны также – повышение стойкости металлов к коррозии и вообще повышение (возможность неоднократного использования) срока эксплуатации изделий.

4. Разработка систем переработки отходов, в которых отходы рассматриваются в качестве вторичного сырья (вторичных ресурсов).

Положение о том, что все безотходные технологии, какими бы совершенными они ни были, не являются безотходными, верно. Побочные производственные отходы, хоть и небольшие, но всегда имеются. Поэтому ученые говорят не о безотходных, а о малоотходных технологиях.

Таким образом, на **первом этапе** развития (производства продукции) безотходная технология должна стать малоресурсоемкой, давать максимум продукта при минимуме затрат сырья.

Для **второго этапа** характерно создание цикличности производства – отходы одного производства могут стать сырьем для другого.

И **третий этап** – организация разумной утилизации неизбежных отходов (их захоронения, обезвреживания, нейтрализации).

В сельскохозяйственном производстве одной из наиболее сложных, трудноразрешимых остается проблема подготовки и рационального использования навоза и навозных сточных вод.

Решение проблемы направлено на создание безотходных и малоотходных животноводческих предприятий с безводными, водо-, энерго- и ресурсосберегающими технологиями, исключающими загрязнение и заражение окружающей среды навозом и навозными стоками, и обеспечивающими их использование после соответствующей подготовки в производстве дополнительной продукции или для других нужд.

Работы выполняются по следующим направлениям.

1. Подготовка навоза и навозных сточных вод для использования в виде органического удобрения или для проведения удобрительных поливов полей при максимальном сохранении питательных (для растений) веществ. Для поливов предусматривается механическое выделение из жидкого навоза крупных включений и части взвесей, что обеспечит бесперебойную работу оросительных систем и поливочных агрегатов.

2. Глубокая очистка навоза и навозных сточных вод с целью подготовки жидкой фракции для орошения на ограниченных площадях или сброса в открытые водоемы. Имеется в виду выход на такой уровень содержания в очищенных сточных водах азота, фосфора и калия, при котором нет нужды разбавлять их водой, а можно производить ими орошение по нормам полива.

Это направление реализуется при строительстве животноводческих предприятий в районах с избыточным увлажнением почвы или на местности, где выделение сельхозугодий для орошаемого земледелия невозможно, а также при затруднениях в получении чистой воды для разбавления сточных навозных вод или при высокой стоимости гидротехнического строительства (системы орошения).

3. Максимальное извлечение из навоза и стоков питательных веществ для создания вторичных кормов, получения биогаза и других продуктов с использованием образовавшихся отходов для удобрения сельхозугодий.

В идеале, необходимо стремиться к тому, чтобы все предприятия работали как природные биосистемы: в природе отходы одних видов организмов

используются другими видами; природные экосистемы функционируют миллионы лет, и в них загрязнения среды не происходит; химические элементы, побывав в фазах жизни и смерти, продолжают свое вечное движение в круговороте веществ.

ТЕМА 13. КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Составными элементами системы контроля за состоянием окружающей среды (ОС) являются:

1) оценка экологического риска;

2) мониторинг ОС.

13.1 Понятие экологического риска

По мере развития человеческого общества в направлении интенсификации научно-технического прогресса повышается экологический риск.

Экологический риск (риск от загрязнения ОС) – качественная характеристика действия опасностей, формируемых антропогенной деятельностью человека.

Как известно, риск – это частота реализации опасностей. Для его количественной оценки используют отношение числа неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период

$$R = \frac{N_{чс}}{N_o}, \qquad (13.1)$$

где R – риск,

$N_{чс}$ – число чрезвычайных событий в год,

N_o – общее число событий в год.

Выделяют четыре методических подхода к определению риска:

1) инженерный (опирается на статистику, расчет частот, вероятностный анализ безопасности, построение деревьев опасности);

2) модельный (построение модели воздействия вредных факторов на человека);

3) экспертный (вероятность событий определяют путем опроса опытных специалистов-экспертов);

4) социологический (основан на опросе населения).

В основе управления риском лежит сравнение затрат и получаемых выгод от снижения риска.

Изучение опасностей происходит в следующей последовательности:

– предварительный анализ опасностей;

– выявление источников;

– определение частей технической системы, которые могут вызвать опасности;

– введение ограничения на анализ (исключение опасностей, которые не включены в план изучения);

– выявление последовательности опасных ситуаций;

– построение дерева событий и опасностей;

– анализ последствий.

Причины и опасности образуют цепные иерархические структуры, или системы, графическое изображение которых напоминает ветвящееся дерево, поэтому при анализе объектов безопасности используют термины «дерево причин», «дерево событий», «дерево отказов», «дерево опасностей». Построение «деревьев» – эффективная процедура выявления причин аварий, пожаров и др.

Интегральным критерием экологического риска может служить опасность нарушения природного баланса (равновесия) в различных масштабах его проявления (региональном, государственном, континентальном, планетарном.). Такая опасность является характеристикой необратимых потерь, количественно связанных с антропогенными факторами промышленного производства.

Особенность естественных процессов, протекающих в природе, и их возможные антропогенные изменения, заключаются в том, что ни один объект природы не может рассматриваться в отрыве от состояния других объектов. То есть экологический риск как интегральная характеристика возможного ущерба окружающей среде включает в себя взаимосвязанные и взаимообусловленные изменения в атмосфере (P_1), гидросфере (P_2) и литосфере (P_3). Дерево возможных экологических рисков отражает векторную форму представления риска по трем ветвям P_1, P_2, P_3.

Общий принцип охраны природы в сфере промышленного производства заключается в минимизации интегральных потерь неживой и живой природы, формально выражаемых в виде

$$R = \sum_{i=1}^{l} \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} r_{ijk}, \qquad (13.2)$$

где r_i – абсолютно невосполнимые потери компонентов атмосферы;
r_j – абсолютно невосполнимые потери компонентов гидросферы;
r_k – абсолютно невосполнимые потери компонентов литосферы.

Таким образом, экологический риск – это вероятность реализации экологической опасности.

Важной составляющей природоохранного управления является оценка риска от загрязнения окружающей среды для здоровья населения. В ходе оценки риска проводится оценка ущерба здоровью и благосостоянию населения. Для этого используется фактическая база данных о концентрациях вредных веществ в зонах обитания, и изучаются по клиническим показаниям их воздействия на здоровье отдельных людей или населения в целом.

На основании проведенной оценки предпринимают меры для уменьшения или полного исключения риска для здоровья населения и сохранности природных и материальных ценностей.

Управление риском начинается с установления стандартов качества окружающей среды, т.е. с нормирования концентрации вредных веществ в воздухе, воде и почве в зоне проживания людей.

13.2 Экологический контроль

Общая цель экологического контроля, или контроля качества окружающей среды – обеспечение соблюдения действующих природоохранных правил, требований и норм на всех этапах производства или иной деятельности человека, связанной с изменением состояния ОС.

Основные задачи экологического контроля:

1) формирование информационной базы состояния и изменений окружающей среды;

2) получение точной и достоверной информации о воздействиях и состоянии ОС;

3) выявление случаев вредных воздействий на природную среду;

4) профилактика сверхнормативного экологического ущерба и др.

Контроль состояния природной среды по параметрам, не требующим применения специального контрольно-измерительного и лабораторно-аналитического оборудования, директивно может быть возложен на работников служб производственного контроля. В задачу таких служб входит:

– определение качественных характеристик экологических изменений и нарушений;

– оперативное выявление виновников, а в особых случаях приглашение инспекторов-экологов для инструментальных измерений и количественной оценки ущерба с назначением соответствующих санкций.

Все виды экологического контроля можно рассматривать с двух точек зрения.

В одном случае объектом контроля являются вредные техногенные (или естественные) воздействия на природную среду. При этом необходимо определять количественные характеристики механических, тепловых, химических и др. воздействий. Полученные результаты сравнивают с нормативными – предельно допустимыми для данных природно-климатических условий.

При экологическом контроле этого вида возможны следующие измерения: линейно-угловые, силы и массы, электрические и магнитные, оптические, химико-аналитические и др., так как контрольно-измерительная техника для этих целей создавалась в разных ведомствах в разное время (т.е. среди средств измерения и контроля можно найти практически все основные виды измерений, соответствующие принятой в метрологии классификации).

В другом случае объектом экологического контроля является собственно природная среда, подверженная или не подверженная (фоновый контроль) вредным воздействиям. Определяют качество отдельных компонентов или комплексов природной среды, используя аналитические методы и измерения массы (объема) с целью выявления состава и концентрации тех или иных веществ, обычно вредных. Полученные результаты сравнивают с нормативами.

Конечная задача экологического контроля – определение качественного состава и количественных характеристик воздействий, веществ и

их концентраций в заданной мере (объем, масса, площадь) для сравнения полученных значений с заданной мерой и оценка результатов с позиций полезности или вредности для человека и природной среды.

Параметры и показатели экологического контроля или нормы охраны окружающей среды устанавливаются системой государственных стандартов по охране природы. В настоящее время действует более ста различных стандартов, регламентирующих нормы охраны атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, геологической среды (земель, грунтов, недр, лесных и других угодий), флоры и фауны. Ряд норм экологического контроля определен государственным законодательством.

Многообразие этих документов затрудняет практическое пользование ими. Их очень трудно собрать вместе, изучить и учесть. Нет общего критерия восстановления нарушенных компонентов природной среды. Это затрудняет технологическое проектирование, восстановительные природоохранные работы, а также контроль качества проектов (экспертизу) и работ.

Необходимо разработать единые нормы и правила по охране окружающей среды, содержащие «выжимку» из всей действующей нормативно-технической документации (НТД) по каждому случаю производственной (или строительной) деятельности, а также широко применять информационно-вычислительную технику.

В базу данных (БД) ЭВМ в систематизированном виде закладываются все действующие нормы и правила по охране природы. Затем из БД отбираются необходимые сведения по конкретной экологической ситуации.

Результаты экологического контроля составляют информационную базу (банк данных) охраны ОС, что позволяет использовать ЭВМ для сбора, хранения, обработки и анализа информации.

Информационное обеспечение является основой для управления охраной ОС. Информативность контроля зависит от уровня технических средств (оснащенности службы). Ведомственная служба экологического контроля должна иметь необходимые технические средства для контроля всех основных загрязнений ОС. Эти службы можно оснастить комплексными передвижными лабораториями анализа качества воздуха, воды, почв.

Контролирующие органы. Контроль за состоянием ОС проводится на межгосударственном и национальном уровне.

Европейское агентство по окружающей среде (ЕАОС) выполняет функции по международному мониторингу ОС (охватывает территорию всей Европы).

На территории России – Росгидромет выполняет мониторинг в качестве своей главной обязанности. Местные и региональные экологические инспекции (подчиняющиеся министерствам окружающей среды), санитарно-эпидемиологические станции (находящиеся в ведении министерств здравоохранения) выполняют мониторинг как дополнительную функцию в процессе контроля рационального использования ресурсов или других своих функций.

Правительство России предложило создать Единую государственную систему экологического мониторинга (ЕГСЭМ). Проблема государственного мониторинга ОС на территории СНГ состоит в том, что приборы для контроля содержания вредных веществ морально и физически устарели.

Помимо государственных природоохранных служб, экологическими проблемами занимаются научные и общественные организации (профсоюзы, партия зеленых), борющиеся за чистоту ОС.

13.3 Система производственного технологического мониторинга

Производственный мониторинг, как разновидность комплексного инженерно-экологического мониторинга, – это система оценки техногенного источника и экологического риска в процессе функционирования объекта.

Объектные **виды** производственного мониторинга: мониторинг атмосферного воздуха, промышленных стоков, почвенный мониторинг.

Основными **функциями** производственного мониторинга являются контроль качественного и количественного состава загрязняющих веществ в окружающей среде (воздухе, почве, воде) и определение источников загрязнения. На предприятиях ведут контроль за эффективностью работы очистного оборудования и за количеством выбросов (сбросов) загрязняющих веществ.

На основании данных мониторинга принимаются решения для улучшения экологической ситуации – сооружают новые очистные сооружения, совершенствуют технологический процесс с целью снижения количества выбрасываемых токсичных веществ или замены их на нетоксичные или малотоксичные, повышают герметичность оборудования, разрабатывают эффективную пылегазоочистку, внедряют почвозащитные севообороты и т.д.

Воздействие промышленного предприятия на геологическую среду определяется технологической нагрузкой – годовым количеством всех видов твердых и жидких отходов предприятия.

Наличие мониторинга повышает требования к соблюдению экологических правил и норм, позволяет снизить экологический риск на основе прогноза фактической безопасности функционирования объекта или природно-территориального комплекса.

13.3.1 Мониторинг промышленных выбросов в атмосферу

На каждом отдельном предприятии (цехе, участке) периодически проводится обследование, в результате которого устанавливаются источники вредных выбросов в атмосферу, определяются объем и состав этих выбросов и составляется их технический паспорт, а также разрабатываются рекомендации по предотвращению или сокращению выбросов. Обычно эти мероприятия осуществляются 1 раз в 5 лет. При обследовании представители санитарно-эпидемиологической службы совместно с представителями предприятия выбирают места отбора проб и параметры, подлежащие определению, с

таким расчетом, чтобы получить полную информацию о постоянных и периодических выбросах в атмосферу, а также о возможных выбросах при нарушении технологического режима.

Количество выбросов и концентрацию загрязняющих веществ определяют экспериментально и лишь в исключительных случаях – расчетным путем. Обследование источника загрязнения (производства, цеха, участка) проводят в течение 10–15 дней, производя контроль в момент оптимальной нагрузки производства, желательно одновременно во всех точках отбора проб. Обычно при обследовании учитывают все основные виды газовых выбросов – постоянные и периодические технологические выбросы, санитарные, и выбросы, связанные с нарушениями режима работы.

По результатам обследования определяют количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу за счет каждого вида выбросов, составляют их общий перечень, выполняют расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, а результаты расчета сопоставляют с ПДК этих веществ на территории предприятия или в приземном слое атмосферы населенного пункта. Если уровень загазованности воздуха превышает ПДК вредных веществ, разрабатывают систему мероприятий по снижению выбросов, а затем производят повторный расчет загазованности с учетом запроектированных мероприятий.

Методы контроля. Контроль концентраций вредных примесей в атмосфере сводится к следующим операциям: отбор проб воздуха, подготовка пробы к анализу, анализ и обработка результатов.

Простым и распространенным способом накопления газовой или пылевой пробы является протягивание воздуха воздуходувными устройствами (аспиратор, эжектор, насос) с определенной скоростью, регистрируемой расходомерным устройством (реометр, ротаметр, газовые часы), через накопительные элементы, обладающие необходимой поглотительной способностью.

Отбор проб воздуха, содержащего твердые и жидкие аэрозоли, проводят либо методом фильтрации, либо при использовании центробежных, инерционных и электростатических сил, либо методом термодиффузии.

Метод фильтрации (для частиц размером свыше 0,1 мкм) основан на пропускании через фильтр определенного объема исследуемого воздуха при помощи аспирационного устройства. Выделение взвешенных частиц под действием сил инерции осуществляется в импакторах, что применимо для частиц размером более 0,5 мкм. Метод центробежного осаждения частиц пыли осуществляется в циклоне и позволяет выделить крупные частицы – более 1 мкм. Методы термодиффузии и электростатического осаждения позволяют выделить частицы размером свыше 0,01 мкм.

Отбор проб воздуха при анализе газо- и парообразных примесей осуществляется за счет протягивания воздуха через специальные твердые или жидкие поглотители, в которых газовая примесь конденсируется либо адсорбируется.

Для контроля запыленности часто используют гравиметрический (весовой) метод, который заключается в выделении частиц пыли из пылегазово-

го потока и определении их массы. Концентрацию пыли рассчитывают по формуле

$$c = \frac{m}{Q \cdot \tau}, \qquad (13.3)$$

где m – масса пробы пыли, мг;

Q – объемный расход воздуха через пробоотборник, $м^3/с$;

τ – время отбора проб, с.

Основные преимущества этого метода – получение массовой концентрации пыли и отсутствие влияния ее химического и дисперсного состава на результаты измерений. Однако метод отличается большой трудоемкостью и длительностью процесса измерения.

Для измерения концентрации промышленной пыли применяют также радиоизотопный и оптический метод. Кроме того используются автоматические анализаторы пыли, например ИКП-5.

Контроль концентраций газо- и паробразных примесей атмосферного воздуха производится с помощью газоанализаторов. Для экспрессного определения токсичных веществ используют универсальные газоанализаторы упрощенного типа (УГ-2, ГХ-2 и др.). В этих приборах при просасывании воздуха через индикаторные трубки, заполненные твердые веществом – поглотителем, происходит изменение окраски индикаторного порошка. Длина окрашенного слоя пропорциональна концентрации исследуемого вещества, измеряемой по шкале в мг/л. Универсальный газовый анализатор УГ-2, серийно выпускаемый отечественной промышленностью, позволяет определить концентрацию 16 различных газов и паров (H_2S, Cl_2, NH_3, NO_2, SO_3, CO_2, пары бензина, бензола, керосина и т.п.).

Выбор метода анализа загрязненного воздуха определяется природой примесей, а также ожидаемой концентраций и целью анализа.

Наблюдения за атмосферным воздухом проводят на различных уровнях – локальном, региональном и фоновом (глобальном).

Отличительная особенность **локального уровня** – тесная связь системы контроля источников загрязнения и их воздействия на окружающую среду с технологическими процессами. Это позволяет рассматривать систему экологического мониторинга техногенных воздействий в комплексе с мероприятиями по контролю и управлению технологическими процессами того или иного производства. В данном случае оценивают объекты техносферы в отличие от природных экосистем.

Структуру построения комплексного инженерно-экологического мониторинга **для регионального уровня** можно представить в виде сфер получения, обработки и отображения информации, а также сфер оценки и принятия решений.

Региональные инструментальные методы анализа основаны на автоматизированной системе контроля загрязнения воздуха в промышленном регионе или на нескольких предприятиях. Такая автоматизированная система

контроля позволяет получить по каналам связи (телефонным линиям) непрерывную информацию о концентрации примесей. Информация поступает от автоматических газоанализаторов, установленных в различных местах региона или вокруг крупных промышленных объектов, иногда на конкретных технологических установках. Информация, полученная по каналам автоматической телефонной сети, в центре сбора выводится на индикационное табло, а затем обрабатывается по специальной программе.

Если в отдельных пунктах отмечается повышение концентраций примесей, то по данным о метеорологических параметрах (в частности, о силе ветра) можно судить, чем это вызвано, и от какого источника поступают примеси, затем передать указания о необходимости сокращения выбросов данному источнику. Особое значение такие системы имеют для территориально-производственных комплексов, включающих многие предприятия различных типов, связанных единым технологическим циклом, сырьевыми, энергетическими и другими транспортными потоками.

В крупных городах страны контроль состояния окружающей среды ведут автоматизированные системы качества атмосферного воздуха (АНКОС-АГ) и водоемов (АНКОС-ВГ). Наличие непрерывной информации о состоянии ОС позволяет принимать необходимые меры по устранению чрезмерных загрязнений, путем сокращения выбросов промышленных предприятий и (или) снижения плотности движения автотранспорта.

Глобальный мониторинг осуществляется в основном зондированием атмосферы. Для этого используют оптическую и радиолокационную аппаратуру, которая позволяет определить на разных высотах атмосферы такие загрязнения, как CO, CO_2, CH_4, NH_x.

Для регистраций выбросов промышленных предприятий, а также исследования загрязнений атмосферы применяют лазерные методы, в которых учитывается рассеивание излучения лазера частицами аэрозолей и молекулами газов. Рассеянная энергия попадает на приемную антенну локатора. Автоматизированные приборы для дистанционного анализа загрязнений атмосферы, сочетающие лазер и локатор, называют лидарами. С их помощью изучают пространственное распределение примесей в воздухе.

13.3.2 Контроль состава сточных вод

Контроль требований к нормативным показателям качества воды в водоемах осуществляют периодическим отбором и анализом проб воды (не реже одного раза в месяц).

Считается обязательным отбор проб непосредственно в месте водозабора и на расстоянии 1 км выше по течению для рек и каналов, а для озер и водохранилищ – на расстоянии 1 км от водозабора (в двух диаметрально противоположных точках). Наряду с анализом проб воды в лабораториях используют передвижные автоматические станции контроля качества воды, которые могут одновременно измерять 8–10 показателей (концентрацию рас-

творенного в воде кислорода, электрическую проводимость, pH, температуру, уровень воды, концентрацию взвешенных веществ, меди).

На очистных сооружениях машиностроительных предприятий осуществляют контроль состава исходных и очищенных сточных вод (1 раз в 10 дней), а также контроль эффективности работы очистных сооружений. Состав производственных сточных вод может значительно колебаться в зависимости от вида и режимов технологического процесса.

Контроль состава сточных вод заключается в измерении *органолептических* показателей воды, pH среды, содержания грубодисперсных (взвешенных) веществ, химического потребления кислорода (ХПК), количества растворенного в воде кислорода, биохимического потребления кислорода (БПК) и концентрации вредных веществ, для которых существуют нормируемые значения ПДК.

Из органолептических показателей контролируют цвет и запах. Качественную оценку цветности воды производят, сравнивая ее с дистиллированной водой. Количественно цветность устанавливают измерением оптической плотности воды на спектрофотомере при различных длинах волн проходящего света или определяют ее методом колориметрии, сравнивая с эталонной шкалой, имитирующей эту цветность (платино-кобальтовой или кобальто-дихроматной).

Значение pH в сточных водах определяют потенциометрическим методом (с помощью специальных приборов – pH-метров), основанным на том, что при изменении pH в жидкости на единицу, потенциал стеклянного электрода, опущенного в эту жидкость, изменяется на постоянную для данной температуры величину.

Контроль активной реакции среды сточных вод (pH) необходим не только на выходе из очистных сооружений, но и на входе в них, поскольку для обеспечения нормальной жизнедеятельности микроорганизмов, осуществляющих биохимическую очистку воды, требуется реакция среды, близкая к нейтральной (pH=6,5–8,5). При резком отклонении pH от этих значений процесс биохимической очистки может нарушиться и даже полностью прекратиться.

При определении грубодисперсных примесей в сточной воде измеряют массовую концентрацию механических примесей и фракционный состав частиц, для чего применяют фильтрование пробы сточной воды через специальные фотоэлементы, а также измерение количества «сухого» осадка. Кроме этих характеристик периодически вычисляют скорости всплывания (осаждения) механических примесей. Эти анализы особенно актуальны в период отладки очистных сооружений.

Под ХПК понимается величина, характеризующая общее содержание в загрязненной воде восстановителей, реагирующих с сильными окислителями. Выражается ХПК количеством кислорода, необходимым для окисления всех содержащихся в воде восстановителей. На практике окисление пробы сточной воды производится раствором бихромата калия в серной кислоте. Измерение ХПК осуществляют арбитражными методами, проводимыми

с большой точностью за длительный период времени, и ускоренными методами, применяемыми для ежедневных анализов с целью контроля работы очистных сооружений или состояния воды в водоеме при постоянном расходе и составе сточных вод.

Содержание растворенного кислорода измеряют после заключительного процесса очистки непосредственно перед сбросом воды в водоемы. Это необходимо знать для оценки коррозионных свойств воды, а также для вычисления биологической потребности кислорода. Из лабораторных методов наибольшее применение имеет иодометрический метод Винклера для обнаружения растворенного кислорода с концентрацией более 0,0002 кг/м^3. Меньшие концентрации кислорода измеряют колориметрическими методами, основанными на изменении интенсивности цвета соединений, образовавшихся в результате реакции между специальными красителями и сточной водой. Для автоматического измерения используются отечественные приборы: ЭГ-15-003 с пределами измерений 0–0,1 кг/м^3; АКП-100,1 с 0,01–0,02 кг/м^3, а также «Оксиметр» с пределами измерения 0–0,01 и 0,01–0,02 кг/м^3.

БПК – показатель, используемый для характеристики степени загрязнения сточных вод органическими примесями, способными разлагаться микроорганизмами с потреблением кислорода. БПК показывает, какое количество кислорода (мг·л$^{-1}$) расходуется аэробными микроорганизмами на окисление органических примесей (аэробный микроорганизм – способный жить и развиваться только в присутствии кислорода).

Полное биохимическое окисление органических веществ в воде требует длительного времени. В лабораторных условиях обычно определяют биохимическое потребление кислорода за 5 суток ($БПК_5$) на основе анализа изменения количества растворенного кислорода с течением времени.

Измерение концентрации вредных веществ, для которых установлены ПДК, проводят на различных ступенях технологической схемы очистки, в том числе перед выпуском сточной воды в водоем.

13.3.3 Методы контроля в почвенном мониторинге

Загрязнение почвы связано как с промышленным (выбросы, сбросы, отходы), так и с сельскохозяйственным производством (сточные воды, топливо и смазочные материалы, удобрения и пестициды).

Почвенный (агроэкологический) мониторинг является наиболее сложным и трудоемким. Если при контроле воздуха или вод основное внимание обращается на вредные или токсичные примеси, то при почвенном мониторинге приходится контролировать многие параметры, характеризующие систему в целом, выявлять признаки, указывающие на снижение почвенного плодородия.

Основные показатели, которые оцениваются в процессе агроэкологического мониторинга – кислотность, потеря гумуса, засоление, загрязнение нефтепродуктами.

Кислотность определяют по значению водородного показателя (pH) в водных растворах почвы. Значение pH измеряют с помощью pH-метра или потенциометра. Оптимальные диапазоны pH для растений от 5,0 до 7,5. Если водородный показатель меньше 5, то прибегают к известкованию почв, при pH более 7,5–8 используют химические средства для снижения pH.

Контроль содержания **гумуса** входит в число первоочередных задач. Содержание гумуса определяют по окисляемости органического вещества. К навеске почвы добавляют окислитель и кипятят. При этом органическое вещество, входящее в состав гумуса, окисляется до CO_2 и H_2O. По количеству израсходованного окислителя рассчитывают содержание в почве гумуса.

В последнее время применяют анализаторы углерода, в которых производится сухое сжигание органического вещества в токе кислорода с последующим определением количества выделившегося CO_2.

Антропогенное **засоление** почв проявляется при недостаточно научно обоснованном орошении, строительстве каналов и водохранилищ, при неправильной агротехнике и др. Химически оно проявляется в увеличении содержания в почвах и почвенных растворах легкорастворимых солей. Наиболее простой и быстрый метод обнаружения солей основан на измерении электрической проводимости, так как известно, что растворы солей являются электролитами.

При контроле загрязнения почв **нефтепродуктами** (в районах нефтепромыслов и нефтеперерабатывающих предприятий) решаются три основные задачи:

1) определяются масштабы (площади) загрязнения;
2) оценивается степень загрязнения;
3) выявляется наличие токсичных и канцерогенных соединений.

Первые две задачи решаются дистанционными методами, к которым относится аэрокосмическое измерение спектральной отражательной способности почв. По изменению окраски или плотности почернения на аэрофотоснимках можно определить размеры загрязненной территории, конфигурацию площади загрязнения, а по снижению коэффициента отражения оценить степень загрязнения.

В лабораторных условиях степень загрязнения находят по количеству содержащихся в почве углеводородов, которое определяется методами хроматографии (разделение соединений на основе распределения вещества между двумя фазами – неподвижной с большой поверхностью и подвижной, протекающей через неподвижную фазу). Как известно, источниками углеводородов в почве являются нефть и нефтепродукты.

В целом, почвенный мониторинг основан на следующих принципах:

1) разработка методов контроля за наиболее уязвимыми свойствами почв, изменение которых может вызвать потерю плодородия, ухудшение качества растительной продукции, деградацию почвенного покрова;

2) постоянный контроль важнейших показателей почвенного плодородия;

3) ранняя диагностика негативных изменений свойств почвы;

4) разработка методов контроля сезонной динамики почвенных процессов с целью прогноза ожидаемых урожаев и оперативного регулирования развития сельскохозяйственных культур, за изменением свойств почвы при длительных антропогенных нагрузках.

13.4 Экологический паспорт природопользователя

В улучшении экологических показателей промышленных предприятий, рациональном использовании ими природных ресурсов существенную роль играет введенный с 1 января 1990 г. для каждого предприятия **экологический паспорт**. Экологический паспорт дополняется и корректируется при изменении технологии производства, замене оборудования и т. п. в течение месяца со дня изменений. Существует ГОСТ 17.0.0.06-2000 «Охрана природы. Экологический паспорт природопользователя. Основные положения. Типовые формы».

Природопользователь разрабатывает экопаспорт за счет собственных средств. Экопаспорт должен быть утвержден руководителем природопользователя и согласован с территориальным подразделением специально уполномоченного государственного органа Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды.

При заполнении форм экопаспорта следует пользоваться технологическими планировками, операционными картами, технологическими инструкциями природопользователя, государственными стандартами и техническими условиями на основные и вспомогательные материалы и другими нормативными документами.

Информационная база экопаспорта должна поддерживаться в режиме постоянной корректировки. В случае перепрофилирования или изменения технологии производства, замены оборудования, сырья или материалов, сокращения или увеличения количества источников вредного воздействия на окружающую природную среду, изменения формы собственности и пр. природопользователь должен вносить дополнения или корректировки в экопаспорт. Уровень заполнения экопаспорта, а также работы, связанные с изменением техногенного воздействия на окружающую природную среду (кроме ремонтных работ), должны быть согласованы природопользователем с территориальным подразделением специально уполномоченного государственного органа Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды.

Ответственность за достоверность информации и полноту заполнения таблиц и разделов экопаспорта и вносимых изменений несет руководитель природопользователя.

Информационная база экопаспорта может быть использована для разработки проектов нормативов предельно допустимых выбросов (сбросов), лимитов размещения отходов, для заполнения форм государственной статистической отчетности типа 2ТП-воздух, 2ТП-водхоз, 2ТП-токсичные отходы

и др., для расчета платы за загрязнение окружающей природной среды, установления налоговых льгот и других целей.

Экопаспорт следует разрабатывать и вести с использованием персональных ЭВМ. При этом должна быть предусмотрена возможность контроля за изменением информационной базы экопаспорта и сопоставления отдельных экологических показателей в течение пяти лет. Контроль правильности разработки и ведения экопаспорта осуществляет территориальное подразделение специально уполномоченного государственного органа Российской Федерации в области охраны окружающей природной среды.

Экопаспорт содержит следующие структурные элементы:

– титульный лист;

– сведения о разработчике экопаспорта;

– содержание;

– общие сведения о природопользователе;

– эколого-экономические показатели;

– сведения о выпускаемой продукции;

– краткую характеристику производств;

– сведения о потреблении энергоносителей;

– эколого-производственные показатели;

– сведения о землепользовании;

– сведения о разрешениях (лицензиях) на природопользование и природоохранную деятельность;

– план природоохранных мероприятий;

– список использованных источников информации.

Рекомендации по заполнению разделов ЭП содержится непосредственно в указанном ГОСТе и его приложении.

ТЕМА 14. ПРИРОДОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРОИЗВОДСТВ

14.1 Экологические требования при проектировании и строительстве промышленных объектов

Строительство представляет собой область трудовой деятельности людей с высокой степенью экологической ответственности.

Крупномасштабное строительство промышленных объектов во всех отраслях народного хозяйства обуславливает многоаспектный характер техногенного воздействия на биосферу и, прежде всего, литосферу.

Экологическая защищенность природных ландшафтов в регионе строительства достигается за счет повышения качества и надежности сооружаемых объектов, эффективных технических, технологических и организационных решений и методов. Здесь главное направление – максимально индустриальные способы строительства.

Экологический ущерб, наносимый ОС в процессе строительства, не ограничивается загрязнением воздуха, воды, почв, уничтожением флоры и фауны. В ряде случаев рост нагрузок на грунты приводит к просадкам, оползням, заводнению, что угрожает устойчивости возводимого объекта.

В отводимой под строительство территории должны быть сохранены элементы природной среды.

При выборе строительных площадок рекомендуется использовать земли, непригодные для других целей (сельское хозяйство, добыча ископаемых, памятники истории и культуры и т.д.). Особо оговариваются условия, ограничивающие застройку в лесных, курортных, водоохранных и загрязненных зонах, кроме специальных зданий и сооружений.

Вокруг городов и промышленных центров предусматривается обязательное создание защитных зеленых зон.

На этапе проектирования закладывается уровень экологической безопасности и возможные материальные затраты на его устойчивое сохранение в процессе функционирования промышленной экосистемы.

До настоящего времени отсутствуют единые методы природосберегающего проектирования и технологического нормирования с экологической ответственностью.

Требования к качеству проектируемых объектов определяют эксплуатационные характеристики (прочность, устойчивость, герметичность, безотказность и др.) а, следовательно, и уровень экологической безопасности как меру воздействия объекта на ОС.

Основной критерий формирования экологически рационального промышленного объекта – минимум возможных антропогенных изменений на этапе функционирования промышленной экосистемы.

Возможные антропогенные состояния объектов природы являются мерой экологической чистоты данного промышленного производства.

Требование экологической чистоты при создании объектов и промышленных производств продиктовано необходимостью минимального отрицательного воздействия на окружающую природную среду.

Исходной предпосылкой создания экологически чистого объекта является проектирование с экологической ответственностью, при котором нормы ПДВ строго обоснованны с позиций заданных ПДК.

При решении о строительстве и вводе какого-либо промышленного объекта (либо при реконструкции действующего объекта, либо при необходимости принятия решения о дальнейшем функционировании объекта) делаются расчеты предельно допустимых выбросов (ПДВ), или стоков (ПДС), или воздействий (ПДВ), учитывающие экологическую ситуацию на территории, где предполагается разместить (или размещен) объект.

Проводится анализ природно-климатических факторов для определения тенденций повышения или понижения концентрации вредных веществ на данной территории. Для этого используется база данных (БД 1) многолетних климатических наблюдений и характеристик исследуемой территории.

Учитываются размеры территорий (зоны влияния) в зависимости от того, каков характер анализируемых выбросов, стоков или воздействий. Например, для веществ в стоках необходимо рассматривать весь нижележащий путь водного стока (реки); для выбросов (Чернобыль) надо учитывать размеры территорий в тысячи км^2, а для выбросов летучих элементов этого делать не надо. Для выбросов тяжелых элементов имеются статистические данные о скорости их осаждения с учетом ветра и т. п.

Затем анализируется экологическая ситуация данной территории: фоновые значения концентраций вредных веществ (БД 2 или прямые измерения).

Сопоставляя фоновые концентрации, климатические характеристики и значения ПДК (БД 3), рассчитывают ПДВ или ПДС для данной территории по списку интересующих веществ. Результаты получают в виде суммарной массы допустимых годовых поступлений вредных веществ и скорости их поступления в окружающую среду.

На следующем этапе учитываются все имеющиеся (известные) поступления ВВ от действующих на территории промышленных объектов (источников ВВ). Таким образом, сопоставляются масса поступающих в окружающую среду ВВ и их фоновые концентрации. В результате получают оценки допустимых добавочных поступлений для этих веществ в ОС.

Эти значения сопоставляются с проектными (расчетными) значениями выбросов или стоков конкретных ВВ от рассматриваемого промышленного объекта, планируемого к строительству (подлежащего реконструкции или паспортизируемого).

Затем принимается решение разрешающее или запрещающее строительство.

14.2 Рациональное размещение промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Санитарно-защитная зона

В защите ОС важную роль играет рациональное размещение источников загрязнений:

1) вынесение промышленных предприятий из крупных городов в малонаселенные пункты с непригодными и малопригодными для сельскохозяйственного использования землями;

2) расположение промышленных предприятий с учетом топографии местности и розы ветров;

3) установление санитарно-защитных зон (СЗЗ) вокруг промышленных предприятий;

4) рациональная планировка городской застройки.

Взаимное расположение предприятий и населенных пунктов определяется по средней розе ветров теплого периода года. Промышленные объекты должны располагаться за чертой населенных пунктов и с подветренной стороны от жилых массивов, чтобы выбросы уносились в сторону от жилых кварталов.

Здания и сооружения промышленных предприятий обычно размещаются по ходу производственного процесса. При недостаточном расстоянии между корпусами загрязняющие вещества могут накапливаться в межкорпусном пространстве, которое оказывается в зоне аэродинамической тени.

Требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» предусмотрено, что объекты, являющиеся источниками выделения в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ, следует отделить от жилой застройки санитарно-защитными зонами.

Размеры СЗЗ до границы жилой застройки устанавливаются в зависимости от мощности предприятия, условий осуществления технологического процесса, характера и количества выделяемых в окружающую среду вредных и неприятно пахнущих веществ.

Для промышленных объектов и производств, сооружений, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов, а также с учетом предусматриваемых мер по уменьшению неблагоприятного влияния их на среду обитания и здоровье человека в соответствии с санитарной классификацией промышленных объектов и производств устанавливаются следующие ориентировочные размеры санитарно-защитных зон:

– промышленные объекты и производства первого класса – 1000 м;

– промышленные объекты и производства второго класса – 500 м;

– промышленные объекты и производства третьего класса – 300 м;

– промышленные объекты и производства четвертого класса – 100 м;

– промышленные объекты и производства пятого класса – 50 м.

Машиностроительные предприятия по степени воздействия на окружающую среду в основном относятся к классам IV и V.

Предприятия с технологическими процессами, не выделяющими в атмосферу вредных веществ, допускается размещать в пределах жилых районов.

При неблагоприятных аэрологических условиях для рассеивания выбросов в атмосферу, при отсутствии или недостаточной эффективности очистных устройств СЗЗ может быть увеличена. Размеры СЗЗ могут быть уменьшены при изменении технологии или внедрении высокоэффективных и надежных очистных устройств.

СЗЗ нельзя рассматривать как резервную территорию предприятия и использовать для расширения промышленной площадки. На территории СЗЗ **можно размещать**:

– объекты с производствами меньшего класса вредности, чем производство, для которого установлена СЗЗ;

– пожарное депо, гаражи, склады, административные здания, магазины, столовые, научно-исследовательские лаборатории, поликлиники, насосные станции, стоянки для транспорта, линии электропередач, нефте- и газопроводы, объекты технического водоснабжения.

На территории СЗЗ **нельзя размещать**: детские учреждения, школы, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения, стадионы и спортплощадки, жилые здания.

Территория СЗЗ должна быть озеленена газоустойчивыми породами деревьев и кустарников.

В частности для объектов и производства агропромышленного комплекса и малого предпринимательства установлены следующие СЗЗ.

Класс I – санитарно-защитная зона 1000м.

1. Свиноводческие комплексы.

2. Птицефабрики с содержанием более 400 тыс. кур-несушек и более 3 млн. бройлеров в год.

3. Комплексы крупного рогатого скота.

4. Открытые хранилища навоза и помета

Класс II – санитарно-защитная зона 500 м.

1. Свинофермы от 4 до 12 тыс. голов.

2. Фермы крупного рогатого скота от 1200 до 2000 коров и до 6000 скотомест для молодняка.

3. Фермы звероводческие (норки, лисы и др.).

4. Фермы птицеводческие от 100 до 400 тыс. кур-несушек и от 1 до 3 млн. бройлеров в год.

5. Открытые хранилища биологически обработанной жидкой фракции навоза.

6. Закрытые хранилища навоза и помета.

7. Склады для хранения ядохимикатов свыше 500 т.

8. Производства по обработке и протравлению семян.

9. Склады сжиженного аммиака.

Класс III – санитарно-защитная зона 300 м.

1. Свинофермы до 4 тыс. голов.

2. Фермы крупного рогатого скота менее 1200 голов (всех специализаций), фермы коневодческие.

3. Фермы овцеводческие на 5–30 тыс. голов.

4.Фермы птицеводческие до 100 тыс. кур-несушек и до 1 млн. бройлеров.

5. Площадки для буртования помета и навоза.

6. Склады для хранения ядохимикатов и минеральных удобрений более 50 т.

7. Обработка сельскохозяйственных угодий пестицидами с применением тракторов (от границ поля до населенного пункта).

8. Звероферм ы.

9. Гаражи и парки по ремонту, технологическому обслуживанию и хранению грузовых автомобилей и сельскохозяйственной техники.

Класс IV – санитарно-защитная зона 100м.

1. Тепличные и парниковые хозяйства.

2. Склады для хранения минеральных удобрений, ядохимикатов до 50 т.

3. Склады сухих минеральных удобрений и химических средств защиты растений (зона устанавливается и до производств по переработке и хранению пищевой продукции).

4. Мелиоративные объекты с использованием животноводческих стоков.

5. Цехи по приготовлению кормов, включая использование пищевых отходов.

6. Хозяйства с содержанием животных (свинарники, коровники, питомники, конюшни, звероферм ы) до 100 голов.

7. Склады горюче-смазочных материалов.

Класс V – санитарно-защитная зона 50 м.

1. Хранилища фруктов, овощей, картофеля, зерна.

2. Материальные склады.

3. Хозяйства с содержанием животных (свинарники, коровники, питомники, конюшни, звероферм ы) до 50 голов.

14.3 Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) и экологическая экспертиза проектов

Чтобы оценить степень экологической опасности, проводят оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС) и государственную экологическую экспертизу отдельных производств и предприятий.

ОВОС – это процедура учета экологических требований **при планировании** хозяйственной деятельности, а **государственная экологическая экспертиза** – это обязательная процедура контроля учета экологических требований **при подготовке** решения о реализации этой деятельности.

Государственная экологическая экспертиза является формой контроля соблюдения правил ОВОС, поэтому экспертиза проводится после проведения ОВОС.

ОВОС организуется и осуществляется с целью выявления и принятия необходимых и достоверных мер по предупреждению возможных неприемлемых для общества экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий реализации хозяйственной и иной деятельности.

ОВОС проводится при подготовке и принятии решения о развитии хозяйственных и иных объектов, которые могут оказать значительное неблагоприятное воздействие на ОС. Утвержденный перечень таких объектов содержит 33 наименования различных видов деятельности, для которых проведение ОВОС является обязательной процедурой. К числу таких видов относятся – строительство нефтеперегонных заводов, крупные ТЭЦ, АЭС, химические комбинаты, строительство автомагистралей, скоростных дорог, нефте- и газопроводов и т.д.

При планировании таких объектов заказчик проекта обязан представить в соответствующие государственные органы документацию, в которой анализируются экологические и другие последствия от реализации проекта. В этой документации должны быть отражены характер и степень воздействия на природные комплексы, а также экологические и связанные с ними социальные и экономические последствия намечаемой хозяйственной деятельности.

Для этого должен быть проведен анализ экологической ситуации в зоне возможного воздействия, то есть оценка и прогноз возможных изменений в природной среде вследствие строительства и эксплуатации объекта. Должна учитываться также вероятность воздействия аварийных ситуаций.

В представляемой документации должны быть проработаны природоохранные мероприятия по предотвращению экологически вредного воздействия проектируемого объекта, а также по оздоровлению ОС с учетом ликвидации последствий аварий.

При проведении ОВОС заказчик проекта обязан обеспечить участие заинтересованной общественности, которая уведомляется через средства массовой информации, с целью выявления всех возможных неблагоприятных последствий реализации намечаемой деятельности.

Окончательное решение о реализации проекта принимается после проведения государственной экологической экспертизы.

Экологическая экспертиза проектов - анализ, проверка и оценка проектной, конструкторской и технологической документации на соответствие установленным правилам и требованиям охраны окружающей среды.

Проводится для предупреждения возможных негативных воздействий проектируемых (или реконструируемых) объектов на ОС и для обеспечения благоприятного состояния ОС при эксплуатации этих объектов. Существует Закон РФ «Об экологической экспертизе», инструкция «О порядке проведения государственной экологической экспертизы».

Для проведения экспертизы (в зависимости от уровня проектов) Государственным природоохранным ведомством (Минприроды РФ), или заказчиком проекта, или оппонентами проекта создается экспертная комиссия (совет) с ведомственным подчинением либо независимая, в которой назначаются:

1) председатель комиссии, ответственный за проведение экспертизы – главный эколог;

2) эксперты-экологи – специалисты по научным направлениям и видам работ.

Для проведения экспертизы должны быть предоставлены материалы:

1) краткая характеристика района строительства с учетом физико-географических условий и природно-климатических особенностей, а также сведения (от Росгидромета) о существующих фоновых концентрациях ВВ в атмосферном воздухе;

2) перечень и характеристика источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;

3) карта-схема района размещения предприятия с указанием границ СЗЗ;

4) результаты расчета загрязнения атмосферного воздуха (по ОНД-86), анализ и предложения по предельно допустимым и временно согласованным выбросам;

5) намеченные решения по предотвращению выбросов и выбору оборудования для локализации и очистки выбросов;

6) нормативы ПДК загрязняющих веществ, которые будут выбрасываться в атмосферу;

7) расчеты выбросов с суммирующимися вредными воздействиями на объекты ОС;

8) предложения по предотвращению аварийных сбросов сточных вод, по предельно допустимым и временно согласованным сбросам сточных вод;

9) данные об объемах отходов производства, а также мероприятия по их переработке и утилизации;

10) решения по снижению производственных шумов и вибраций;

11) другие защитные мероприятия (по предупреждению загрязнения водоемов, рыбозащитные мероприятия, охрана недр, рекультивация земель).

То есть основой для проведения экспертизы являются нормативные показатели – ПДВ в атмосферу, ПДС в гидросферу, нормативы образования и лимиты размещения отходов, а также ПДУ физических воздействий – шума, вибрации и т. д.

Эколого-экспертные органы анализируют объективность отражения сложившейся экологической обстановки в районе размещения объекта, правильность определения характера источников загрязнения ОС и их выбросов в атмосферу, водоемы и почву, а также предусматриваемые мероприятия по предупреждению возможного экологического ущерба.

По результатам экологической экспертизы составляется **экспертное заключение**, состоящее из трех частей:

1) вводной (протокольной);
2) констатирующей (описательной);
3) заключительной (оценочно-обобщающей).

После экспертного одобрения проекта может открываться финансирование на строительство. Не допускается утверждение проекта предприятия без проведения экологической экспертизы.

14.4 Понятие экологического аудита

Экологический аудит получил свое развитие только в последние годы.

Аудит – это систематическая документированная процедура для определения того, насколько деятельность организации удовлетворяет существующим требованиям.

Служба экологического аудирования предоставляет информацию о степени экологической опасности того или иного объекта и о размере потенциального экологического ущерба.

Экологический аудит представляет **новый экономический механизм защиты окружающей среды.** Система экологического аудита уже давно изучается в США и Великобритании. Его концепция, сформулированная в конце 70-х годов, была призвана ужесточить меры по экологическому контролю из-за участившихся аварий на химических производствах. Основной целью аудита была проверка деятельности компании существующим законам и нормативам.

Экологический аудит и анализ деятельности и отчетности предприятия проводятся уполномоченными на то юридическими (аудиторская организация) или физическими (эколог-аудитор) лицами для определения их соответствия действующему экологическому законодательству, нормативным актам, стандартам, сертификатам, правилам, требованиям, постановлениям и предписаниям государственных природоохранных органов по обеспечению экологической безопасности, для проведения консультаций и выдачи рекомендаций.

Цель экологического аудита:

1) оценка воздействия и прогнозирования экологических последствий деятельности объекта на ОС;

2) установление соответствия его деятельности требованиям природоохранного законодательства и нормативных документов;

3) определение основных направлений обеспечения экологической безопасности производства, повышения эффективности природоохранной деятельности.

Основная **задача** аудита – оценка экологической безопасности производства и выполнения экологических требований (в определенных случаях).

При анализе природоохранной деятельности промышленных предприятий используют следующие методы экологического аудита:

1) Метод анкетирования – метод обзора, анализа, оценки и ранжирования экологических проблем, позволяющий разрабатывать конкретные ре-

комендации. Его суть – в составлении перечня направлений экологической деятельности предприятия при проведении мониторинга, контроля и управления; в сборе данных для оценки эффективности этой деятельности и разработке рекомендаций по повышению эффективности деятельности предприятия.

2) Метод материальных балансов и технических расчетов – составление и анализ материальных балансов основных компонентов сырья и материалов, воды, загрязняющих веществ (баланс – соотношение прихода и расхода). Он позволяет оценить фактическое воздействие на ОС не только производства в целом, но и отдельных источников вредного воздействия, систем регулирования сброса и выброса загрязняющих веществ, систем размещения и удаления отходов, систем мониторинга.

Составляются обобщенные и детальные балансовые схемы материальных потоков.

3) Картографические методы – состоят в разработке и использовании аудиторских ситуационных планов промышленных площадок и карт-схем территорий (на основании любых черно-белых копий генпланов, геодезических съемок, топографических карт и т. д.).

Территория промышленных районов характеризуется обозначением предприятий как обобщенных точечных источников сброса, выброса загрязняющих веществ, образования отходов и мест размещения отходов.

Методы фото- и видеосъемки могут применяться как дополнительно к картографическим, так и самостоятельно. Зачастую только результаты съемки способны наглядно и быстро показать существующую экологическую ситуацию (видимые изменения ОС и т. д.).

Области применения экологического аудита. Экологический аудит необходим:

– при приватизации предприятий (перепродаже новым владельцам);

– при выдаче лицензий в области охраны ОС;

– при выдаче лицензий на пользование недрами;

– при экологическом страховании;

– при подготовке соглашения о разделе продукции;

– при разработке планов экологического образования, просвещения, воспитания.

Экологический аудит может оказаться эффективным механизмом при разработке экопаспорта предприятия.

Аудиторское заключение состоит из трех частей: вводной, аналитической и итоговой. По результатам проведенного экоаудита аудиторская фирма выражает мнение о соответствии документации, представленной природопользователем, законодательству и нормативным документам в форме безусловно положительного, условно положительного или отрицательного заключения, либо отказывается в аудиторском заключении от своего мнения (при этом фирма должна дать объяснение того, что понимается под соответствием).

Таким образом, экологический аудит позволяет сформировать правильное представление о воздействии предприятия на ОС. В зависимости от ситуации он помогает улучшить отношения между предприятием и надзорными природоохранными органами, а также населением; добиться экономии средств; собрать данные, которые помогут дирекции модернизировать производственные процессы и оборудование, оценить эффективность природоохранных мероприятий, избежать гражданско-правовой ответственности за загрязнение ОС.

ТЕМА 15. ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

15.1 Оценка экологического ущерба

Антропогенное воздействие на среду обитания вызывает экологический ущерб, связанный с потерей природных ресурсов, гибелью природных экосистем, естественных ландшафтов, исчезновением отдельных видов и популяций растительного и животного мира, уменьшением многообразия природного мира, и социальные потери из-за нарушения привычного уклада жизни людей, разрушения сложившейся среды обитания.

Под **экологическим ущербом**, наносимым природной среде, понимают стоимостную оценку деградации (ухудшения) природных ресурсов и загрязнения ОС в результате человеческой деятельности.

Таким образом, эколого-экономический ущерб связан с деградацией природной среды и затратами на ее восстановление.

При снижении негативного антропогенного воздействия на ОС достигаются экологические, социальные и экономические результаты.

Экологический результат природоохранной деятельности выражается в уменьшении выбросов вредных веществ в ОС и уровня ее загрязнения, увеличении и улучшении качества пригодных к использованию земельных, лесных и водных ресурсов и т.п.

Социальный результат проявляется в улучшении физиологических, культурных, творческих и рекреационных условий жизни человека.

Экономический результат выражается в экономии или предотвращении потерь природных ресурсов, живого и овеществленного труда во всех сферах народного хозяйства и личного потребления.

Расчеты по определению экономического ущерба от загрязнения ОС (эколого-экономического ущерба) должны проводиться при планировании и проектировании природоохранных мероприятий (устройство систем очистки воздуха, создание санитарно-защитных зон, удаление источников загрязнения за пределы города, создание малоотходных технологий и т.п.)

Методики расчета экономического ущерба подразделяются на локальные и укрупненные.

Локальные – предусматривают расчет ущерба как сумму отдельных составляющих ущерба для различных объектов воздействия: населения, основных фондов промышленности, сельскохозяйственных угодий и т.д. Локальные методики сложны и дают хорошую точность лишь при наличии надежных исходных фактических данных. Например, трудно рассчитать ущерб здоровью населения из-за загрязнения ОС, так как трудно выявить «экологические» заболевания на фоне других.

Укрупненные методики проще и позволяют оценить экономический ущерб приближенно. Например, годовой экономический ущерб $У$ (руб./год), связанный с выбросами и сбросами предприятий в ОС, оценивают по формуле

$$У = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M_{усл.}\text{, руб./год,} \qquad (15.1)$$

где γ – константа (руб./усл.т), устанавливаемая отдельно для выбросов и сбросов, причем ее значение для сбросов примерно в 160 раз выше, чем для выбросов;

σ – безразмерный показатель относительной опасности загрязнения (зависит от вида загрязняемой территории, от загрязняемого водохозяйственного участка);

f – безразмерный коэффициент (поправка), учитывающий характер рассеивания загрязняющихся выбросов (изменяется в зависимости от высоты и температуры выброса; для сбросов f=1);

$M_{усл.}$ – приведенная масса выбросов и сбросов загрязнений из источника в год, усл. т/год:

$$M_{усл} = \sum_{1}^{n} A_i m_i, \qquad (15.2)$$

где m_i – масса i-го вещества в сбросе или выбросе, т/год;

n – количество загрязняющих веществ в выбросе или сбросе;

A_i – относительная опасность (агрессивность) i-го вещества, усл. т/т;

$$A_i = \frac{1}{ПДК_i}, \qquad (15.3)$$

где $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i-го вещества.

Некоторые ущербы подсчитываются сравнительно просто. Например, экономический ущерб от аварии, имеющей локальный характер, можно оценить как сумму затрат на локализацию аварии, ликвидацию ее последствий, восстановление объекта, компенсации семьям погибших, лечение пострадавших.

Оценка экономического ущерба от загрязнения ОС является основой при разработке природоохранных мероприятий.

15.2 Плата за пользование природными ресурсами

Законом РФ «Об охране окружающей среды» предусмотрены два вида платы:

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

Платежи были введены в период рыночной реформы после отмены исключительной государственной собственности на землю и другие ресурсы и превращения их в объекты гражданско-правовых сделок. Предполагается, что платность природных ресурсов повысит материальную заинтересованность производственников в их эффективном использовании и сохранении, появятся дополнительные средства на их восстановление и воспроизводство.

Плата за природные ресурсы (земля, недра, вода, лес, животный мир и др.) взимается:

– за право пользования в пределах установленных лимитов;

– за сверхлимитное и нерациональное использование;

– на воспроизводство и охрану ресурсов.

Плата за землю. Плату за землю регламентирует Федеральный закон «О плате за землю». Доля средств от налога и арендной платы за землю, согласно этому закону, уточняется постановлениями органов исполнительной власти субъектов РФ.

Земельный налог взимается со всех землепользователей. Средства распределяются в бюджет региона и федеральный бюджет. Земельный налог фактически является платой за право пользования землей и не стимулирует рационального землепользования.

Налог на городские земли уплачивается на основании средних ставок, приведенных в приложении к закону. Средние ставки дифференцируются по зонам градостроительной ценности территории городов. Границы зон определяются в соответствии с экономической оценкой территории и генеральными планами городов.

Плата за пользование недрами. Согласно Закону «О недрах», предоставление недр в пользование оформляется специальным государственным решением в виде лицензии и является платным.

Платежи за пользование недрами поступают в федеральный бюджет и бюджеты субъектов Федерации (на воспроизводство минерально-сырьевой базы). Порядок и условия взимания платежей устанавливаются Правительством РФ, размер платежей определяется при предоставлении лицензий на право пользования недрами.

В соответствии с данным законом следующие категории пользователей недр в городах **освобождены от платежей**:

– метрополитенные службы (и управления);

– организации, осуществляющие работы по шахтостроению, осушению шахт и прочие горнопроходческие работы, включая строительство метрополитена;

– организации, осуществляющие прокладку наружных коммуникаций (водопроводов, канализации и др.), магистральных нефте- и газопроводов, теплофикацию, строительство железных и автомобильных дорог, городских дорог, мостов, строительство линий связи и радиофикацию;

– организации по эксплуатации водопроводных распределительных сетей, по эксплуатации канализационных сетей;

– организации по эксплуатации газовых распределительных сетей для распределения газа на коммунально-бытовые нужды и населению;

– организации по эксплуатации тепловых распределительных сетей (теплосетей) для распределения тепла на коммунально-бытовые нужды и населению.

Предусмотрено увеличение ставок платежей в два раза за сверхнормативные потери при добыче полезных ископаемых.

Плата за воду. В соответствии с Законом РФ «Об основах налоговой системы в РФ» промышленные предприятия за забор воды из водохозяйственных систем вносят в бюджет плату за воду.

Порядок исчисления и применения нормативов платы определяется Правительством РФ.

В 1998 году принят Закон РФ «О плате за пользование водными объектами». Этим законом установлены плательщики, объекты платы, минимальные и максимальные ставки платы для РФ в целом, льготы по плате и др.

Плата за пользование водными объектами (водный налог), за забор воды и сброс сточных вод вносится ежемесячно, за использование акватории – ежеквартально.

Внесение платы за пользование природными ресурсами не освобождает от выполнения мероприятий по охране ОС и возмещения вреда, причиненного экологическим правонарушением.

15.3 Плата за загрязнение окружающей среды

Плата за загрязнение представляет собой форму компенсации (возмещения) экономического ущерба от выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, а также за размещение отходов на территории РФ.

Эта плата призвана стимулировать снижение или поддержание выбросов и сбросов в пределах нормативов, утилизацию отходов, а также проектирование и строительство природоохранных объектов, то есть является **экономическим механизмом** регулирования и стимулирования деятельности предприятий в области безопасности производства.

Плата за загрязнение ОС отнесена Законом «Об основах налоговой системы в РФ» к налоговым платежам. Установлены цены за каждую тонну отдельного загрязняющего вещества, что позволяет яснее представить ущерб, наносимый именно этим веществом, и принять меры к уменьшению содержания данного вещества в сбросах и выбросах.

Платежи за загрязнение – вид налогообложения, при котором облагаемой величиной является масса загрязнений, независимо от других результатов хозяйственной деятельности предприятия. Платежи за загрязнение нельзя рассматривать как полную компенсацию наносимого ущерба. Их внесение не освобождает предприятие от возмещения ущерба по возможным искам организаций и граждан за причиненный ущерб.

Определены **три вида платежей** за загрязнение ОС:

1) за не превышающие предельно допустимые нормативы объема выбросов, сбросов загрязняющих веществ и размещения отходов (а также уровни вредного воздействия);

2) в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов);

3) за сверхлимитное загрязнение ОС (штрафы).

В настоящее время плата взимается за выброс в атмосферу загрязняющих веществ от передвижных и стационарных источников; за сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, за размещение твердых и жидких отходов.

Установлены **два вида базовых нормативов (ставок)** платы:

1) в пределах допустимых нормативов (ПДВ, ПДС, т/год) – за выбросы, сбросы и др. виды вредного воздействия;

2) в пределах установленных предприятию лимитов (ВСВ, ВСС – временно согласованных выбросов и сбросов, т/год) – за выбросы, сбросы, размещение отходов и др. виды вредного воздействия.

За сверхлимитный выброс, сброс, превышающий ВСВ и ВСС, ставка платы повышается в 5 раз по отношению к ставке платы в пределах установленных лимитов.

Из-за отсутствия действующих нормативов предельно допустимых объемов размещения отходов нормативы платы за размещение отходов устанавливаются за объемы размещения в пределах установленных лимитов.

Лимитом размещения отходов является разница между планируемыми объемами образования отходов и планируемыми объемами их использования.

Базовые нормативы (ставки) платы устанавливаются по каждому веществу с учетом его опасности для окружающей среды. Базовые нормативы платы условно можно назвать «ценой вещества» – $Ц_i$, руб/т.

Ставки платежей, взимаемых с предприятий, определяются умножением базовых нормативов на региональные коэффициенты $К_э$, учитывающие экологическую ситуацию, природно-климатические особенности территорий и экологическую значимость атмосферы в данном регионе.

Таким образом, начисление годовых платежей можно рассчитать по следующим формулам:

1) плата ($П_н$) для загрязнения в пределах норматива – ПДВ, ПДС ($M_i \le M_{нi}$)

$$П_н = К_э \sum_{i=1}^{J} Ц_{нi} M_i \text{ , руб.} \qquad (15.4)$$

2) плата ($П_л$) для загрязнения в пределах лимита – ВСВ, ВСС ($M_{нj} \le M_j \le M_{лj}$)

$$П_л = К_э \sum_{j=1}^{J} Ц_{лj} (M_j - M_{нj}) \text{ , руб.} \qquad (15.5)$$

3) плата ($П_{сл}$) для загрязнения сверх лимита – сверх ВСВ и ВСС ($M_k - M_{лk}$)

$$П_{сл} = 5 \sum_{к=1}^{к} Ц_{лk} (M_k - M_{лk}) \text{ , руб.} \qquad (15.6)$$

где $К_э$ – региональный коэффициент экологической ситуации;

i, j, k – номер вещества, загрязняющего ОС в пределах норматива, лимита и сверх лимита;

I, J, K – число веществ, загрязняющих ОС в пределах норматива, лимита и сверх лимита;

$Ц_{нi}$, $Ц_{лj}$, $Ц_{лk}$ – базовые нормативы платы (цена вещества) в пределах норматива и лимита по каждому *i, j, k* загрязняющему веществу, руб./т;

M_i, M_j, M_k – фактическая масса загрязнения (выброса, сброса) *i, j, k* вещества, т;

$M_{нi}$, $M_{нj}$ – выброс (сброс) *i* и *j* загрязняющего вещества в пределах установленного норматива (ПДВ, ПДС), т;

$M_{лj}$, $M_{лk}$ – выброс (сброс) *j* и *k* загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (ВСВ, ВСС), т.

Общая плата за загрязнения ОС выбросами (сбросами) стационарных источников определяется по формуле

$$П = П_н + П_л + П_{сл}. \quad (15.7)$$

Годовой размер платы предприятия за выброс всех загрязняющих веществ в атмосферу и в водные источники, за размещение отходов определяется суммированием соответствующих плат по всем видам загрязнения природной среды.

Источники платы за загрязнение ОС:

1) **за счет себестоимости** продукции осуществляются платежи в пределах допустимых нормативов выбросов, сбросов, размещения отходов;

2) **за счет прибыли,** остающейся в распоряжении предприятия, осуществляются платежи за превышение допустимых нормативов.

Платежи за загрязнения ОС от предприятий и учреждений перечисляются в экологические фонды (местный, областной, федеральный) и в федеральный бюджет (ежеквартально).

ПРИЛОЖЕНИЯ

МЕТОДИКИ ОСНОВНЫХ РАСЧЕТОВ В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Задание 1 Расчеты рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере от одиночных стационарных источников загрязнения.

1.1 Методика расчетов

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере, высоты трубы (Н) и предельно допустимых выбросов (ПДВ) от одиночных стационарных источников загрязнения атмосферы (ИЗА) выполняются по ОНД-86. Они проводятся в нашем случае для ИЗА, расположенного в Ростовской области на ровной и слабопересеченной местности. При этом ИЗА имеет одну дымовую трубу высотой H, м, с диаметром устья $Д$, м, скоростью выхода газо-воздушной смеси Wo , м/с, разницей температур выбросов и окружающего атмосферного воздуха ΔT, °С, и массой ЗВ M, г/с (см. подраздел 1.2).

Последовательность расчетов следующая.

1. Определяют расход газо-воздушной смеси V м^3/с, безразмерные параметры f, $v_м$, m, n, d и значение опасной скорости ветра (при $U_м$ достигается максимальная приземная концентрация ЗВ) $U_м$ м/с, по формулам:

$$V = \frac{\pi \cdot Д^2}{4} W_0; \qquad (1.1)$$

$$f = 1000 \frac{W_0^2 \cdot Д}{H^2 \cdot \Delta T}; \qquad (1.2)$$

$$v_м = 0{,}65 \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}}; \qquad (1.3)$$

$$m = \frac{1}{0{,}67 + 0{,}1\sqrt{f} + 0{,}34\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100 \qquad (1.4)$$

$$m = \frac{1{,}47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100 \qquad (1.5)$$

при f<100

$$n = 0{,}532 \cdot v_м^2 - 2{,}13 \cdot v_м + 3{,}13 \quad \text{при } 0{,}5 \leq v_м < 2 \qquad (1.6\text{ а})$$

$$n = 4{,}4 \cdot v_м \quad \text{при } v_м < 0{,}5 \qquad (1.6\text{ б})$$

$$n = 1 \quad \text{при } v_м \geq 2 \qquad (1.6\text{ в})$$

при f≥100 или ΔT≈100

$$v'_м = 1{,}3 \frac{W_0 Д}{H} \qquad (1.7)$$

затем n определяется по формулам (1.6а…1.6в) при $v_m = v'_м$.

$$f_e = 800 (v'_м)^3 \qquad (1.8)$$

при f<100

$$d = 2{,}48 \cdot (1 + 0{,}28\sqrt[3]{f_e}) \quad \text{при } v_м \leq 0{,}5 \qquad (1.9\ а)$$

$$d = 4{,}95 \cdot v_м (1 + 0{,}28\sqrt[3]{f_e}) \quad \text{при } v_м < 2 \qquad (1.9\ б)$$

$$d = 7\sqrt{v_м}((1 + 0{,}28\sqrt[3]{f_e}) \quad \text{при } v_м \geq 2 \qquad (1.9\ в)$$

при f≥100 или ΔT≈100

$$d = 5{,}7 \quad \text{при } v'_m \leq 0{,}5 \qquad (1.10\ а)$$

$$d = 11{,}4v'_m \quad \text{при } 0{,}5 < v'_m \leq 2 \qquad (1.10\ б)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{v'_m} \quad \text{при } v'_m > 2 \qquad (1.10\ в)$$

при f<100

$$U_м = 0{,}5 \quad \text{при } v_м \leq 0{,}5 \qquad (1.11\ а)$$

$$U_м = v_м \quad \text{при } 0{,}5 < v_м \leq 2 \qquad (1.11\ б)$$

$$U_м = v_м(1 + 0{,}12\sqrt{f}) \quad \text{при } v_м > 2 \qquad (1.11\ в)$$

при f≥100 или ΔT≈100

$$U_м = 0{,}5 \quad \text{при } v'_m \leq 0{,}5 \qquad (1.12\ а)$$

$$U_м = v_м \quad \text{при } 0{,}5 < v'_m \leq 2 \qquad (1.12\ б)$$

$$U_м = 2{,}2 \cdot v'_m \quad \text{при } v'_m > 2 \qquad (1.12\ в)$$

2. Рассчитывают максимальную концентрацию ЗВ $C_м$ (мг/м^3), и расстояние $X_м$ (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация с (мг/м^3) при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения $C_м$, определяется по формулам:

$$C_м = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}; \qquad (1.13)$$

$$X_м = \frac{5 - F}{4} d \cdot H; \qquad (1.14)$$

где A – безразмерный коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (распределение температур воздуха по высоте, влияющее на его вертикальное перемещение), который равен для Ростовской области 200, а для других регионов РФ – см. п. 2.2 ОНД-86*;*

M – масса выбросов ЗВ, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания выбросов (для газов F=1);

η – безразмерный коэффициент, отражающий влияние рельефа местности (для ровной и слабопересеченной местности равен 1,0).

3. Вычисляют приземные концентрации ЗВ C_i (мг/м^3), по оси факела выброса X_i (м), (на удалениях $X_м$/2, $3X_м$ *и* $6X_м$) по формуле

$$C_i = C_м \cdot S_i; \qquad (1.15)$$

где S_i – безразмерный коэффициент, определяемый по формулам:

$$S_i = 3(X_i / X_м)^4 - 8(X_i / X_м)^3 + 6(X_i / X_м)^2 \quad \text{при } X_i/X_м \leq 1 \qquad (1.16\ а)$$

$$S_i = \frac{1{,}13}{0{,}13(X_i / X_м)^2 + 1} \qquad \text{при } 1 < X_i/X_м \le 8 \quad (1.16\ б)$$

1.2 Задание на расчеты

Задание № 1.1. По исходным данным табл. 1.1 рассчитать максимальную приземную концентрацию ЗВ, создаваемую ИЗА, найти её удаление от ИЗА - Хм и концентрации ЗВ по оси факела выбросов для точек, отстоящих от ИЗА на удалении Хм/2, Хм, 3Хм и 6Хм. По результатам расчетов построить требуемый профиль приземных концентраций, определить длину зоны загрязнения, превышающую среднесуточную ПДК. Рассмотреть и предложить инженерные решения по снижению приземных концентраций ЗВ, рассчитать требуемую для этого высоту трубы, эффективность предварительной очистки выбросов и величины ПДВ.

1.3 Методические указания по выполнению задания и анализу результатов расчета

Перед выполнением задания студент изучает основные закономерности рассеивания выбросов в атмосфере, методику расчета и свой вариант задания (подразделы 1.1 и 1.2 данного пособия). После расчетов по их результатам он строит профиль приземных концентраций ЗВ в соответствии со схемой рис. 1.1. Обозначения концентраций даются равномерно в мг/м^3, а удаления от ИЗА – в м. На графике концентраций по оси факела (параллельно оси Х) обозначаются ПДК и 0,05 ПДК. По графикам определяется *l пдк* – длина зоны загрязнения, превышающего среднесуточную ПДК (принимается круглосуточное функционирование данного ИЗА). При необходимости студент должен уметь экстраполировать расчетные данные (например, для нахождения *l пдк* и *l 0,05пдк* путем совместного использования формул (1.15 и 1.16а или 1.15 и 1.16б) и принятия С*i* = ПДК или С*i* = 0,05ПДК соответственно при нахождении *lпдк* и *l0,05пдк*. Уровень 0,05 ПДК учитывается при оценке загрязнений от нескольких ИЗА и особенно при веществах, обладающих суммой вредного действия. При С*м* < 0,05 ПДК значение *l 0,05пдк* не определяется. Среднесуточные ПДК студент принимает 0,04 (NO_2), 0,05 (SO_2) и 3 (СО) мг/м^3.

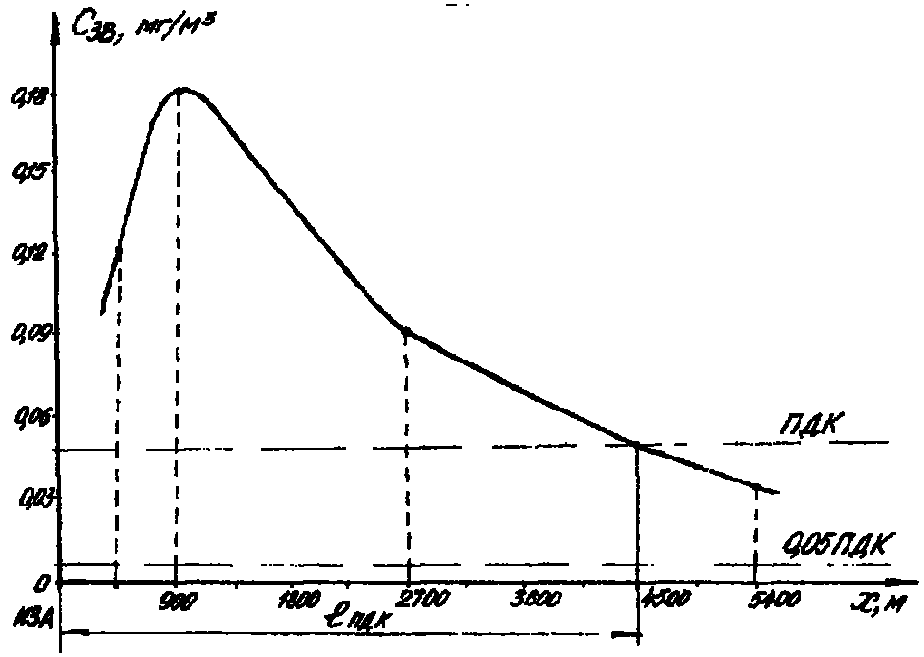


Рисунок 1.1 – Схема приземных концентраций ЗВ по оси факела выброса на расстояниях Хм/2, Хм, 3Хм и 6Хм от ИЗА.

1.4 Инженерные решения по результатам расчетов

Перед выполнением данного подраздела студент должен изучить методы защиты атмосферного воздуха по настоящему учебному пособию, провести соответствующий анализ и расчеты для последующей оценки эффективности и выбора наиболее адекватных методов защиты. Им должны быть оценены следующие 4 подхода к защите от загрязнений.

1. Изменение технологических процессов (содержание *CO* в выбросах резко уменьшается при поступлении в зону горения большего количества чистого воздуха; выбросы SO_2 можно снизить заменой или предварительной очисткой топлива; крупнотоннажные агрегаты уменьшают, сравнительно с малотоннажными, выбросы SO_2 в 6...8 раз, а NO_2 почти в 1,5 раза).

2. Применение высоких (51...500 м) труб. Требуемую для данного ИЗА высоту дымовой трубы Нтр, м, легко рассчитать по преобразованной формуле (1.9), введя в нее ограничивающий фактор ПДК данного ЗВ. В этом случае

$$H_{тр} = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot \eta}{ПДК \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}}; \qquad (1.17)$$

3. Предварительная очистка выбросов средствами пылегазовой очистки (ПГО). Из соотношения требуемой концентрации и его реального содержания в приземном слое воздуха можно легко определить требуемую степень очистка, *%,* по формуле

$$Э_{тр} = \frac{C_i - ПДК}{C_i} \cdot 100 \qquad (1.18)$$

а из уже известных *V* и *M* – производительность требуемых средств очистки.

4. Для предупреждения загрязнений больших, чем ПДК, мг/м^3 пред-

приятию устанавливаются предельно допустимые выбросы ЗВ, г/с, определяемые по формуле

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_ф)\cdot(H_{тр})^2}{A\cdot F\cdot m\cdot n\cdot \eta}\sqrt[3]{V\cdot \Delta T}; \qquad (1.19)$$

где $C_ф$ – фоновая концентрация ЗВ в атмосфере региона, мг/м^3 ($C_ф$ = 0 при отсутствии ее в исходных данных).

В окончательном инженерном решении по заданию даются рекомендации по обеспечению требуемой чистоты атмосферного воздуха, т.е. принятые решения по вышеуказанным подходам к защите от загрязнений атмосферы.

Таблица 1.1 – Исходные данные к заданию № 1.1

Вариант	Масса выбросов, г/с			Высота трубы Н, м	Диаметр устья трубы Д, м	Скорость выхода газовоздушной струи W_0, м/с	Разница температур выбросов и наружного воздуха,ΔТ,С
	NO_2	SO_2	CO				
1	2	3	4	5	6	7	8
1			280	25	1,1	2	175
2			300	27	1,2	1,5	180
3			350	29	1,3	2	185
4			370	31	1,4	2,5	190
5			500	33	1,5	3	195
6			800	35	1,6	4	200
7		32		37	1,7	5,5	225
8		34		40	1,8	6	230
9		38		42	1,9	6,5	235
10		40		43	2,0	7	240
11		42		45	1,9	7,5	245
12		44		47	1,8	8	250
13	30			49	1,7	9,5	220
14	28			45	1,6	9	210
15	27			42	1,5	8,5	200
16	26			37	1,4	7	195
17	25			29	1,3	6	190
18	24			31	1,4	4	185
19	23			37	1,6	3,5	180
20		45		45	1,5	3	175
21		46		43	1,7	2,5	190
22		47		36	1,8	2	180
23			420	39	1,9	7	195
24			530	43	2,0	3,5	210

Задание 2 Выбор и расчет средств по пылегазоочистке воздуха

2.1 Методика выбора и расчета средств

Основные типы, конструкции и критерии применения средств по пылегазоочистке воздуха, изготовляемых серийно на отечественных заводах, изложены в учебнике /12/. При решений конкретной производственной задачи необходимо из предлагаемой заводами-изготовителями номенклатуры изделий подобрать наиболее подходящее по своим параметрам для данного случая. Это достигают расчетным путем по приведенным ниже методикам.

2.1.1 Методика расчетов циклона

Циклоны предназначены для сухой очистки газов от пыли со средним размером частиц более 10...20 мкм. Все практические задачи по очистке газов от пыли с успехом решаются циклонами НИИОГАЗа: цилиндрическими серии ЦН и коническими серии СК. Избыточное давление газов, поступающих в циклоны, не должно превышать 2500 Па. Температура газов во избежание конденсации паров жидкости выбирается на 30...50°С выше температуры точки росы, а по условиям прочности конструкции – не выше 400°С. Производительность циклона зависит от его диаметра, увеличиваясь с ростом последнего. Цилиндрические циклоны серии ЦН предназначены для улавливания сухой пыли аспирационных систем. Их рекомендуется использовать для предварительной очистки газов при начальной запыленности до 400 г/м^3 и устанавливать перед фильтрами и электрофильтрами.

Конические циклоны серии СК, предназначенные для очистки газов от сажи, обладают повышенной эффективностью по сравнению с циклонами типа ЦН за счет большего гидравлического сопротивления. Входная концентрация сажи не должна превышать 50 г/м^3.

Для расчетов циклонов необходимы исходные данные: объем очищаемого газа Q, м^3/с; плотность газа при рабочих условиях ρ, кг/м^3, вязкость газа при рабочей температуре $\mu_Г$, Па·с; диаметр и дисперсный состав пыли d_n и $lg\sigma_n$; входная концентрация пыли $c_{вх}$, г/м^3; плотность частиц пыли, ρ_n , кг/м^3; требуемая эффективность очистки газа η.

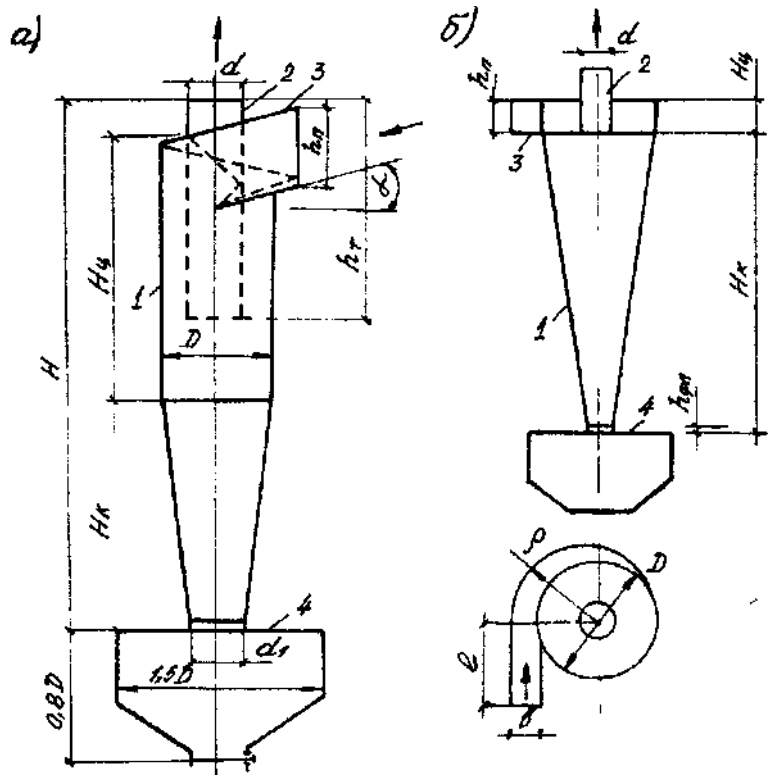


Рисунок 2.1 – Цилиндрический (а) и конический (б) циклоны НИИОГАЗа

Расчет циклонов ведется методом последовательных приближений в следующем порядке:

1. Задавшись типом циклона, определяют оптимальную скорость газа $W_{опт}$ в сечении циклона диаметром $Д$ по следующим данным:

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11	СКД-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
$W_{опт}$, м/с	4,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0

2. Определяют диаметр циклона $Д$, м, по формуле

$$Д = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot W_{опт}}}; \qquad (2.1)$$

Полученное значение $Д$ округляют до ближайшего типового значения внутреннего диаметра циклона. Если расчетный диаметр циклона превышает его максимальное допустимое значение, то необходимо применять два или более параллельно установленных циклонов. В РФ для циклонов принят следующий ряд внутренних диаметров $Д$, мм: 200, 300, 400, 500. 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2400 и 3000.

3. По выбранному диаметру циклона находят действительную скорость газа в циклоне, м/с, по формуле:

$$W = \frac{4Q}{\pi \cdot n \cdot Д^2} \qquad (2.2)$$

где n – число циклонов. Действительная скорость в циклоне не должна отличаться от оптимальной более чем на 15%.

4. Вычисляют коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона по формуле

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500} \qquad (2.3)$$

где K_1 – поправочный коэффициент на диаметр циклона (табл. 2.1);

K_2 – поправочный коэффициент на запыленность газа (табл. 2.2);

ξ_{500} – коэффициент гидравлического сопротивления одиночного наклона диаметром 500 мм (табл. 2.3).

5. Определяют гидравлическое сопротивление циклона, Па, по формуле

$$\Delta p = \xi \cdot \rho \cdot \frac{W^2}{2} \qquad (2.4)$$

где – ρ и W - соответственно плотность и скорость газа в расчетном сечении циклона;

ξ – коэффициент гидравлического сопротивления.

Таблица 2.1 – Поправочный коэффициент на диаметр циклона

Тип циклона	Значение K_1 для Д, мм				
	150	200	300	450	>=500
ЦН-11	0,94	0,95	0,96	0,99	1,00
ЦН-15, ЦН-24	0,85	0,90	0,93	1,00	1,00
СКД-ЦН-33, СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица 2.2 – Поправочный коэффициент на запыленность газа

Тип циклона	Значение K_2 при $C_{вх}$, г/м^3						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0,96	0,96	0,92	0,90	0,87	-
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-24	1	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СКД-ЦН-33	1	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК-ЦН-34	1	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК-ЦН-34М	1	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Таблица 2.3 – Коэффициент гидравлического сопротивления циклона диаметром 500 мм

Значение ξ_{500}	Тип циклона					
	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-24	СКД-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
При выхлопе в атмосферу	245	155	75	520	1050	-
При выхлопе в сеть	250	163	80	600	1150	2000

6. По табл. 2.4 находят значения параметров пыли d^T_{50} и $lg\sigma_n$ для выбранного типа циклона.

Таблица 2.4 – Значения параметров пыли d^T_{50} и $lg\sigma_n$

Тип циклона	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-24	СКД-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
d^T_{50}, мкм	8,5	4,5	3,65	2,31	1,95	1,3
$lg\sigma_n$	0,308	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340

7. Ввиду того, что значения d^T_{50}, приведенные в табл. 2.4, определены по условиям работы типового циклона ($Д_T$= 0,6 м; ρ =1930 кг/м^3 ; μ =22,2x10^{-6} Па·с; W_T = 3,5 м/с), необходимо учесть влияние отклонений условий работы от типовых на величину d_{50}, мкм, по формуле:

$$d_{50} = d^T_{50}\sqrt{(Д / Д_T)\cdot(\rho/\rho_n)\cdot(\mu/\mu_T)\cdot(W_T/W)}\,. \qquad (2.5)$$

8. Рассчитаем параметр x по формуле

$$x = \frac{\lg(d_n / d_{50})}{\sqrt{\lg^2\sigma_\eta + \lg^2\sigma_n}}\,. \qquad (2.6)$$

По табл. 2.5 находим параметр Ф(х).

Таблица 2.5 – Значения параметра Ф(х)

x	-2,7	-2,0	-1,8	-1.6	-1,4	-1.2	-1,0	-0,8
Ф (х)	0,0035	0,0228	0,0359	0,0548	0,0808	0,1151	0,1587	0,2119
x	-0,6	-0,4	-0.2	0	0,2	0.4	0,6	0,8
Ф (х)	0,2743	0,3446	0,4207	0,5000	0,5793	0,6554	0,7257	0,7881
x	1,0	1.2	1.4	1,6	1,8	2,0	2,7	
Ф (х)	0,8413	0,8849	0,9192	0,9452	0.9641	0,9772	0,9965	

9. Определяют эффективность очистки газа в циклоне по формуле

$$\eta = 0{,}5(1 + \Phi_{(x)}). \qquad (2.7)$$

где Ф(х) – табличная функция от параметра x, рассчитанного по формуле (2.6).

10. Если расчетное значение η окажется меньше необходимого по условиям допустимого выброса пыли в атмосферу, то нужно выбрать другой тип циклона с большим значением коэффициента гидравлического сопротивления. Для ориентировочных расчетов можно пользоваться формулой

$$\frac{\xi_1}{\xi_2} = \left(\frac{1-\eta_1}{1-\eta_2}\right)^2 \cdot \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{Д_1}{Д_2}\,. \qquad (2.8)$$

где индексы 1 и 2 соответствуют двум разным циклонам.

2.1.2 Методика расчета скруббера Вентури

Скрубберы Вентури нашли наибольшее применение среди аппаратов мокрой очистки газов с осаждением частиц пыли на поверхность капель жидкости. Они обеспечивают эффективность очистки 0,96...0,98 на пыли со средним размером частиц 1...2 мкм при начальной концентрации пыли до 100 г/м^3. Удельный расход воды на орошение при этом составляет 0,4...0,6 *л/м*^{3}.

Для расчетов эффективности очистки от пыли производственных выбросов скруббером Вентури необходимы следующие исходные данные: плотность газа в горловине $\rho_Г$, кг/м^3; скорость газа в горловине $W_Г$, м/с; массовый расход газа $M_Г$, кг/с; массовый расход орошающей жидкости $M_Ж$, кг/с; удельный расход жидкости m, л/м^3; давление жидкости $p_Ж$, кПа; плотность жидкости $\rho_Ж$, кг/м^3.

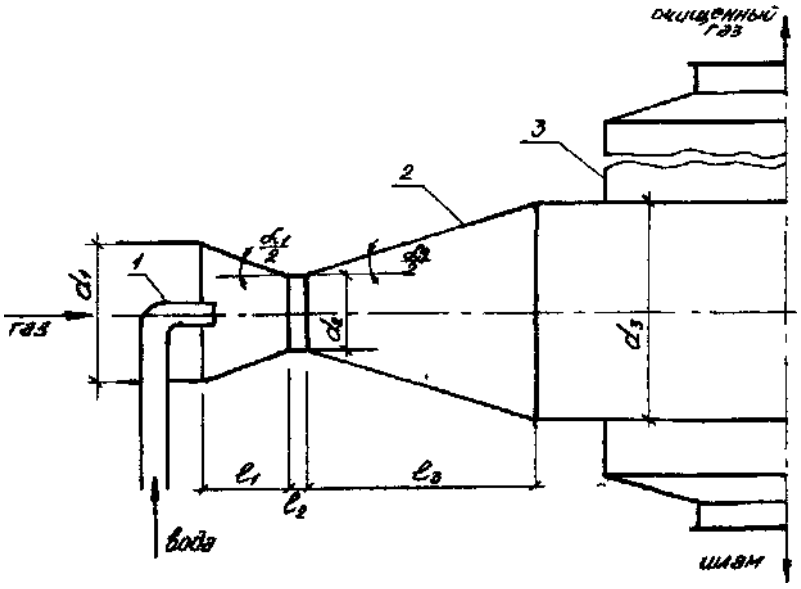


Рисунок 2.2 – Скруббер Вентури

Расчет ведется в следующем порядке:

1. Определяют гидравлическое сопротивление сухой трубы Вентури, Н/м^2, по формуле

$$\Delta p_c = \frac{\xi_c \cdot W_Г^2 \cdot \rho_Г}{2}; \qquad (2.9)$$

где ξ_C – коэффициент гидравлического сопротивления сухой трубы;

W*r* – скорость газа в горловине, м/с;

$\rho_Г$ – плотность газа в горловине, кг/м^3.

2. Рассчитывают гидравлическое сопротивление, обусловленное введением орошающей жидкости, Н/м^2, по формуле

$$\Delta p_{ж} = \frac{\xi_{ж} \cdot W_Г^2 \cdot \rho_{ж} \cdot m}{2}; \qquad (2.10)$$

где $\xi_Ж$ – коэффициент гидравлического сопротивления трубы, обусловленный вводом жидкости;

$\rho_Ж$ – плотность жидкости, кг/м^3;

m – удельный расход жидкости на орошение, л/м^3.

При атом величина $\xi_Ж$ определяется из соотношения

$$\frac{\xi_{ж}}{\xi_c} = 0{,}63\left(\frac{M_{ж}}{M_Г} \cdot \frac{\rho_Г}{\rho_{ж}}\right)^{-0{,}3}; \qquad (2.11)$$

где $M_ж$ и $M_Г$ – массовые расходы жидкости и газа, кг/с.

3. Находят гидравлическое сопротивление трубы Вентури, Н/м^2 по формуле

$$\Delta p = \Delta p_C + \Delta p_Ж \qquad (2.12)$$

4. Находят суммарную энергию сопротивления Кт, Па, по формуле

$$K_m = \Delta p + p_Ж (V_Ж / V_Г) \qquad (2.13)$$

где $p_Ж$ – давление распыляемой жидкости на входе в пылеуловитель, Па;

$V_Ж$, $V_Г$ – соответственно, объемные расходы жидкости и газа, м^3/с.

5. Определяют эффективность скруббера Вентури по формуле

$$\xi = 1 - e^{-B \cdot K_m^n}; \qquad (2.14)$$

где K_m – суммарная энергия сопротивления, Па; B и n – константы, зависящие от физико-химических свойств и дисперсного состава пыли (см. табл. 2.6).

Таблица 2.6 – Значения B и n

№	Загрязнитель	B	n
1	Конверторная пыль	$9{,}88 \cdot 10^{-2}$	0,4663
2	Ваграночная пыль	$1{,}355 \cdot 10^{-2}$	0,6210
3	Мартеновская пыль	$1{,}915 \cdot 10^{-2}$	0,5688
4	Сажа	10^{-5}	1,36
5	Туман фосфорной кислоты	$1{,}34 \cdot 10^{-2}$	0,6312

2.1.3 Методика расчета адсорбера

Метод адсорбции основан на физических свойствах некоторых твердых тел с ультрамикроскопической структурой селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты из газовой среды. Исходные данные для расчета – род поглотителя и поглощаемого вещества; количество очищаемого газа G, кг/с; концентрация поглощаемого вещества на входе в адсорбер Co, кг/м^3. Кроме того, нужно знать физико-химические константы поглотителя и поглощаемого вещества и иметь изотерму адсорбции поглощаемого вещества в поглотителе.

Адсорбцию широко используют при удалении паров растворителей и органических смол из воздуха систем вентиляции при окраске и склейке различных изделий. Вертикальные адсорберы, как правило, применяют при небольших объемах очищаемого газа. При высокой производительности по газу, достигающей десятков и сотен тысяч $м^3$/ч, предпочитают устанавливать горизонтальные и кольцевые адсорберы. Во всех этих конструкциях период контактирования очищаемого газа с твердым адсорбентом чередуется с периодом регенерации адсорбента.

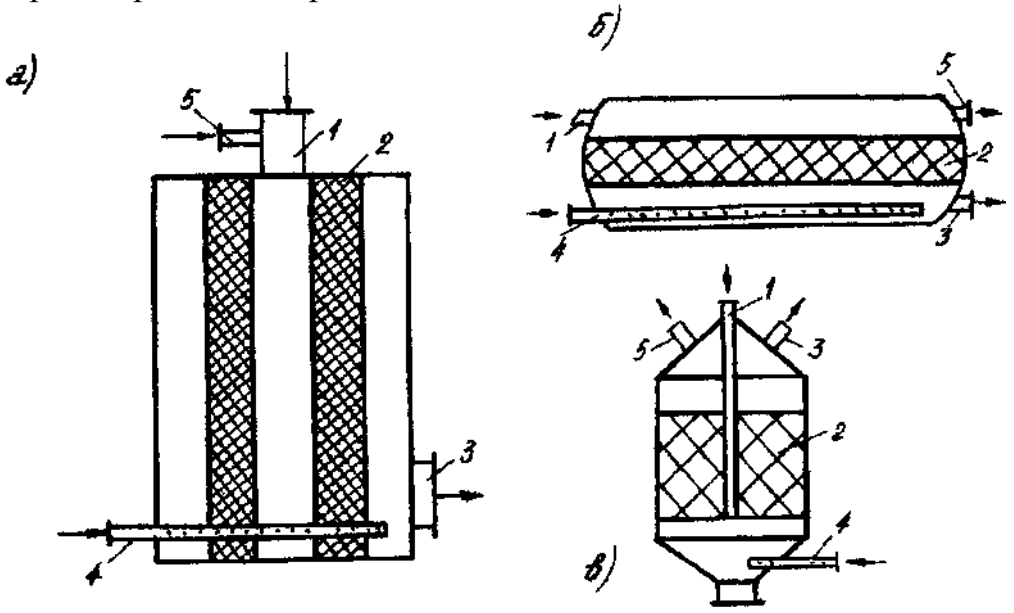


Рисунок 2.1 – Вертикальный (а), горизонтальный (б) и кольцевой (в) адсорберы.

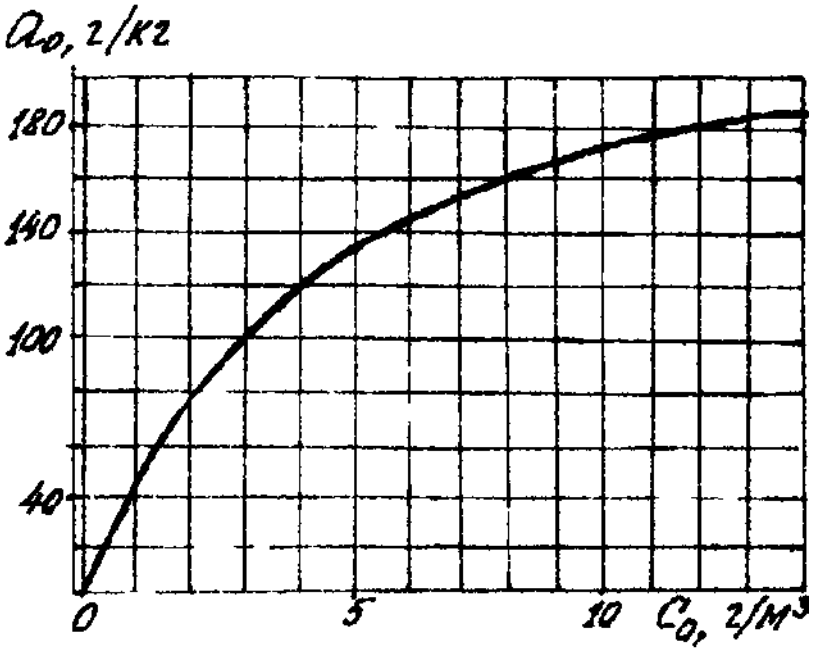


Рисунок 2.2 – Изотерма паров этилового спирта на активированном угле при 20 °С.

Очищаемый газ вводится в аппарат через центральную трубу 1 диаметром 100...200 мм, фильтруется через слой пористого адсорбента 2 и удаляется через трубу 3. Отработанный, потерявший активность поглотитель регенерируют продувкой его острым водяным паром через барбатер 4. Выход пара при десорбции осуществляется через трубу 5.

Для увеличения адсорбционной способности сорбента рабочую температуру процесса адсорбции выбирают, как правило, минимально возможной.

Расчет адсорбера ведут в следующем порядке:

1. Выбирают тип сорбента и рабочую температуру. Для увеличения его емкости рабочая температура выбирается минимально возможной. Изотерма адсорбции паров этилового спирта на активированном угле при 20 °С представлена на рис. 2.1. По изотерме адсорбции и заданной величине C_0 г/м^3, находят статическую емкость сорбента a_o, г/кг.

2. Определяют весовое количество очищаемого газа, G , кг/с, из выражения

$$G = \frac{L_M \cdot \rho_Г}{3600}, \qquad (2.15)$$

где L_M – производительность местного отсоса от паровоздушной смеси, м^3/ч;

$\rho_Г$ – плотность паровоздушной смеси, кг/м^3.

3. Переводят весовую статическую емкость сорбента a_o, в объемную a'_o, кг/м^3, по формуле:

$$\alpha_0' = \frac{\alpha_0 \cdot \rho_н}{1000}, \qquad (2.16)$$

где ρ_H – насыпная плотность выбираемого сорбента, кг/м^3.

4. Определяют массу сорбента, кг, по формуле

$$\mathrm{M}_C = \frac{K \cdot G \cdot C_0 \cdot \tau}{\alpha_0'}, \qquad (2.17)$$

где K = 1,1... 1,2 – коэффициент запаса;

τ – продолжительность процесса сорбции, с;

Co – концентрация поглощаемого вещества на входе в адсорбер, кг/м^3.

5. Выбирают скорость потока газа в адсорбере W, м/с. Обычно фиктивная скорость паровоздушной смеси или скорость, рассчитанная на полное сечение слоя, выбирается в пределах 0,1...0,25 м/с.

6. Определяют геометрические размеры адсорбера. Так, для цилиндрического аппарата диаметр $Д_a$, м, и длину (высоту) слоя адсорбента L_a , м, подсчитывают по формулам:

$$Д_a = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho_Г \cdot W}}. \qquad (2.18)$$

$$L_a = \frac{\mathrm{M}_C \cdot W}{G}. \qquad (2.19)$$

7. Находят пористость сорбента по формуле

$$П = \frac{\rho_К - \rho_Н}{\rho_К}, \quad (2.20)$$

где $\rho_К$ и $\rho_Н$ – кажущаяся и насыпная плотность сорбента, кг/м^3

8. Рассчитывают эквивалентный диаметр зерна сорбента, м, по формуле

$$d_Э = \frac{П \cdot d \cdot l}{(1 - П) \cdot (d/2 + l)}, \quad (2.21)$$

где d и l – диаметр и длина зерна сорбента, м.

9. Коэффициент трения λ находят в зависимости от характера движения по выражению

$$R_e = \frac{W \cdot d_Э}{\nu \cdot П}. \quad (2.22)$$

где Re – критерий Рейнольдса;

ν – кинематическая вязкость газа, м/с.

при $Re < 50$ $\lambda = 220 / Re$; (2.23)

при $Re >= 50$ $\lambda = 11{,}6 / Re^{0,25}$, (2.24)

10. Определяют гидравлическое сопротивление, оказываемое слоем зернистого поглотителя при прохождении через него потока очищаемого газа Δp, Па, по формуле

$$\Delta P = \frac{3}{4}\lambda \cdot \frac{L_a \cdot \rho_Г \cdot (1 - П) \cdot W^2}{Ф \cdot d_Э \cdot П^3}, \quad (2.25)$$

где $Ф = 0{,}9$ - коэффициент формы.

11. Определяют коэффициент молекулярной диффузии паров этилового спирта в воздухе при заданных условиях T и P по формуле

$$Д = Д_0 \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{P_0}{P}, \quad (2.26)$$

где $Д_o = 0{,}101 \cdot 10^{-4}$ при $T_o = 273$°К и атмосферном давлении $P_o = 9{,}8 \cdot 10^4$ Па.

12. Находят диффузионный критерий Прантля по формуле

$$P_Z = \frac{\nu}{Д}. \quad (2.26)$$

13. Для заданного режима течения газа (определяется значением Re) вычисляют величину коэффициента массопередачи для единичной удельной поверхности. м/с:

при R_e<30 $\beta = \frac{0.833 \cdot R_e^{0.47} \cdot P_Z^{0.35} \cdot Д}{d_Э}$. (2.27)

при R_e>30 $\beta = \frac{0.53 \cdot R_e^{0.64} \cdot P_Z^{0.33} \cdot Д}{d_Э}$. (2.28)

14. По изотерме адсорбции (рис 2.1) находим:

– количество вещества, максимально сорбируемое поглотителем при данной температуре a_0

– величину концентрации поглощаемого вещества на входе в адсорбер C_x, соответствующую величине $a_0/2$.

15. Рассчитывают удельную поверхность адсорбента f, м^2 /м^3, по формуле:

$$f = \frac{4 \cdot (1 - П)}{d \cdot l} \cdot \left(\frac{d}{2} + l \right). \quad (2.27)$$

16. Определяют концентрацию паров этилового спирта на выходе из аппарата, г/м^3, по формуле

$$C_K = C_0 \cdot (1 - \eta), \quad (2.30)$$

где η – эффективность процесса очистки.

17. Находят продолжительность защитного действия адсорбера по формуле:

$$\tau = \frac{a_0'}{W \cdot C_0} \cdot \left\{ L_a - \frac{W}{\beta \cdot f} \cdot \left[\frac{C_X}{C_0} \cdot \ln\left(\frac{C_0}{C_K} - 1 \right) + \ln\left(\frac{C_0}{C_K} - 1 \right) \right] \right\}. \quad (2.31)$$

18. Если получаемое время защитного действия адсорбера отличается от заданного на величину $\Delta\tau$, то изменяем длину (высоту) слоя сорбента на величину ΔL_a, м, определяемую по формуле

$$\Delta L_a = \frac{G \cdot C_0 \cdot \Delta\tau}{\rho_H \cdot F \cdot a_o}, \quad (2.32)$$

где F – площадь поперечного сечения слоя адсорбента, м^2.

Конструктивно аппараты адсорбции выполняются в виде вертикальных, горизонтальных или кольцевых емкостей, заполненных пористым сорбентом, через который фильтруется поток очищаемого воздуха.

2.2 Задания на расчеты

Задание № 2.2.1 Рассчитать циклон, обеспечивающий степень эффективности очистки газа от пыли не менее η = 0,87, по данным табл. 2.7. При этом приняты следующие обозначения и некоторые значения: Q, м^3/c - количество очищаемого газа; ρ = 0,89 кг/м^3 – плотность газа при рабочих условиях; $\mu_Г$ = 22,2-10^{-6} Н·с/м^2 – вязкость газа; $\rho_П$, кг/м^3 – плотность частиц пыли, диаметр $d_П$, мкм и дисперсность $lg\sigma_n$, $C_{ВХ}$, г/м^3 – входная концентрация пыли.

Задание № 2.2.2 Рассчитать эффективность применения скруббера Вентури для очистки от пыли производственных выбросов по данным табл. 2.8. При этом приняты следующие обозначения и некоторые значения: плотность газа в горловине $\rho_Г$ = 0,9 кг/м^3; скорость газа а горловине $W_Г$, м/с; массовый расход газа $M_Г$, кг/с; массовый расход орошающей жидкости $M_Ж$, кг/с; удельный расход жидкости m, л/м^3, давление $Рж$ = 300 кПа, плотность жидкости $\rho_Ж$ = 1000 кг/м^3; коэффициент гидравлического сопротивления сухой трубы ξ=0,15; требуемая эффективность очистки от пыла не менее 0,9.

Задание № 2.2.3 Определить размеры, энергозатраты и время защитного действия адсорбера для улавливания паров этилового спирта, удаляемых местным отсосом от установки обезжиривания при условии непрерывной работы в течение 8 ч. Расчет выполнить по данным таблицы 2.9. При этом приняты следующие обозначения и исходные значения; производительность местного отсоса $L_м$, м^3/ч; начальная концентрация спирта C_o, г/м^3; температура в адсорбере t_p = 20°С и давление $P = 9{,}8 \cdot 10^4$ Н/ м^2; плотность паровоздушной смеси $\rho_Г = 1{,}2$ кг/м^3 и ее вязкость $\nu = 0{,}15 \cdot 10^{-4}$ м^2/с; диаметр гранул поглотителя (активированный уголь) d=3 мм; длина гранулы l=5 мм; насыпная плотность $\rho_Н = 500$ кг/м^3; кажущаяся плотность $\rho_К = 800$ кг/м^3; эффективность процесса очистки $\eta = 0{,}99$.

Таблица 2.7 – Исходные данные к расчету циклона

Вариант	Q	$\rho_П$	$d_П$	$lg\sigma_n$	$C_{ВХ}$
1	2	3	4	5	6
1	1,2	1930	20	0,5	10
2	1,5	1800	25	0,6	20
3	1,8	1870	15	0,5	40
4	1,0	1000	10	0,5	40
5	1,4	1950	80	0,4	25
6	1,3	1900	30	0,7	80
7	1,1	1300	40	0,5	30
8	1,6	1450	50	0,4	120
9	1,7	1600	35	0,3	150
10	1,5	1920	45	0,5	120
11	1,2	1200	15	0,6	20
12	1,1	1500	50	0,4	30
13	1,6	1870	20	0,6	40
14	1,8	1970	28	0,6	120
15	1,5	1860	44	0,7	160
16	1,4	1750	25	0,6	80
17	1,3	1680	45	0,7	150
18	1,2	1950	38	0,5	120
19	1,1	1380	50	0,6	40
20	1,5	1830	40	0,5	20
21	1,3	1750	20	0,4	80
22	1,2	1930	15	0,5	120
23	1,5	1950	30	0,5	40

Таблица 2.8 – Исходные данные к расчету скруббера Вентури

Вариант	Загрязнитель по табл. 2.6	m	$W_Г$	$M_Г$	$M_Ж$
1	1	0,4	60	0,8	0.800
2	2	0,5	65	0,9	0,851
3	3	0,6	70	1,0	0,889
4	4	0,7	75	1,1	0,895
5	5	0,8	80	1,2	0,992
6	1	0,9	85	1,3	1,000
7	2	1,0	90	1,4	1,102
8	3	1,1	95	1,5	1,125
9	4	1,2	100	1,4	1,111
10	5	1,3	105	1,3	1,102
11	1	1,4	110	1,2	1,000
12	2	1,5	115	1,1	0,998
13	3	1,6	120	1,0	0,895
14	4	1,7	125	0,9	0,889
15	5	1,6	130	0,8	0,850
16	1	1,5	135	0,9	0,865
17	2	1,4	140	1.0	0,889
18	3	1,3	145	1,1	0,895
19	4	1,2	150	1,2	1,000
20	5	1,1	155	1,3	1,102
21	1	1,0	160	1,4	1,115
22	2	0,9	165	1,5	1,125
23	3	0,8	110	1,4	1,102

Таблица 2.9 – Исходные данные к расчету адсорбера

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$L_{M,}$ м^3/ч	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
C_0, г/м^3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	5	6	7
Номер варианта	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$L_{M,}$ м^3/ч	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330
C_0, г/м^3	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10

2.3 Методические указания по выполнению заданий и анализу результатов расчета

Перед выполнением задания студент изучает основные принципы выбора и методики расчета средств по пылегазоочистке воздуха, изложенные выше в подразделе 2.1, а также свой вариант задания из подраздела 2.2.

Расчет циклона в задании № 2.2.1 ведется методом последовательных приближений по формулам (2.1)...(2.7). Если расчетное значение эффективности очистки воздуха от пыли окажется менее заданного по условиям допустимого выброса пыли в атмосферу, то нужно выбрать другой тип циклона с большим значением коэффициента гидравлического сопротивления. При этом следует воспользоваться формулой (2.8).

Расчет эффективности очистка промвыбросов от пыли скруббером Вентури (задание № 2.2.2) проводят по формулам (2.9)... (2.14). При недостаточной эффективности очистки от пыли следует увеличить гидравлическое сопротивление трубы Вентури, обусловленное введением орошающей жидкости, изменяя массовый расход и давление распыляемой жидкости.

Расчет адсорбера (задание № 2.2.3) включает две стадии: а) приближенный конструктивный расчет по формулам (2.15)... (2.19) для определения необходимой массы и геометрии аппарата и б) проверочный расчет по формулам (2.20)...(2.31) для определения времени действия аппарата. В случае необходимости проводится корректировка размеров адсорбера, используя формулу (2.32).

Задание 3 Расчет требуемой степени очистки производственных стоков

3.1 Методика расчета

Оценка требуемой очистки сточных вод (СВ) позволяет сделать обоснованный выбор типа и мощности очистных сооружений, вариантов размещения оголовков выпуска (у берега или в стрежень) и их конструктивных особенностей. Участок водоема от места выпуска стоков условно делят на зоны: 1) начального разбавления, в которой скорости истечения стоков (V_c) существенно выше скорости потока воды (V_n); 2) основного разбавления, в которой $V_c = V_n$ и перемешивание стоков идет за счет турбулентной диффузии; 3) зона самоочищения, которую в расчетах не учитывают. Общее разбавление СВ определяют как произведение краткости начального и основного разбавлении ($n_н$ и $n_о$), являющихся результатом перемешивания стоков в 1 и 2 зонах.

Значение $n_н$ определяют по формуле

$$n_н = \frac{0{,}248}{m} \cdot d^2 \cdot \left(\sqrt{m^2 + 8{,}1\left(\frac{1-m}{d^2}\right)} - m \right); \qquad (3.1)$$

где d – отношение расчетного диаметра струи к диаметру выпускных отверстий;

m – безразмерный коэффициент, величину которого находят по форму-

ле

$$m = \sqrt{\frac{P_n}{P_c} \cdot \frac{V_n^2}{V_c^2}}; \qquad (3.2)$$

P_n и P_c – плотности соответственно потоков воды и СВ, принимаемые обычно равными единице.

Значение n_o находят как обратную величину коэффициента смешения γ определяемого по формуле

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha\sqrt[3]{l_ф}}}{1 + \frac{Q_{мин}}{Q_{макс}} \cdot e^{-\alpha\sqrt[3]{l_ф}}}; \qquad (3.3)$$

где $l_ф$ – расстояние от выпуска СВ до створа водопользования по фарватеру, км;

α – безразмерный коэффициент, учитывающий гидрологические особенности водоема.

Значение α находят по формуле

$$\alpha = \tau \cdot \beta \cdot \sqrt[3]{\frac{Д}{Q_{макс}}}; \qquad (3.4)$$

где τ – коэффициент, учитывавший место выпуска (при выпуске в стрежень τ = 1,5, у берега – 1,0);

β – коэффициент извилистости, равный отношению расстояния от места выпуска до створа водопользования по прямой $l_п$ к расстоянию между местом выпуска и створом водопользования по фарватеру – $l_ф$,

$Д$ – коэффициент турбулентной диффузии.

Для условий задания $Д$ зачисляют по формуле

$$Д = \frac{V_n \cdot h}{200}; \qquad (3.5)$$

где h – глубина водоема, м.

Расчетную концентрацию ЗВ (C_p, мг/л) после полного перемешивания находят по формуле

$$C_p = C_{исх} / (n_н \cdot n_o); \qquad (3.6)$$

где $C_{исх}$ – концентрация ЗВ в неочищенных стоках, мг/л. Требуемая степень очистки $Э_0$ определяется по формуле

$$Э_0 = (C_p - C_{пдк}) / C_p, \qquad (3.7)$$

Значения ПДК для ЗВ берут из таблицы 3.1, при наличии фонового загрязнения $C_{пдк}$ уменьшается на величину фоновой концентрации данного ЗВ.

Таблица 3.1 – Предельно допустимые концентрации некоторых химических веществ в воде водных объектов

Вещество	ПДК, мг/л	Вещество	ПДК, мг/л
Cu	1,0	Бензол	0,001
Fe	0,3	Толуол	0,024
Zn	1,0	Аммиак	2,0
Mn	0,1	Ацетон	2,2
Cr	0,05	Хлорпикрин	0,007

Если $C_p \leq$ ПДК, то $Э_0$ не определяют по формуле (3.7) из-за нецелесообразности очистки.

3.2 Задание на расчет

Задание № 3.2.1 По исходным данным табл. 3.2 определить требуемую степень очистки производственных стоков с максимальным расходом $Q_{макс}$ содержащих ЗВ с концентрацией $C_{исх}$, при двух вариантах выпуска – у берега и в стрежень реки с фоновым загрязнением 20% от ПДК ЗВ. Глубина реки h, минимальный расход воды $Q_{мин}$, скорость потока V_n, скорость истечения стоков V_c. Створ водопользования находится от места выпуска на расстоянии $l_п$ по прямой и $l_ф$ по фарватеру. Отношение расчетного диаметра струи к диаметру оголовков равно d, плотности стоков и воды в потоке равны единице. Створ водопользования совпадает со створом полного разбавления. Дать оценку каждому варианту выпуска и обосновать инженерные решения по защите водоема от загрязнения, превышающего ПДК.

3.3 Методические указания по выполнению задания и анализу результатов расчета

Перед выполнением работы студент изучает разделы 5.3, 5.4 учебного пособия и свой вариант задания. По формулам (3.1...3.7) студент находит кратности начального и основного разбавлений, расчетную концентрацию ЗВ (после его полного перемешивания) в водоеме и требуемую степень очистки. Используя материалы учебного пособия, студент выбирает для данного ЗВ наиболее адекватный метод очистки и другие эффективные методы и средства защиты воды от загрязнения (в соответствии с требованиями подраздела 3.4).

3.4 Инженерные решения по результатам расчета

Инженерные решения по результатам расчета включают: 1) выбор места сброса (у берега или в стрежень); 2) оценку целесообразности применения рассеивающих выпусков при неполном перемешивании СВ до створа водопользования (определяется по соотношению между кратностью полного разбавления и частным от деления $Q_{мин}$ на $Q_{макс}$); 3) выбор и обоснование ме-

тода и средств очистки для заданного ЗВ (анализируются методы – адсорбции, флотации, электрохимической и биологической очисток, а также конкретные технические средства – магнитные сепараторы, озонаторы и др.).

В итоговом заключении по заданию № 3.2.1 студент приводит расчетную концентрацию ЗВ и его лимитирующий показатель вредности, требуемую степень очистки, а также рекомендуемые методы и средства по уменьшению загрязнения.

Таблица 3.2 – Исходные данные к заданию № 3.2.1

Вариант	Загрязняющее вещество	$Q_{мин}$, $м^3/с$	$Q_{макс}$, $м^3/с$	V_c, м/с	$V_п$, м/с	h, м	$l_п$, км	$l_ф$, км	$C_{исх}$, мг/л	d
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Медь	1	100	2,5	0,35	3	2	3	150	2
2	Железо	2	90	2,6	0,40	3,1	2	4	120	2,5
3	Хром	4	160	2,8	0,50	3,3	2,2	4	100	3,5
4	Ацетон	2	140	3,0	0,60	3,5	2,4	4	200	4,5
5	Бензол	3	130	3,1	0,55	3,6	2,6	3	100	5
6	Аммиак	4	120	3,2	0,50	3,7	2,6	4	350	5,5
7	Железо	2	100	3,4	0,40	3,9	2,8	4	100	6
8	Толуол	3	90	2,5	0,35	4,0	3,0	6	100	2
9	Хлорпикрин	4	100	2,6	0,40	4,1	3,0	4	140	2,5
10	Ацетон	3	130	3,2	0,50	3,8	3,1	6	300	5,5
11	Железо	1	150	4,5	0,35	4,0	3,2	5	100	6
12	Хром	2	120	2,8	0,50	4,3	3,2	7	300	3,5
13	Медь	3	130	2,9	0,55	4.4	3,4	6	80	4
14	Бензол	4	140	4,0	0.40	4,5	3,6	7	500	3,5
15	Аммиак	2	160	4,2	0,50	4,3	3,4	8	120	4,5
16	Хром	2	160	3,0	0,40	3,6	2,4	6	350	2
17	Ацетон	3	140	3,1	0,35	3,7	2,6	4	100	2,5
18	Бензол	4	130	3,2	0,40	3,9	2,6	6	100	3,5
19	Аммиак	3	120	3,4	0,50	4,0	2,8	5	140	4,5
20	Железо	1	100	2,5	0,35	4,1	3,0	7	300	5
21	Толуол	2	90	2,6	0,50	3,8	3,0	6	100	5,5
22	Хром	2	100	3,2	0,55	4,0	3,1	7	300	6
23	Ацетон	3	160	4,5	0.40	4,3	3,2	8	80	2

Задание 4 Расчеты платы за загрязнения окружающей природной среды

4.1 Методика расчета

Плата за загрязнение атмосферы. В России целостная природоохранная налоговая политика до сих пор не сформировалась. С января 1991 г. в РФ введена плата за использование и нарушение природных ресурсов. Ве-

личина ее зависит от интенсивности ущерба природе: атмосфере, воде, почвами и др. Это не штрафы, а фонд для компенсации ущерба и восстановления среды.

Штрафы предусматриваются Уголовным Кодексом РФ. Статья 254 рассматривает отравление, загрязнение или иная порча земли вредными продуктами хозяйственной или иной деятельности вследствие нарушения правил обращения с удобрениями, стимуляторами роста растений, ядохимикатами и иными опасными химическими или биологическими веществами при их хранении, использовании и транспортировке, повлекшие причинение вреда здоровью человека или окружающей среде.

Постановлением правительства от 28.08.92 № 632 были введены платежи за загрязнение окружающей среды (по принципу: «Загрязнитель – платит»). Плата за природопользования осталась в силе и в новом Законе «Об охране окружающей среды» (от 10.01.2002) – «Обязанность полного возмещения вреда окружающей среде».

Для всех видов загрязнения плата взимается с предприятий и других юридических лиц независимо от организационно-правовых форм и видов собственности. Внесение платы не освобождает природопользователей от выполнения мероприятий по охране ОС, а также уплаты штрафов за экологические правонарушения.

При расчетах платы за загрязнение среды учитываются следующие четыре фактора:

– вредность (опасность) вещества;

– масса загрязнителя (по отношению к официально разрешенной и по абсолютной величине);

– экологическая ситуация в данном районе;

– изменение уровня цен на данный год.

Чем больше вредность, масса вещества, уровень цен и чем неблагополучнее экологическая ситуация, тем выше плата. Особенно ощутим рост платы при величинах загрязнения среды, превышающих лимиты.

В основу взимания платежей было положено два варианта – загрязнение в пределах лимитов и выше их. В последнем случае плата увеличивается в 100 раз. Специальным коэффициентом учитывается инфляция.

1. Методика расчета суммарной платы за выбросы ЗВ в атмосферный воздух следующая:

1.1. Определяют основную плату, руб, по формулам:

1.1.1 При выбросах до ПДВ, т.е. $M_i \le ПДВ_i$

$$П_{\partial}^{a} = \sum_{i=1}^{n} (Б_{1i} \cdot M_i) \qquad (4.1)$$

1.1.2 При выбросах до ВСВ, т.е. $ПДВ_i \le M_i \le ВСВ_i$, $M_{лi} = M_i - ПДВ_i$

$$П_{л}^{a} = \sum_{i=1}^{n} (Б_{2i} \cdot M_{лi}) \qquad (4.2)$$

1.1.3 При сверхлимитных выбросах, т.е. $M_i - ВСВ_i = M_{свi}$

$$П^{а}_{св} = 5\sum_{i=1}^{n}(Б_{2i} \cdot М_{свi}) \quad (4.3)$$

где $i = 1...n$ – перечень ЗВ в выбросах данного предприятия (например, аммиак, бензин, керосин и др.);

$Б_{1i}$ и $Б_{2i}$ – базовые нормативы платы по табл. 4.1 за каждое i-е ЗВ соответственно при выбросах в пределах ПДВ и ВСВ, руб/т;

$М_i$ – фактическая годовая масса каждого i-го ЗВ в выбросе, т/год;

$ПДВ_i$ – предельно допустимый выброс i-х ЗВ, т/год;

$ВСВ_i$ – временно согласованный выброс i-х ЗВ, т/год;

$М_{лi}$– лимитирующий выброс i-х ЗВ, т/год;

$М_{свi}$ – сверхлимитный выброс i- х ЗВ, т/год.

1.2 Определяют скорректированную плату, руб, по формулам:

1.2.1 При выбросах до ПДВ

$$П^{а}_{сд} = П^{а}_{д} \cdot К^{а}_{э} \quad (4.4)$$

1.2.2 При выбросах до ВСВ

$$П^{а}_{сл} = П^{а}_{л} \cdot К^{а}_{э} \quad (4.5)$$

1.2.3 При сверхлимитных выбросах

$$П^{а}_{ссв} = П^{а}_{св} \cdot К^{а}_{э} \quad (4.6)$$

где $К^{а}_{э}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости по состоянию атмосферного воздуха, который для Северо-Кавказского региона РФ равен 1,6 (при расположении предприятия в черте города $К^{а}_{э}$ увеличивается в 1,2 раза, а на территориях национальных парков и т.п. - в 2 раза).

1.3 Определяют суммарную плату, руб, по формуле

$$П^{а}_{\Sigma} = П^{а}_{сд} + П^{а}_{сл} + П^{а}_{свс} \quad (4.7)$$

1.4 Определяют скорректированную суммарную плату, руб, по формуле

$$П_{а} = П^{а}_{\Sigma} \cdot К_{и} \quad (4.8)$$

где Ки – коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду. Для 2014г. равен 1,89, для 2015г. – 1,98, для 2016г. – 2,07, для 2017 – 2,16).

1.5 Вычисляют поквартальную плату, руб, (при условии равномерного загрязнения атмосферы в течение года) по формуле

$$П^{а}_{к} = П_{а} / 4 \quad (4.9)$$

Если же выбросы несанкционированные (на них нет ни ПДВ, ни ВСВ), то вся плата подсчитывается по зависимостям для сверхлимитных выбросов и умножается не только на 5, но и увеличивается в пятикратном (штрафном) размере, т.е. умножается в целом на 25.

В соответствии с законом РФ аналогичные расчеты проводятся и за загрязнение воды, почвы. Могут меняться коэффициенты, базовые цены, но остается принцип «кратного» увеличения выплат за сверхлимитное или несанкционированное загрязнение среды.

В 2002 году платежи были приостановлены. Это связано с тем, что в ст. 14 Закона РФ «Об охране окружающей среды», вступившем в действие в 2002 г., было определено, что порядок платежей устанавливается федеральными законами (а не Постановлением Правительства).

Правительство РФ 12 июня 2003 г. приняло Постановление № 344, в котором утвердило новые нормативы платы и экологические коэффициенты. Аналогичные изменения (базовые цены – нормативы платы за выбросы 1 т. загрязняющих веществ) внесены в платежи за размещение отходов и сброс сточных вод.

Плата за загрязнение водоема определяется также, как и при расчете платы за выбросы в атмосферу (см. зависимости 4.1–4.9). Для выбросов превышающих ПДС, плата увеличивается в пятикратном размере, для несанкционированных сбросов – в 25 раз.

Таблица 4.1 – Нормативы выбросов и платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными источниками

№ п/п	Наименование вещества	Нормативы выбросов		Нормативы платы за выброс 1 тонны веществ (рубли)	
		ПДВ	ВСВ	В пределах ПДВ	В пределах ВСВ
1	Азота оксид	12	14	35	175
2	Ацетон	0,8	0,9	6,2	31
3	Бензол	0,4	0,5	21	105
4	Аммиак	0,9	1	52	260
5	Пыль древесная	28	28,8	13,7	68,5
6	Сажа	0,3	0,4	41	205

4.2 Задание на расчет

По исходным данным таблицы 4.2 определить плату за загрязнение атмосферного воздуха стационарными источниками. Результаты расчета представить в виде таблицы 4.3.

4.3 Особенности платежей за размещение отходов

Расчеты платежей за размещение отходов производятся по формулам, аналогичным (4.1–4.7), в которых вместо выбросов в тоннах представляются отходы, а вместо нормативов ПДВ – лимиты размещения отходов,

При этих расчетах вредность (опасность) вещества учитывается величиной базового норматива (ставки) платы. Условно обозначим его «ценой вещества» ($Ц_i$, руб/т.). Базовые нормативы платы определены по величине удельного экологического ущерба (от единицы массы выбросов, за размещение единицы (массы) отходов) от данного загрязнения (приведены в Постановлении Правительства РФ от 26.08.92 г. № 632). В частности, цены отходов (базовые нормативы платы за их размещение) определены, исходя из затрат на проектирование и строительство полигонов для хранения, обезвреживания, захоронения промышленных отходов (затрат на захоронение и обезвреживание отходов с учетом их относительной опасности).

Таблица 4.2 – Исходные данные к расчету платы за загрязнение атмосферы

	Масса выбросов ЗВ в атмосферу, т/год					
Вариант	Азота оксид	Ацетон	Бензол	Аммиак	Пыль древесная	Сажа
1	13	0,6	0,3	0,8	16	0,5
2	14	0,7	0,6	1,0	19	0,8
3	16	0,8	0,9	1,7	23	1,3
4	15	0,9	1,1	2,1	25	2,3
5	17	1,1	0,4	1,1	20	3,6
6	10	1,2	0,7	1,4	11	0,9
7	9	1,7	0,8	0,9	17	1,8
8	8	1,5	1,2	1,2	19	1,5
9	12	1,4	0,9	1,0	18	1,8
10	14	1,8	1,1	1,7	20	2,3
11	15	1,2	0,4	2,1	11	3,6
12	17	1,0	0,7	1,1	17	0,9
13	18	0,9	0,8	1,4	25	1,8
14	5	1,1	0,9	1,7	20	2,3
15	16	1,2	0,4	2,1	11	0,9
16	7	1,7	0,7	2,1	17	1,8
17	9	0,9	0,8	1,1	25	0,5
18	10	1,5	1,2	1,4	23	0,8
19	11	1,4	0,4	0,9	25	1,3
20	13	1,8	0,3	2,1	29	2,3

С 12 июня 2003 г. базовые цены и экологические коэффициенты, определенные ранее, были изменены. Несмотря на эти изменения, сохраняется

порядок, при котором в ряде особых случаев величина платы может быть существенно изменена:

– при размещении токсичных отходов на полигонах, специализированных по обезвреживанию, захоронению и хранению отходов, плата за отходы не взимается, но природопользователь обязан застраховать размещаемые отходы в связи с экологическим риском;

– при размещении отходов в согласованных с надзорными органами местах на территории предприятия плата уменьшается на 70 % (т.е. умножается при расчетах на 0,3);

– в случае размещения отходов на несанкционированных свалках (или необорудованных местах на предприятии) плата увеличивается в 5 раз за всю массу обнаруженных отходов и умножается на дополнительный штрафной коэффициент $К_{ш}$ ($К_{ш}$=5, $К_{ш}$=3);

– плата может быть уменьшена в счет платежей расходов природопользователя на мероприятия по утилизации наиболее опасных отходов, а также расходов по финансированию программ по охране природы;

– плата за размещение твердых бытовых отходов определяется как для нетоксичных отходов перерабатывающей промышленности;

– воинские части, предприятия и подразделения всех силовых структур освобождаются от платы за загрязнение среды, если они соблюдают правила и лимиты.Лимиты размещения отходов $М_{лi}$ устанавливаются, исходя из планируемого объема продукции и норм расхода сырья, материалов. При этом из отходов исключается вторичное сырье, возвращаемое в производство.

Экономические стимулы сокращения количества отходов, описанные выше, закреплены в ФЗ «Об отходах производства и потребления» от 22.05.98 г. Они нашли отражение в Федеральной целевой программе (2002 – 2010 гг.) «Экология и природные ресурсы России», содержащей подпрограмму «Отходы».

Таблица 4.3 – Результаты расчета платы за загрязнение атмосферного воздуха

	Наименование ЗВ	В пределах нормативов (ПДВ)		В пределах установленных лимитов (ВСВ)		Сверхлимитный выброс		Итого плата, руб.
		тонны	руб.	тонны	руб.	тонны	руб.	
1	Азота оксид							
2	Ацетон							
3	Бензол							
4	Аммиак							
5	Пыль древесная							
6	Сажа							
	Итого							

ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная экология и экономический менеджмент: Учебник / М.В. Буторина, П.В. Воробьев, А.П. Дмитриева и др.; Под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадина. – М.: Логос, 2003. – 528 с.

2. Мазур И.И. Курс инженерной экологии / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов; Под ред. проф. И.И. Мазура. – М.: Высшая школа, 2001. – 510 с.

3. Гарин В.М. Экология для технических вузов / В.М. Гарин, И.А. Кленова, В.И. Колесников; Под ред. В.М. Гарина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 384 с.

4. Ветошкин А.Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов: В 2-х частях: Учебник / А.Г. Ветошкин. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 416 с.

5. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для студентов средних спец. учеб. заведений / С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.Ф. Козьяков и др.; Под ред. С.В. Белова. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 2003. – 357 с.

6. Ветошкин А.Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления: учебник / А.Г. Ветошкин. – Изд. "Лань", 2-е изд., испр. и доп. 2016. – 304 с.

7. Кольцов, В.Б. Теоретические основы защиты окружающей среды: учебник для вузов / В.Б. Кольцов, О.В. Кондратьева; ред. В.Б. Кольцов. – Москва: Прометей, 2018. – 734 с.

8. Инженерная защита окружающей среды: Учебное пособие / Под ред. О.Г. Воробьева. – Спб.: Изд. «Лань», 2002. – 288 с.

9. Инженерная экология: Учебник / Под ред. проф. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.

10. Ветошкин А.Г. Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод: Учебное пособие: В 2-х частях / А.Г. Ветошкин. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 296 с.

11. Васильев П.П. Практикум по безопасности жизнедеятельности человека, экологии и охране труда / П.П. Васильев. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 192 с.

12. Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления / В.И. Сметанин. – М.: КолосС, 2003. – 230 с.

13. Экологические основы природопользования: Учебное пособие / Под ред. Э.А. Арустамова. – М.: Издат. Дом «Дашков и К^0», 2001. – 236 с.

14. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления: Учебник / Е.В. Сотникова, В.П. Дмитренко, В.С. Сотников. – Изд. "Лань", 1-е изд, 2014. – 576 с.

15. Денисов В.В. Основы инженерной экологии: Учебное пособие / В.В. Денисов. – Ростов-на-Дону: Изд. «Феникс», 2013 – 624 с.

16. Ветошкин А.Г. Основы инженерной защиты окружающей среды: Учебное пособие: В 2-х частях / А.Г. Ветошкин – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. – 456 с.

17.Системы защиты среды обитания: практикум / сост. Е.В. Соколова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет». – Ставрополь: СКФУ, 2018. – 136 с.

18. ГОСТ Р 51232–98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – М.: Госстандарт России, 2003. – 15 с.

19. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: Учеб. пособие / Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин и др. – М.: Высш. шк., 2003. – 344 с.

20. Техника и технология защиты воздушной среды: Учеб. пособие / В.В. Юшин, В.М. Попов, П.П. Кукин и др. – М.: Высш. шк., 2005. – 391 с.

21.Рамзаев А.В. Курс промышленной экологии: учебное пособие. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2011. – 191 с.

22.Пятикопов С.М. Охрана окружающей среды и основы природопользования: учебное пособие / С.М. Пятикопов, Н.В. Петренко. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 188 с.

Учебное издание

Пятикопов Сергей Михайлович
кандидат технических наук, доцент

Петренко Надежда Владимировна
кандидат технических наук, доцент

Егорова Ирина Викторовна
кандидат технических наук, доцент

Липкович Игорь Эдуардович
доктор технических наук, доцент

ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Учебное пособие

Редактор Лучинкина Н.П.
Верстка Гвоздик Н.В.
Дизайн обложки Вдовикина С.П.

Подписано в печать 20.01.2023 г.
Формат 60х84/16. Усл. п.л. 10,8. Тираж 20 экз. Заказ № 29.

Отдел информационных технологий и издательской деятельности Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ
347740, г.Зерноград Ростовской области, ул. Советская, 15