



А.Л. Каплан

**ПРИРОДНАЯ, ТЕХНОГЕННАЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ
И БЫТОВЫХ ОБЪЕКТАХ**

Учебное пособие

Тольятти
ТГУ
2010

Федеральное агентство по образованию
Тольяттинский государственный университет
Инженерно-строительный факультет
Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

А.Л. Каплан

**ПРИРОДНАЯ, ТЕХНОГЕННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ
И БЫТОВЫХ ОБЪЕКТАХ**

Учебное пособие

Тольятти
ТГУ
2010

УДК 574
ББК 20.1
К20

Рецензенты:

заслуженный деятель науки РФ, д.б.н., профессор
Института экологии Волжского бассейна РАН *В.И. Попченко*;
к.т.н., доцент Тольяттинского государственного университета
А.П. Прохоренко.

К20 Каплан, А.Л. Природная, техногенная экологическая безопасность на промышленных и бытовых объектах : учеб. пособие / А.Л. Каплан. – Тольятти : ТГУ, 2010. – 172 с.

В учебном пособии даны подходы к определению опасных энергетических, электромагнитных, акустических, радиоактивных и химических воздействий, а также вредного влияния технологических процессов на воздушный бассейн и здоровье населения. Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности от негативных последствий природного и техногенного характера различных сфер деятельности человека. Показаны способы обеспечения безопасности при авариях на объектах с ядерными компонентами и сильнодействующими ядовитыми веществами. Представлены методики выявления и оценки радиационной и химической опасности, складывающейся в результате аварий на потенциально опасных промышленных объектах.

Пособие может быть использовано в учебном процессе как студентами гражданских университетов, институтов и средних технических специальных образовательных учреждений, так и курсантами высших военно-технических университетов, институтов и средних технических училищ.

Автор приносит свою искреннюю благодарность доценту, к.х.н. О.С. Авдяковой и многим другим.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

© Тольяттинский государственный университет, 2010

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Окружающая среда, ее компоненты и загрязнение

Окружающая среда – среда обитания живых существ.

Биосфера – область активной жизни оболочки Земли, включающая части атмосферы, гидросферы и литосферы, заселенные живыми организмами.

Атмосфера (воздушный бассейн) – газообразная оболочка Земли; воздушный бассейн – часть атмосферы над определенным участком Земли (город, район, предприятие и т. п.).

Техносфера – среда обитания человека, преобразованная с помощью прямого или косвенного воздействия технических средств.

Загрязнение окружающей среды (ЗОС) – поступление в природную среду любых твердых, газообразных веществ, микроорганизмов или энергий в количествах, вызывающих изменение состава и свойств компонентов окружающей среды и (или) оказывающих вредное воздействие на человека, флору и фауну.

Загрязнение атмосферы – изменение газового состава и свойств воздушной среды из-за содержания в ней вредных газовых примесей, пылей и аэрозолей. Вредные выбросы характеризуются количеством вещества, поступающим в единицу времени (г/с), а также объемов (т/год). Единица измерения загрязнения атмосферы – единицы концентрации примесей, содержащихся в воздухе (в основном мг/м³).

Трансграничное загрязнение атмосферы – перенос выбросов предприятий на большие расстояния, территории других областей, стран.

Фоновое загрязнение – загрязнение компонентов окружающей среды на больших расстояниях от его источников, определяемое в результате системы наблюдений.

Антропогенные изменения в природе – изменения, происходящие в природе в результате хозяйственной деятельности человека или непосредственного общения людей с окружающей средой.

Экологическое равновесие – состояние экологической системы, характеризующееся устойчивостью, способностью к саморегуляции, сопротивляемостью нарушениям, восстановлением первоначального состояния, существовавшего до нарушения ее равновесия.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязнителя – критерий качества среды, максимальная концентрация примеси, отнесен-

ная к определенному периоду усреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении длительного времени не оказывает вредного воздействия на человека и окружающую среду в целом.

Предельно-допустимый выброс в атмосферу (ПДВ) – научно-технический норматив, определенный таким образом, чтобы содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха от источника или их совокупности не превышало нормативов качества воздуха для населения, а также животного и растительного мира.

Экология – наука, изучающая состояние среды обитания и процессы взаимодействия живых существ со средой обитания.

Безопасность

Безопасность жизнедеятельности – наука о комфортном и безопасном взаимодействии человека с техносферой.

Экологическая безопасность – нормирование и система обеспечения допустимых уровней изменения состояния окружающей среды в результате технической деятельности.

Технологическая безопасность – нормирование и защита человека и окружающей среды от неблагоприятных воздействий технологических процессов.

Неблагоприятные факторы воздействия

Опасность – негативное свойство живой и неживой материи, способное причинить ущерб ей самой: людям, природной среде, материальным ценностям.

Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

Мониторинг

Мониторинг – система наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды. Состоит из трех ступеней: наблюдение, оценка состояния и прогноз возможных изменений. Включает запрограммированный процесс отбора и определения содержания различных веществ, элементов и ионов.

Экологический мониторинг – определение изменений в экологических системах, природных комплексах и их продуктивности.

Санитарно-токсический мониторинг – наблюдение за степенью загрязнения природных ресурсов вредными веществами и установление влияния этого процесса на человека, животный и растительный мир.

Проба – представительная часть исследуемой массы, отбираемая с целью определения состава.

Составная проба – две или более проб или их частей, смешиваемых в известных пропорциях для получения усредненного результата.

Точка отбора пробы – точно зафиксированное место отбора пробы.

Экологическая экспертиза проектов – система комплексной оценки всех возможных экологических и социально-экономических последствий осуществления проектов строительства или реконструкции предприятий, направленная на предотвращение их отрицательного влияния на окружающую среду и на решение поставленных задач с наименьшей затратой ресурсов и минимальными нежелательными последствиями.

Чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли жертвы, ущерб здоровью или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Вентиляция

Вентиляция – организованный и регулируемый воздухообмен.

Естественная вентиляция – перемещение воздуха благодаря разности давлений снаружи и внутри здания.

Механическая вентиляция – подача воздуха по системам вентиляционных каналов с использованием механических побудителей.

Общеобменная вентиляция – система организации воздухообмена во всем объеме рабочей зоны помещения.

Вытяжная вентиляция – система для удаления воздуха из помещения.

Приточная вентиляция – подача воздуха в помещение после его подготовки.

Местная вентиляция – вентиляция отдельных рабочих мест.

Кондиционирование – автоматическая обработка воздуха с целью поддержания заданных параметров микроклимата.

Раздел 1. ВРЕДНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1.1. Основные потенциальные опасности технологических процессов

Любые технологические процессы потенциально опасны. Возможные негативные воздействия на окружающую среду показаны на рис. 1.1.

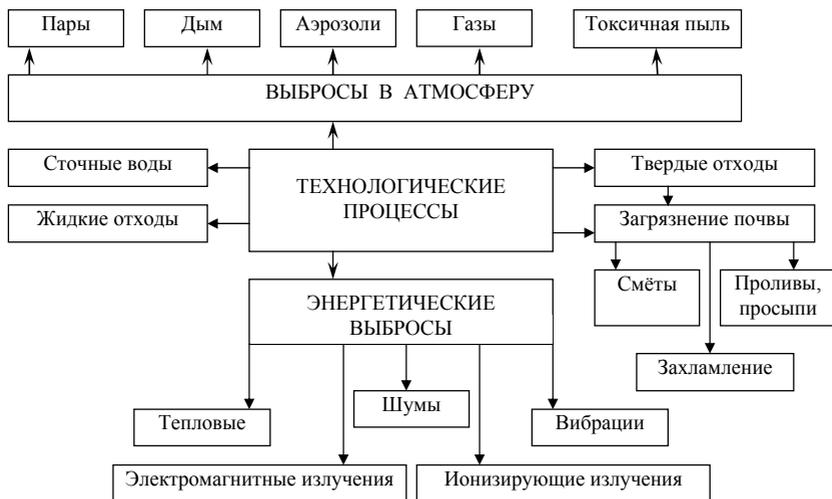


Рис. 1.1. Возможные негативные воздействия технологических процессов на окружающую среду

Классификация опасных и вредных факторов по характеру взаимодействия с человеком

А. Активные факторы

1. Механические факторы:

- 1) кинетическая энергия движущихся и вращающихся элементов, потенциальная энергия тел;
- 2) шумы (инфразвук, ультразвук);
- 3) в) вибрации (общие и локальные);
- 4) ускорения, гравитационная тяжесть, невесомость;
- 5) статическая нагрузка;

- 6) дым, туман;
- 7) аномальное барометрическое давление;
- 8) примеси нетоксической пыли в воздухе;
- 9) ударная волна и др.

2. Термические факторы:

- 1) температура нагретых и охлажденных предметов и поверхностей;
- 2) температура открытого огня, пожара, химических реакций и других источников;
- 3) аномальные микроклиматические параметры (влажность, температура и подвижность воздуха).

3. Электрические факторы:

- 1) электрический ток;
- 2) статическое электричество;
- 3) ионизирующие излучения;
- 4) электрическое поле;
- 5) аномальная ионизация воздуха.

4. Электромагнитные факторы:

- 1) освещенность;
- 2) ультрафиолетовая и инфракрасная радиация;
- 3) электромагнитные излучения;
- 4) магнитное поле.

5. Химические факторы:

- 1) едкие вещества;
- 2) ядовитые вещества;
- 3) огне- и взрывоопасные вещества;
- 4) нарушение естественного газового состава воздуха;
- 5) наличие вредных примесей в воздухе (токсичная пыль и газы).

6. Биологические факторы:

- 1) опасные свойства микро- и макроорганизмов;
- 2) продукты жизнедеятельности людей и других биологических объектов.

7. Психофизиологические факторы:

- 1) утомление;
- 2) стресс;
- 3) неудобная поза и т. п.

Б. Пассивно-активные факторы

1. Острые (колющие и режущие) неподвижные элементы.
2. Незначительное трение между соприкасающимися поверхностями (малый коэффициент трения).
3. Неровные поверхности, по которым перемещаются человек и машины в процессе деятельности.
4. Уклоны и подъемы.

В. Пассивные факторы

1. Коррозия металлов.
2. Накипь.
3. Недостаточная прочность конструкций.
4. Повышенные нагрузки на механизмы и машины и т. п.

В соответствии с ГОСТ 12-0-003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» опасными факторами считаются те, которые потенциально могут привести к травме, а вредными – те, воздействие которых может привести к заболеванию. Подразделение факторов по этому ГОСТу идет по четырем группам: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Критерием (количественной оценкой) опасности является понятие риска. Риск – отношение числа неблагоприятных событий или проявлений к возможному числу за определенный период времени. Риск гибели вследствие аварий, несчастных случаев составляет $1,5 \times 10^{-3}$, а улетчиков – 10^{-2} .

Нормируемый (приемлемый) риск равен 10^{-6} . Фактический риск в 100 и 1000 раз превышает приемлемый.

Под безопасностью понимается такое состояние деятельности, при котором с некоторой вероятностью исключается реализация потенциальной опасности. Для обеспечения безопасности человека в техносфере необходимо идентифицировать (распознать) опасность и ее масштаб, выбрать и применить средства защиты от нее, ликвидировать отрицательные последствия опасностей реализовавшихся.

1.2. Правовые и нормативно-технические основы охраны окружающей среды и безопасных условий труда

Правовую (законодательную) основу охраны окружающей среды составляют законы Российской Федерации (до 1992 года – РСФСР). Подзаконные правовые нормы (постановления, приказы, инструкции и другие нормативные акты) способствуют выполнению основных мероприятий в области охраны окружающей среды, изложенных в законах.

Разновидностью правовых норм в этой области служат технические нормы и стандарты, которые имеют силу законов. На схемах даны структуры законодательной и нормативно-методической базы воздухоохранной деятельности (рис. 1.3), деятельности по защите гидросферы (рис. 1.4) и деятельности по обращению отходов (рис. 1.5).

Из других законов, направленных на обеспечение экологической безопасности, следует отметить Земельный кодекс РСФСР (1991) и Закон РФ «О недрах» (1992).

Правовую основу обеспечения безопасных условий труда человека составляет Закон РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1991). В чрезвычайных ситуациях и в связи с ликвидацией их последствий действуют Законы РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (1994) и «О пожарной безопасности» (1994).

В системе строительных норм и правил (СНиП) разработаны нормы проектирования сооружений различного назначения, учитывающие требования охраны окружающей среды и рационального природопользования. Основные документы описаны в последующих разделах и указаны в библиографическом списке.

Существует система государственных стандартов «Охрана природы», направленная на сохранение, восстановление и рациональное использование природных ресурсов. Данная система имеет код 17 и состоит из 10 комплексов (групп) стандартов:

- 0 – организационно-методические стандарты;
- 1 – гидросфера;
- 2 – атмосфера;
- 3 – биологические ресурсы;
- 4 – почвы;
- 5 – земли;

- 6 – флора;
- 7 – фауна;
- 8 – ландшафты;
- 9 – недра.

Комплексы стандартов от 0 до 9 включают, в свою очередь, следующие виды стандартов:

0. основные положения:

- 1) термины, определения, классификация;
- 2) показатели качества природных сред, параметры загрязняющих выбросов и показатели интенсивности использования природных ресурсов;
- 3) правила охраны природы и рационального использования природных ресурсов;
- 4) методы определения параметров состояния природных объектов и интенсивности хозяйственных воздействий;
- 5) требования к средствам контроля и измерений состояния окружающей природной среды;
- 6) требования к устройствам, аппаратам и сооружениям по защите окружающей среды от загрязнения.

Порядок обозначения стандарта (рис. 1.2) показан на примере ГОСТ 17.1.3.13-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения».



Рис. 1.2. Порядок обозначения стандарта

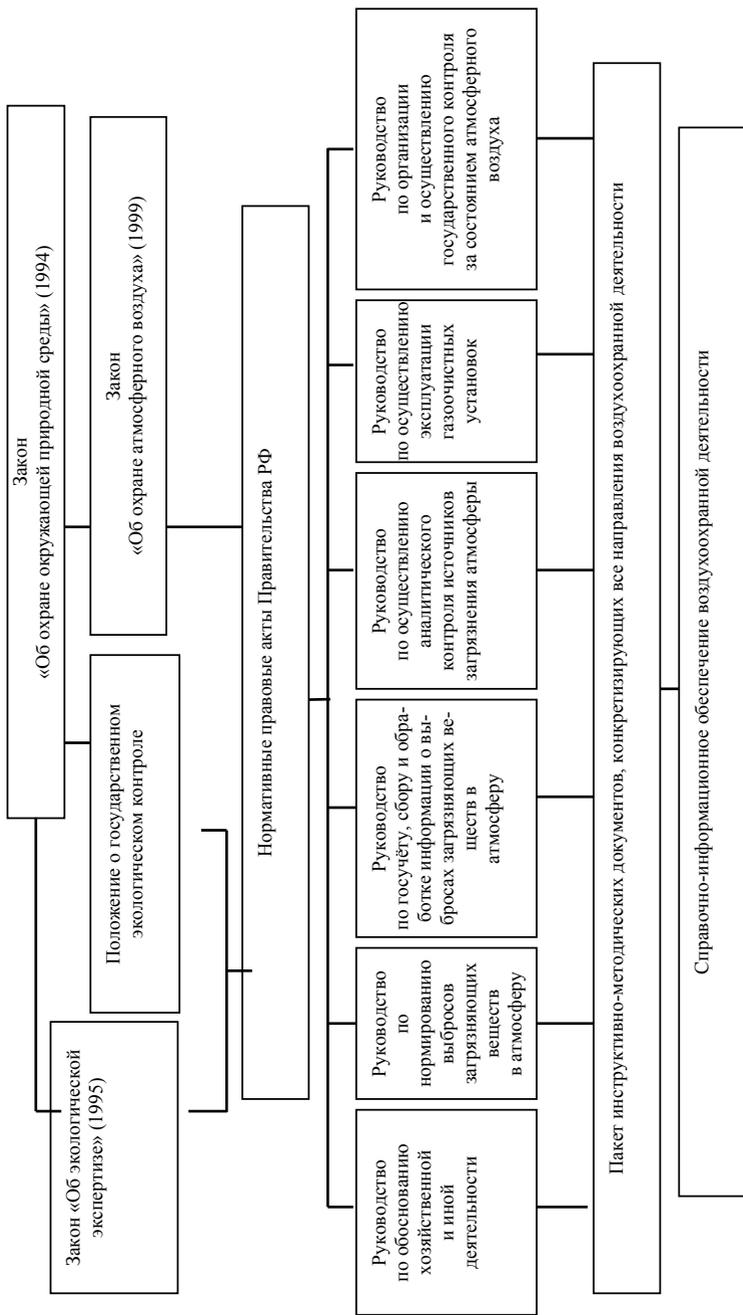


Рис. 1.3. Структура законодательной и нормативно-методической базы воздухоохранной деятельности

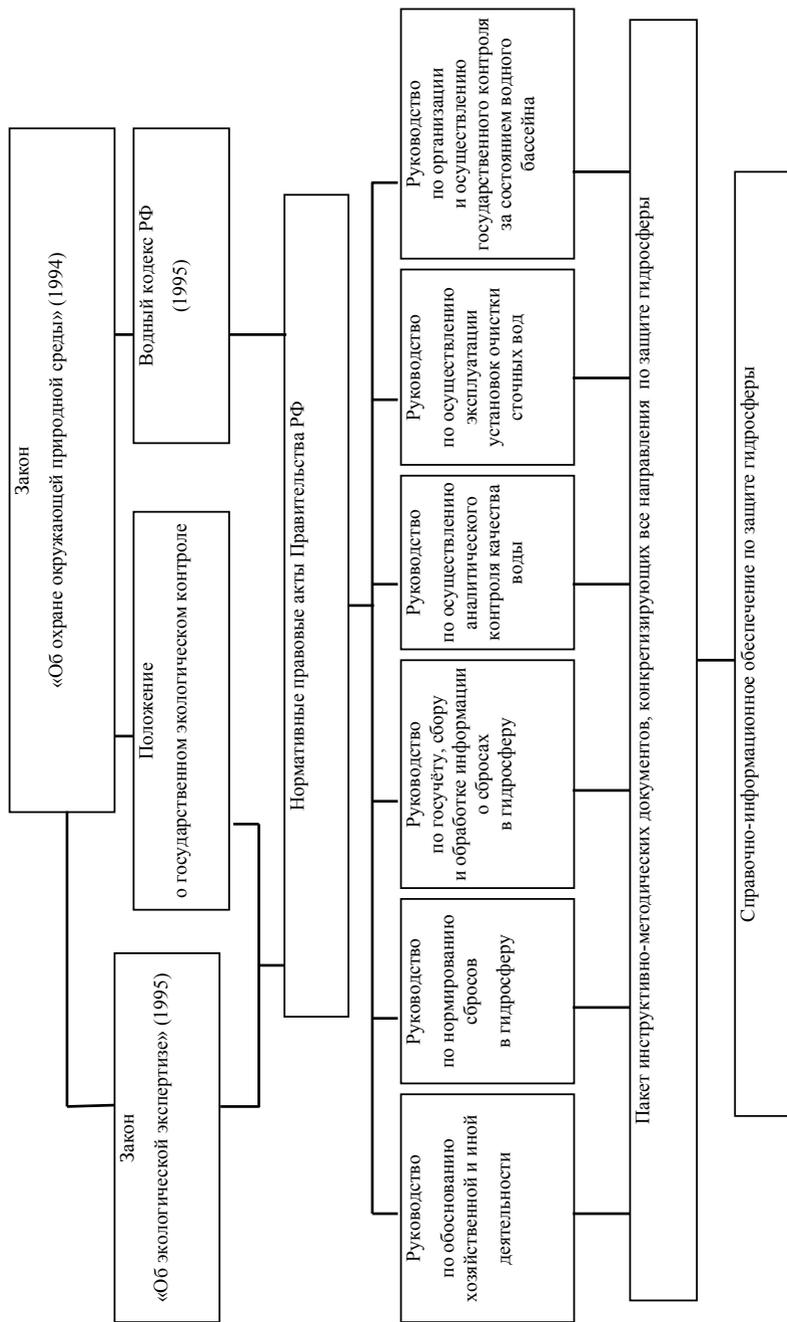


Рис. 1.4. Структура законодательной и нормативно-методической базы по защите гидросферы

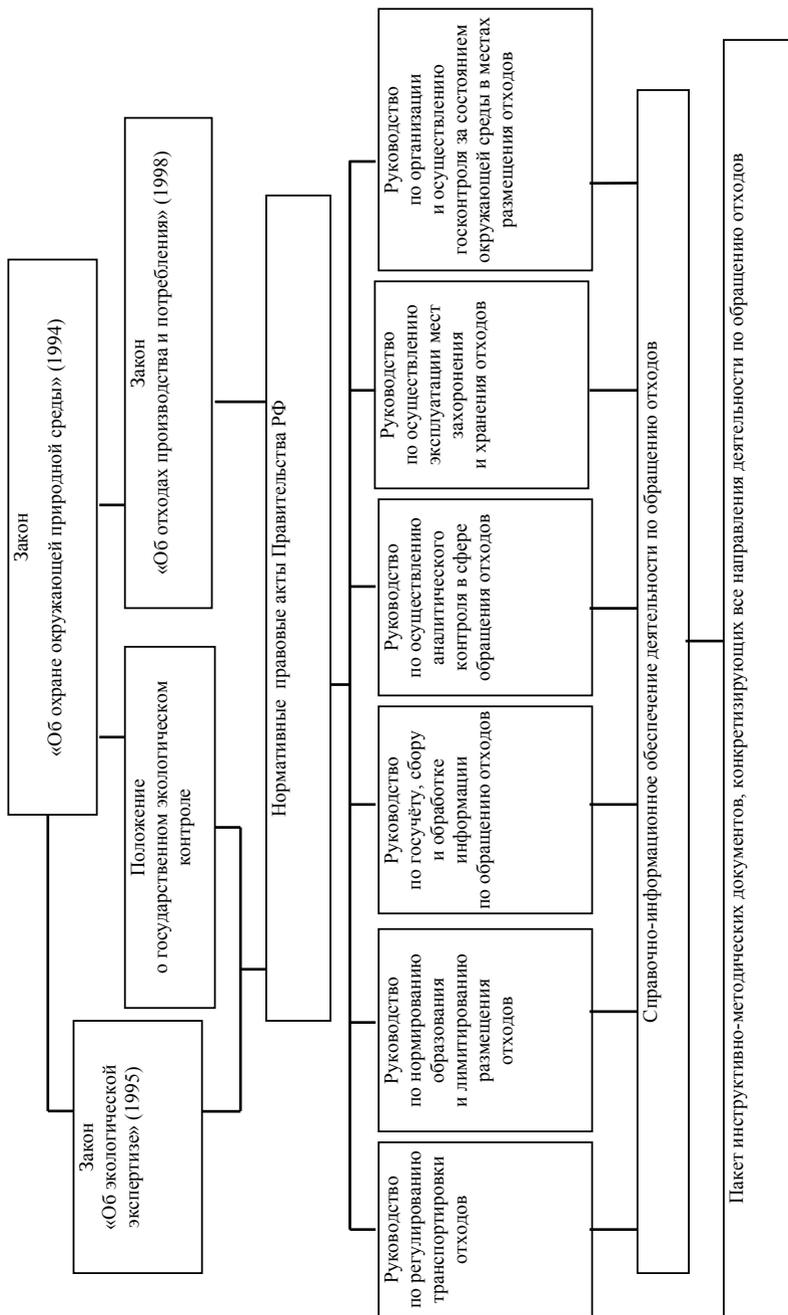


Рис. 1.5. Структура законодательной и нормативно-методической базы деятельности по обращению отходов

Система стандартов безопасности труда (ССБТ) имеет код 12 и действует применительно к производственным процессам и оборудованию.

Стандарты подсистемы подразделяются на следующие группы.

1. Виды опасных и вредных производственных факторов и предельно допустимые значения параметров; методы и средства защиты работающих от их воздействия; методы контроля за уровнем воздействия факторов.
2. Общие требования безопасности к производственному оборудованию; требования безопасности к отдельным группам производственного оборудования; методы контроля за выполнением этих требований.
3. Общие требования безопасности к производственным процессам, отдельным группам технологических процессов; методы контроля за выполнением этих требований.
4. Требования безопасности к средствам защиты.
5. Требования безопасности к зданиям и сооружениям.

Система стандартов «Безопасность в ЧС» имеет номер Р 22. Один из них ГОСТ Р 22.0.05-94 «БЧС. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения».

Санитарные нормы и правила Министерства здравоохранения РФ устанавливают ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, в воде различного назначения, в почве, а также предельные уровни физических воздействий на окружающую среду (шума, вибрации, инфразвука, электромагнитных полей и излучений от различных источников, ионизирующих излучений).

Основные правовые и нормативно-методические документы будут описаны в следующих разделах.

Раздел 2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ

2.1. Характеристика выделения вредных веществ различными технологическими процессами

Развитие разнообразных технологических процессов приводит к увеличению количества видов вредных веществ, поступающих в атмосферу. В настоящее время насчитывается более 1800 вредных веществ, загрязняющих воздушную среду.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются автомобили и другие виды транспорта, тепловые электростанции и все виды сжигания топлива, а также промышленные предприятия. Самыми распространенными токсичными веществами, загрязняющими атмосферу, являются оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота, углеводороды и пыль.

Все технологические выбросы разделяются на организованные (через дымовые трубы, воздушники, вентиляционные системы) и неорганизованные (через неплотности оборудования и коммуникаций, при хранении и транспортировке материалов и т. п.).

По происхождению отходящие газы различают:

- хвостовые, получаемые на конечной стадии технологического процесса;
- абсорбционные газы, образующиеся на промежуточных стадиях;
- газы аспирационных систем;
- вентиляционный воздух, удаляемый системами общеобменной вентиляции;
- аэрационный воздух, удаляемый через аэрационные проемы;
- прочие неорганизованные выбросы.

В табл. 2.1 дан примерный перечень вредных веществ, выделяемых в результате различных технологических процессов.

В соответствии с ГОСТ 17.2.1.01-76 «Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу» выбросы в атмосферу из источников загрязнения характеризуются по четырем признакам: агрегатному состоянию, химическому составу, размеру частиц и массе вещества.

По агрегатному состоянию выбросы разделяются на газообразные (например, диоксид серы, оксид углерода, сероводород, аммиак, углеводород), жидкие (пары кислот, щелочей и др.) и твердые (зола, сажа, пыль и др.).

По размеру частиц вредные вещества классифицируются на 5 групп:

- 1 – менее $0,5 \times 10^{-6}$ м;
- 2 – $0,5 \times 10^{-6}$ до 3×10^{-6} м включительно;
- 3 – 3×10^{-6} до 10×10^{-6} м включительно;
- 4 – 10×10^{-6} до 50×10^{-6} м включительно;
- 5 – более 50×10^{-6} м.

На практике отходящие от технологических процессов газы имеют сложный состав, т. е. наряду с несколькими газообразными веществами присутствуют и твердые. Размер частиц охватывает несколько групп.

Таблица 2.1

**Примерный перечень вредных веществ в выбросах
различных технологических процессов**

Технологический процесс	Перечень вредных веществ	Факторы, влияющие на состав выбросов
Ручная дуговая сварка	Сварочный аэрозоль, оксиды марганца, фтористый водород, кремний, пыль	Марка электродов
Газовая сварка и резка	Пыль, оксид углерода, оксиды азота и марганца	Применяемый газ
Окрасочные работы	Ацетон, ксилол, толуол, бутилацетат, стирол, спирт бутиловый, спирт этиловый, этилацетат, этилцеллюлоза, формальдегид, метилэтилкетон, метилизобутилкетон, циклогексанон, аэрозоль краски, керосин, бензин, уайт-спирит	Марка краски и растворителя
Химическое травление изделий из металла	Хромовый ангидрид, щелочь, цианистый водород, фтористый водород, хлористый водород, серная кислота, фосфорная кислота, азотная кислота и оксиды азота	Состав и концентрация растворов, поверхность зеркала ванн
Механическая обработка металлов на станках	Пыль металлов, абразивно-металлическая пыль, окалина, масляный туман, пары эмульсола, текстильная пыль (полировка)	Тип станка, вид операции
Хранение и перелив нефтепродуктов	Углеводороды: бензин, керосин и т. д.	Состав нефтепродукта

Технологический процесс	Перечень вредных веществ	Факторы, влияющие на состав выбросов
Сжигание топлива	Твердые частицы (зола, пыль, сажа), оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, бензапирен	Вид топлива, тип топки и оборудования
Обработка полимерных материалов	Пыль пресс-порошка, пыль стекловолокна, стекловолонит, текстолит, фенол, формальдегид, аммиак, оксид углерода, акрилонитрил, диоксид серы, сероводород, стирол	Марка материала, вид проводимой операции
Деревообработка	Опилки, стружка, шлифовальная пыль	Вид операции, тип станка
Техническое обслуживание, хранение и мойка автотранспорта	Оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы, сажа, соединения свинца, углеводороды (бензин, керосин)	Марка автомобиля, вид топлива
Зарядка аккумуляторов, приготовление электролита	Пары серной кислоты, пары щелочи	Марка аккумулятора и вид электролита
Пайка	Оксиды олова, свинец	Количество и марка припоя
Химическая чистка одежды	Ацетон, циклогексанон, изопропиловый спирт, бензин, трихлорэтилен (перхлорэтилен), тетрахлорэтилен, пыль моющих средств	Вид применяемых растворятелей и моющих средств
Перегрузка строительных материалов	Песок, пыль цемента и доломита, известь, глина, керамзитовая пыль, пыль известняка, песчаника, щебня и пр.	Вид и размер частиц перегружаемого материала
Тепловая обработка керамзитовых изделий	Диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, хлористый водород, фтористый водород, зола	Состав сырья, тип оборудования
Нанесение клея на поверхность	Бензин, этилацетат, дихлорэтан, толуол, бензол	Состав клея
Обезжиривание поверхности деталей растворителями	Бензин, керосин, уайт-спирит, бензол, трихлорэтилен, трифтортрихлорэтан, тетрахлорэтилен	Вид растворителя и размер обрабатываемой поверхности

Технологический процесс	Перечень вредных веществ	Факторы, влияющие на состав выбросов
Вулканизация резиновых изделий	Дивинил, изопрен, нитрил акриловой кислоты, стирол, метилстирол, хлор-пре-н, оксиды этилена, пропилена, этилен,изобутилен, хлористый водород, дибутилфталат, диоксид серы, пропилен, оксид углерода, фенол, формальдегид и другие углеводороды	Основа резиновой смеси

2.2. Нормирование состава воздушной среды

Основной физической характеристикой загрязнения атмосферы является концентрация массы (мг) вещества в единице объема (м³) воздуха при нормальных условиях. Концентрация примесей определяет физическое, химическое и другие виды воздействия веществ на человека и окружающую среду и служит основным параметром при нормировании содержания примесей в атмосфере.

Для контроля за составом воздушной среды и содержанием вредных веществ пользуются различными величинами, в том числе ПДК (предельно допустимая концентрация), ДОК (допустимое остаточное количество), ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень воздействия), ОДК (ориентировочная допустимая концентрация) или ВДК (временная допустимая концентрация).

Устанавливают ПДК в воздухе рабочей зоны (ПДК р. з.). Эта концентрация при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной считается пространство высотой 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе устанавливаются по двум показателям: максимально разовым (ПДК м. р.) и среднесуточным (ПДК с. с.). Предельно допустимая максимальная разовая концентрация при вдыхании в те-

чение 30 мин. не должна вызывать рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека. Предельно допустимая среднесуточная концентрация вредных веществ не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании.

Величины ПДК устанавливаются специализированными санитарно-гигиеническими службами после проведения экспериментов с волонтерами и подопытными животными. Регламентирование атмосферных загрязнений позволяет установить класс опасности загрязняющего вещества: I (чрезвычайно опасные), II (высокоопасные), III (умеренно опасные), IV (малоопасные).

Наиболее полные сведения по величинам ПДК, а в случае их отсутствия ОБУВ, классу опасности можно найти в документе «Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух» (НИИ «Атмосфера», Санкт-Петербург, 1995).

Каждому веществу в данном перечне присвоен свой код. Загрязняющие вещества представлены в алфавитном порядке (список 1) и по возрастанию кодов (список 2). Там же дан список летучих органических соединений (ЛОС) и групп суммации. Названия веществ приведены в соответствии со списками Госкомсанэпиднадзора РФ, также даны синонимы и торговые названия.

В табл. 2.2 приведены данные по наиболее распространенным загрязняющим веществам.

Наибольшая концентрация (С) каждого вредного вещества в приземном слое не должна превышать максимально разовой предельно допустимой концентрации, т. е. $C \leq \text{ПДК м. р.}$ при экспозиции не более 20 мин. Если время воздействия вредного вещества превышает 20 мин., то $C \leq \text{ПДК с. с.}$

При одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием, их безразмерная суммарная концентрация должна удовлетворять условию:

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

где C_n – концентрация вредных веществ в атмосфере в одной и той же точке местности, мг/м³.

Эффектом однонаправленного действия обладают, например, такие вещества, как диоксиды серы и азота; диоксид серы и сероводород;

сильные минеральные кислоты (серная, соляная, азотная); этилен, пропилен, бутилен, амилен; озон, диоксид азота, формальдегид и др.

В соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.3.02-78 для каждого проектируемого и действующего предприятия, осуществляющего деятельность, связанную с выделением выбросов в атмосферу, устанавливается предельно допустимый выброс вредных веществ (ПДВ) в атмосферу. Условием установления ПДВ является создание приземной концентрации выбрасываемого вещества ниже его ПДК. При определении ПДВ от расчетного источника необходимо учитывать концентрацию загрязняющего вещества в атмосфере от других источников, т. е. фоновую концентрацию вещества. В приземном слое должно соблюдаться условие:

$$C + C_{\phi} \leq \text{ПДК},$$

где C – концентрация вещества в приземном слое, создаваемая источником выброса; C_{ϕ} – фоновая концентрация вещества.

ПДВ рассчитывается в тоннах за год, как количество вредных веществ, которое не разрешается превышать при выбросе в атмосферу. Устанавливаются также контрольные значения ПДВ в граммах за секунду, которые не должны превышать в любой двадцатиминутный интервал времени.

Таблица 2.2

Извлечение из перечня загрязняющих веществ

Код	Наименование вещества	Класс опасности	ПДК	ПДК	ОБУВ
			м. р.	с. с.	
			мг/м ³		
0301	Азота диоксид	2	0,085	0,040	
0304	Азота оксид	3	0,400	0,060	
2041	Акриламид				0,005
2001	Акрилонитрил	2	0,030	0,030	
0101	Алюминия оксид (в пересчете на Al)	2		0,010	
0303	Аммиак	4	0,200	0,040	
0356	Аммония карбонат				0,040
0305	Аммония нитрат (аммиачная селитра)	4		0,300	
0351	Аммония сульфат	3	0,200	0,100	
0330	Ангидрид сернистый (серы диоксид)	3	0,500	0,050	
0338	Ангидрид фосфорный	2	0,150	0,050	

Код	Наименование вещества	Класс опасности	ПДК	ПДК	ОБУВ
			м. р.	с. с.	
			мг/м ³		
1805	Анилин	2	0,050	0,030	
1401	Ацетон	4	0,350	0,350	
0703	Бенз(а)пирен	1		1 10 ⁻⁶	
2704	Бензин (нефтяной малосернистый)	4	5,000	1,500	
2705	Бензин сланцевый (в пересчёте на углерод)	4	0,050	0,050	
0602	Бензол	2	1,500	0,100	
0402	Бутан	4	200,0		
1210	Бутилацетат	4	0,100	0,100	
2902	Взвешенные вещества	3	0,500	0,150	
0316	Водород хлористый (соляная кислота)	2	0,200	0,200	
0317	Водород цианистый (синильная кислота)	2		0,010	
0312	Водорода перекись				0,020
1215	Дибутилфталат				0,100
0856	Дихлорэтан	2	3,000	1,000	
0123	Железа оксид (в пересчете на железо)	3		0,040	
2903	Зола сланцевая	3	0,300	0,100	
0128	Кальция оксид (негашеная известь)				0,300
2726	Канифоль талловая (ГОСТ 1420174)				0,500
2732	Керосин				1,200
0348	Кислота ортофосфорная				0,020
0322	Кислота серная	2	0,300	0,100	
1555	Кислота уксусная	3	0,200	0,060	
0616	Ксилол	3	0,200	0,200	
2904	Мазутная зола ТЭС (в пересчете на ванадий)	2		0,002	
0143	Марганец и его соединения (в пересчете на диоксид марганца)	2	0,010	0,001	
2735	Масло минеральное нефтяное				0,050
0146	Меди оксид (в пересчете на медь)	2		0,002	
0140	Медь сернокислая (в пересчете на медь)	2	0,003	0,001	
0410	Метан				50,0
0516	2-Метилбутадиен-1,3 (изопрен)	3	0,500		
1408	Метилизобутилкетон	4	0,100		

Код	Наименование вещества	Класс опасности	ПДК	ПДК	ОБУВ
			м. р.	с. с.	
			мг/м ³		
1409	Метилэтилкетон				0,100
0150	Натрия гидроксид (натр едкий, сода каустическая)				0,010
0155	Натрия карбонат (сода кальцинированная)				0,040
3132	Натрия ортофосфат (тринатрийфосфат)				0,100
0161	Натрия триполифосфат				0,500
0152	Натрия хлорид (поваренная соль)				0,150
0708	Нафталин	4	0,003	0,003	
0163	Никель металлический	2		0,001	
0164	Никеля оксид (в пересчете на никель)	2		0,001	
0326	Озон	1	0,160	0,030	
0169	Олова диоксид (в пересчете на олово)	3		0,020	
0168	Олова диоксид (в пересчете на олово)	3		0,020	
2418	Пиридин	2	0,080	0,080	
2985	Полиакриламид анионный АК 618				0,250
2984	Полиакриламид катионный АК 617				0,250
0406	Полиэтилен				0,100
0521	Пропилен	3	3,000	3,000	
1608	Пропилена оксид	1	0,080		
2914	Пыль (неорганическая) гипсовая вяжущая из фосфогипса с цементом				0,500
2930	Пыль абразивная (корунд белый, монокорунд)				0,040
2933	Пыль алюмосиликатов (цеолиты природные немодифицированные)				0,020
2931	Пыль асбестосодержащая	1		0,060	
2962	Пыль бумаги				0,100
2936	Пыль древесная				0,100
2937	Пыль зерновая	3	0,200	0,030	
2920	Пыль меховая				0,030
2968	Пыль мыльного порошка				0,100
2907	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния выше 70% (динас)	3	0,150	0,050	

Код	Наименование вещества	Класс опасности	ПДК	ПДК	ОБУВ
			м. р.	с. с.	
			мг/м ³		
2908	Пыль неорганическая 70–20% двуокиси кремния (шамот, цемент и др.)	3	0,300	0,100	
2909	Пыль неорганическая ниже 20% двуокиси кремния (доломит и др.)	3	0,500	0,150	
2988	Пыль полиамида				0,500
2969	Пыль полиамида ПА 610				0,050
2948	Пыль поливинилхлорида				0,100
2922	Пыль полипропилена				0,100
2990	Пыль полистирола				0,350
2975	Пыль синтетического моющего средства марки «Лотос-4»				0,010
2915	Пыль стекловолокна				0,060
2916	Пыль стеклопластика				0,060
2952	Пыль текстолита				0,040
2980	Пыль фенолформальдегидной смолы наволочного типа марки СФ-010; 011				0,050
2995	Пыль фенолформальдегидной смолы резольного типа				0,040
2979	Пыль фенолформальдегидного пресс-порошка марки 03-010-02				0,050
2917	Пыль хлопковая	3	0,200	0,050	
2918	Пыль цементного производства	3		0,020	
0183	Ртуть металлическая	1		0,0003	
0328	Сажа	3	0,150	0,050	
0184	Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	1	0,001	0,0003	
0331	Сера элементарная				0,070
0333	Сероводород	2	0,008		
0334	Сероуглерод	2	0,030	0,005	
2744	Синтетическое моющее средство типа «Лотос»				0,030
2807	Синтетическое моющее средство «Био-С»				0,010
2748	Скипидар	4	2,000	1,000	
2812	Смазочно-охлаждающая жидкость ОСМ-А				0,050
2750	Сольвент-нафта				0,200
1048	Спирт изобутиловый	4	0,100	0,100	

Код	Наименование вещества	Класс опасности	ПДК	ПДК	ОБУВ
			м. р.	с. с.	
			мг/м ³		
1051	Спирт изопропиловый	3	0,600	0,600	
1052	Спирт метиловый	3	1,000	0,500	
1042	Спирт н-бутиловый	3	0,100	0,100	
1054	Спирт пропиловый	3	0,300	0,300	
1061	Спирт этиловый	4	5,000	5,000	
0620	Стирол	2	0,040	0,002	
0882	Тетрахлорэтилен (перхлорэтилен)	2	0,500	0,060	
0192	Тетраэтилсвинец				3x10 ⁻⁵
0621	Толуол	3	0,600	0,600	
0894	1,2,2 Трифтор 1,1,2 трихлорэтан (Фреон 113)				8,000
0902	Трихлорэтан	3	4,000	1,000	
2752	Уайт-спирит				1,000
0401	Углеводороды				
2754	Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉	4	1,000		
0906	Углерод четыреххлористый	2	4,000	0,700	
0337	Углерода оксид	4	5,000	3,000	
2926	Угольная зола ТЭС	2	0,050	0,020	
1071	Фенол	2	0,010	0,003	
1325	Формальдегид	2	0,035	0,003	
0342	Фтористые соединения газообразные (фтористый водород)	2	0,020	0,005	
0349	Хлор	2	0,100	0,030	
0930	Хлоропрен	2	0,020	0,002	
3022	Целлюлоза				0,030
1077	Циклогексанол	3	0,060	0,060	
1411	Циклогексанон	3	0,040		
0207	Цинка оксид (в пересчете на цинк)	3		0,050	
1240	Этилацетат	4	0,100	0,100	
0627	Этилбензол	3	0,020	0,020	
0526	Этилен	3	3,000	3,000	
1611	Этилена оксид	3	0,300	0,030	
1078	Этиленгликоль (Этандиол)				1,000

Если на данном предприятии или группе предприятий, расположенных в одном районе, значения ПДВ по объективным причинам не могут быть достигнуты в настоящее время, допускается планировать поэтапное (с указанием продолжительности каждого этапа) снижение выбросов до величин, обеспечивающих соблюдение ПДК. При этом устанавливаются значения временно согласованных выбросов (ВСВ). ПДВ и ВСВ пересматриваются не реже одного раза в пять лет.

2.3. Расчет количества вредных веществ по удельным показателям

В настоящее время разработаны методики, позволяющие проводить инвентаризацию выбросов вредных веществ в атмосферу по удельным показателям:

- методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов (на основе удельных показателей), СПб, 1997;
- методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (СПб, 1997);
- методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (на основе удельных показателей), СПб, 1997;
- методические указания по определению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из резервуаров (М., 1998). Дополнение к методическим указаниям (СПб, 1999);
- методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автомобильных предприятий (расчетным методом), М., 1998;
- методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании в котлах производительностью до 30 т/ч.

Основным разработчиком методик является НПК (НИИ) “Атмосфера” при ГГО им. А.И. Воейкова. Методика для инвентаризации автотранспортных предприятий разработана Министерством транспорта РФ.

Существуют программные средства для проведения расчетов по удельным показателям, разработанные по указанным методикам:

- программа «Металлообработка», версия 1,01;
- программа «Лакокраска», версия 1,01;

- программа «Сварка», версия 1,01;
- программы валовых выбросов в атмосферу от автотранспорта AVT-1, версия 4; АТП – «Эколог», версия 2.10; АТП ВАЛ, версия 1,0;
- «Магистраль», версия 2,0; «Дизель», версия 1,0;
- программа «Котельные», версия 3,0.

Дальше приведены варианты расчетов загрязняющих веществ от некоторых источников по удельным показателям.

2.3.1. Расчет выбросов от механического участка

Механической обработке подвергаются металлы, сплавы, неметаллы. Для холодной обработки металлов используют токарные, фрезерные, шлифовальные, заточные, сверлильные и другие станки. При обработке хрупких металлов (чугун, цветные металлы и т. п.) в воздушную среду выделяются твердые частицы (пыль). При обработке стали на шлифовальных и заточных станках также образуется пыль, а на остальных станках – отходы только в виде стружки. При применении смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в воздух выделяются аэрозоли и туманы минеральных масел и различных эмульсолов. Выделение пыли при применении СОЖ уменьшается на 85–90%.

Следует отметить, что интенсивность пылеобразования зависит от ряда технологических факторов, поэтому в различных источниках можно встретить несопадающие данные по пылеобразованию.

Поступление вредных веществ в атмосферный воздух при абразивной обработке металлов (заточке, зачистке, шлифовании и полировании) зависит от мощности станка, глубины резания и диаметра круга.

Пример расчета выбросов от станков. На предприятии используются следующие станки:

- | | |
|-------------------------------------|---------|
| – токарные | – 2 шт. |
| – заточный с диаметром круга 300 мм | – 1 шт. |
| – сверлильные | – 2 шт. |
| – строгальные | – 2 шт. |
| – фрезерные | – 2 шт. |
| – шлифовальные | – 2 шт. |

Валовой выброс каждого загрязняющего вещества определяется для каждого станка по формуле

$$M_i = g_i \times t_i \times k \times 3600 \times 10^{-3}, \text{ кг/год,}$$

где g_i – удельное выделение загрязняющего вещества при работе единицы оборудования в течение 1 сек, г; t_i – «чистое» время работы одной единицы оборудования в день, час; k – количество дней работы станка (оборудования) в год.

Величины удельных выделений загрязняющих веществ берутся из таблиц.

Исходные данные для расчета:

- 1) токарный станок $g_i = 0,008$ г/сек, $t_i = 2,5$ час, $k = 255$;
- 2) заточный станок $g_i = 0,034$ г/сек, $t_i = 1,5$ час, $k = 255$;
- 3) сверлильный станок $g_i = 0,001$ г/сек, $t_i = 0,5$ час, $k = 100$;
- 4) фрезерный станок $g_i = 0,006$ г/сек, $t_i = 4$ час, $k = 255$;
- 5) шлифовальный станок $g_i = 0,05$ г/сек, $t_i = 1$ час, $k = 80$.

Максимальный разовый выброс пыли составит:

$$G_{\text{пыли}} = 0,08 \times 2 + 0,034 + 0,001 \times 2 + 0,006 \times 2 + 0,05 \times 2 = 0,164 \text{ г/с.}$$

Валовой выброс металлической пыли составит:

- 1) от токарных станков

$$M_{\text{пыли}} = 2 \times 0,034 \times 1,5 \times 255 \times 3600 \times 10^{-3} = 46,8 \text{ кг/год, или } 0,047 \text{ т/год;}$$

- 2) от заточного станка

$$M_{\text{пыли}} = 1 \times 0,008 \times 2,5 \times 255 \times 3600 \times 10^{-3} = 36,7 \text{ кг/год, или } 0,037 \text{ т/год;}$$

- 3) от фрезерных станков

$$M_{\text{пыли}} = 2 \times 0,006 \times 4 \times 255 \times 3600 \times 10^{-3} = 44,06 \text{ кг/год, или } 0,044 \text{ т/год;}$$

- 4) от сверлильных станков

$$M_{\text{пыли}} = 2 \times 0,001 \times 0,5 \times 100 \times 3600 \times 10^{-3} = 36 \text{ кг/год, или } 0,036 \text{ т/год;}$$

- 5) от шлифовальных станков

$$M_{\text{пыли}} = 2 \times 0,0058 \times 1 \times 80 \times 3600 \times 10^{-3} = 28,8 \text{ кг/год, или } 0,029 \text{ т/год.}$$

Общий выброс пыли от станков составит:

$$M_{\text{пыли}} = 0,037 + 0,047 + 0,044 + 0,036 + 0,029 = 0,193 \text{ т/год.}$$

В качестве охлаждающей жидкости применяется вода.

	г/сек	т/год
металлическая пыль	0,164	0,164
сварочный аэрозоль	0,006	0,006
оксиды марганца	0,0007	0,0007
фтористый водород	0,0007	0,0007

2.3.2. Расчет выбросов вредных веществ от сварочных работ

Расчет количества загрязняющих веществ проводится по удельным показателям, приведенным к расходу сварочных материалов, а также с учетом типов используемого оборудования.

Пример расчета выбросов вредных веществ от сварочных работ. Источник включает выбросы от контактной стыковой, точечной и многоточечной сварки.

Расчет выбросов вредных веществ проводим по удельным величинам выбросов (Тищенко, Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха : справочник. – М. : Химия, 1991. – С. 83).

Контактная точечная электросварка сопровождается выделением сварочного аэрозоля в количестве 5 г/ч на 100 кВА мощности. Количество постов – 3 с номинальной мощностью 100, 80 и 80 кВА (общая мощность 260 кВА).

Время работы – 3 часа в день, число рабочих дней в году – 255.

Общий выброс твердых частиц сварочного аэрозоля составит:

$$M_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = \frac{5 \times 260 \times 3 \times 255 \times 10^{-6}}{100} = 0,01 \text{ т/год.}$$

Из этого количества 3% составляют оксиды марганца:

$$M_{\text{MnO}_2} = 0,003 \text{ т/год;}$$

$$G_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = \frac{5 \times 260}{100 \times 3600} = 0,0036 \text{ г/сек;}$$

$$G_{\text{MnO}_2} = 0,0001 \text{ г/сек.}$$

Многоточечная электросварочная машина МТМ-166 имеет номинальную мощность 300 кВА. Для машин таких марок удельный выброс по сварочной аэрозоли составляет 5,0 г/ч на 100 кВА номинальной мощности, из них 3% приходится на оксиды марганца.

Время работы – 3 ч в день, количество рабочих дней в году – 255.

Величины выбросов составят:

$$M_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = \frac{5 \times 300 \times 3 \times 255 \times 10^{-6}}{100} = 0,011 \text{ т/год;}$$

$$M_{\text{MnO}_2} = 0,0003 \text{ т/год;}$$

$$G_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = \frac{5 \times 300}{100 \times 3600} = 0,004 \text{ г/с;}$$

$$G_{\text{MnO}_2} = \frac{5 \times 300}{100 \times 3600} = 0,0001 \text{ г/с.}$$

Номинальная мощность стыковой машины МС – 150 кВА, удельный выброс сварочной аэрозоли составляет 8,7 г/100 кВА, из них 3% приходится на оксид марганца.

Время работы машины – 3 ч в день, количество рабочих дней в году – 255.

$$M_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = \frac{8,7 \times 150 \times 3 \times 255 \times 10^{-6}}{100} = 0,01 \text{ т/год};$$

$$M_{\text{MnO}_2} = 0,0003 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = \frac{8,7 \times 150}{100 \times 3600} = 0,004 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{MnO}_2} = 0,0001 \text{ г/с}.$$

Общее количество выбросов по источнику составит:

$$M_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = 0,01 + 0,011 + 0,01 = 0,031 \text{ т/год};$$

$$M_{\text{MnO}_2} = 0,0003 + 0,0003 = 0,0009 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = 0,0036 + 0,004 + 0,004 = 0,012 \text{ г/с};$$

$$G_{\text{MnO}_2} = 0,0001 + 0,0001 + 0,0001 = 0,0003 \text{ г/с}.$$

Другой источник включает выбросы от электросварки электродами МР-4 и сварки под флюсом марки АН-30.

Расчет выбросов загрязняющих веществ при сварке электродами проводится по формуле

$$M_i = g_i \times B \times 10^{-3} \text{ кг/год}.$$

где g_i – удельный показатель выделяемого загрязняющего вещества, г/кг сварочного материала; B – масса расходуемых за год электродов, кг.

Для электродов марки МР-4

$$B = 5700 \text{ кг};$$

$$g_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = 10,8 \text{ г/кг};$$

$$g_{\text{MnO}_2} = 1,08 \text{ г/кг};$$

$$g_{\text{HF}} = 1,53 \text{ г/кг}.$$

Общий выброс твердых частиц сварочного аэрозоли составит:

$$M_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = 5700 \times 10,8 \times 10^{-3} = 61,6 \text{ кг/год, или } 0,062 \text{ т/год},$$

в том числе оксида марганца:

$$M_{\text{MnO}_2} = 5700 \times 1,08 \times 10^{-3} = 6,16 \text{ кг/год, или } 0,006 \text{ т/год}.$$

Общий выброс фтористого водорода:

$$M_{\text{HF}} = 5700 \times 1,53 \times 10^{-3} = 8,72 \text{ кг/год, или } 0,009 \text{ т/год}.$$

Максимальный разовый выброс при режиме работы 7 ч. в день, максимальном количестве расходуемых в день электродов 23 кг и числе рабочих дней в году 255 составит:

$$G_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = \frac{23 \times 10,8}{7 \times 3600} = 0,01 \text{ г/сек};$$

$$G_{\text{MnO}_2} = \frac{23 \times 1,08}{7 \times 3600} = 0,001 \text{ г/сек};$$

$$G_{\text{HF}} = \frac{23 \times 1,53}{7 \times 3600} = 0,0014 \text{ г/сек.}$$

Расчет выбросов от сварки под флюсом ведется также по удельным показателям (Тищенко, Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха : справочник. – М. : Химия, 1991. – С. 83).

Годовой расход флюса марки АН-30 составляет 100 кг, тогда выбросы составят:

$$g_{\text{свар.аэроз}} = 0,09 \text{ г/кг};$$

$$g_{\text{MnO}_2} = 0,033 \text{ г/кг};$$

$$g_{\text{HF}} = 0,03 \text{ г/кг.}$$

$$M_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = 100 \times 0,09 \times 10^{-3} = 0,009 \text{ кг/год, или } 0,000009 \text{ т/год};$$

$$M_{\text{MnO}_2} = 100 \times 0,033 \times 10^{-3} = 0,003 \text{ кг/год, или } 0,000003 \text{ т/год};$$

$$M_{\text{HF}} = 100 \times 0,03 \times 10^{-3} = 0,003 \text{ кг/год, или } 0,000003 \text{ т/год.}$$

Максимально разовый выброс при времени работы 3 ч и максимальном расходе флюса 0,5 кг составит:

$$G_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = \frac{0,5 \times 0,09}{3 \times 3600} = 0,000004 \text{ г/сек};$$

$$G_{\text{MnO}_2} = \frac{0,5 \times 0,033}{3 \times 3600} = 0,0000015 \text{ г/сек};$$

$$G_{\text{HF}} = \frac{0,5 \times 0,03}{3 \times 3600} = 0,0000013 \text{ г/сек.}$$

Общие выбросы по источнику составят:

$$M_{\text{т.ч.свар.аэроз}} = 0,062009 \text{ т/год};$$

$$M_{\text{MnO}_2} = 0,006003 \text{ т/год};$$

$$M_{\text{HF}} = 0,009003 \text{ т/год};$$

$$G_{\text{м.ч.свар.аэроз}} = 0,10004 \text{ г/сек};$$

$$G_{\text{МпО}_2} = 0,0010015 \text{ г/сек};$$

$$G_{\text{HF}} = 0,0014013 \text{ г/сек}.$$

2.3.3. Расчет выбросов вредных веществ от механической обработки древесины

В процессе механической обработки древесины выделяется древесная пыль. Количество выделяемой пыли зависит от технологического процесса (пиление, фрезерование, строгание), типа оборудования и количества перерабатываемой древесины.

Расчет количества выделяемой пыли ведется по удельным показателям в зависимости от времени работы каждой единицы оборудования.

Пример расчета выбросов от столярной мастерской. В столярной мастерской имеются циркулярная пила, рейсмусовый станок, фрезерный станок и 2 фуганка. Станки в столярной мастерской работают эпизодически (время работы станков в день от 10 мин до 1 часа, 60–100 дней в году).

Количество выбросов древесной пыли рассчитывается по формуле

$$M = g \times t \times n \times 3600 \times K \times 10^{-3} \text{ кг/год}$$

где g – удельный показатель количества пыли в отходах при работе единицы оборудования; n – количество станков данного типа; t – время работы станков участка в году; K – число дней работы участка в году.

Для циркулярной пилы $t = 1$, $K = 150$, $n = 1$

$$M_{\text{пыли}} = 1,31 \times 1 \times 1 \times 3600 \times 150 \times 10^{-3} = 707,4 \text{ кг/год, или } 0,7074 \text{ т/год.}$$

Для рейсмусового станка $g = 1,44$ г/с, $t = 0,1$, $K = 60$, $n = 1$

$$M_{\text{пыли}} = 1,44 \times 0,1 \times 1 \times 3600 \times 60 \times 10^{-3} = 31,1 \text{ кг/год, или } 0,0311 \text{ т/год.}$$

Для фрезерного станка $g = 1,44$ г/с, $t = 0,2$, $K = 200$, $n = 1$

$$M_{\text{пыли}} = 1,44 \times 0,2 \times 1 \times 3600 \times 200 \times 10^{-3} = 207,36 \text{ кг/год, или } 0,2074 \text{ т/год.}$$

Для фуганка $g = 0,69$ г/с, $t = 1$, $K = 150$, $n = 2$

$$M_{\text{пыли}} = 0,69 \times 0,5 \times 2 \times 3600 \times 150 \times 10^{-3} = 372,6 \text{ кг/год, или } 0,3726 \text{ т/год.}$$

Общее количество выделяющейся пыли составит 1,3185 т/год.

Максимальный разовый выброс составит:

$$G = 1,31 + 1,44 + 1,44 + 0,69 \times 2 = 5,57 \text{ г/с.}$$

2.4. Методы контроля и приборы для измерения концентрации вредных примесей в газовых потоках и атмосферном воздухе

Изучение количественного и качественного состава технологических выбросов в атмосферу проводят:

- при инвентаризации всех источников выбросов предприятия;
- при определении эффективности пылегазоочистного оборудования;
- для разработки и проверки эффективности мероприятий по ликвидации или снижению вредных выбросов;
- для контроля за деятельностью предприятия со стороны инспектирующих организаций.

Кроме технологических выбросов санитарному контролю подлежит состояние воздушного бассейна на территории, прилегающей к предприятию, и в жилых массивах, расположенных вблизи предприятия.

Для проведения анализа газовых смесей и воздуха необходимо прежде всего отобрать представительную пробу воздуха, для чего протягивают воздух воздуходувными устройствами (аспиратор, эжектор, насос) с определенной скоростью, регистрируемой расходомерами (реометр, ротаметр, газовые часы), через накопительные элементы (поглотительные приборы с жидкостью, твердые поглотители). Для подтверждения полученных результатов необходимо в каждой точке отбирать не менее двух параллельных проб. Расхождение результатов не должно превышать 10%.

В технике существуют различные методы определения состава газовых смесей и воздуха.

Исследование состава газов, выбрасываемых в атмосферу, начинают обычно с качественного анализа примесей. Существует несколько методов качественного определения: органолептический, с помощью реактивных бумажек, жидких или твердых поглотителей. Органолептический метод индикации основан на определении примеси по запаху или цвету. Специфическим запахом обладают хлор, аммиак, сероводород, цианистые и многие органические соединения. Хлор имеет желто-зеленую, диоксид азота – красно-бурую, а фтор – зелено-желтую окраску. Однако данный способ очень приближенный, так как и цвет, и запах могут перекрываться побочными примесями.

Метод индикации с помощью реактивных бумажек или жидких поглотителей основан на изменении окраски в присутствии той или

иной примеси. Индикация с помощью пористых поглотителей, пропитанных реактивами и помещенных в стеклянные трубки, также основана на изменении окраски при просасывании через них исследуемого воздуха. В качестве пористого материала применяют силикагель, алюмогель, цеолит, пемзу.

Общий анализ газовой смеси позволяет определить и качественный, и количественный составы. Одним из таких методов является весовой анализ, который основан на осаждении определяемого компонента посредством соответствующих реакций. Осадок отфильтровывают от раствора, прокаливают или высушивают, взвешивают и рассчитывают концентрацию компонента.

Объемный анализ основан на протекании реакции между определяемой составной частью и специальным раствором. Зная объем израсходованного на реакцию раствора и его концентрацию, вычисляют количество определяемого компонента.

Контроль и определение концентраций примесей в газовых смесях и воздухе можно проводить с помощью газоанализаторов, позволяющих осуществлять процесс мгновенно и непрерывно.

Газоанализаторы подразделяются:

- на механические (объемно-манометрические, вискозиметрические, плотномерные, или денсиметрические, акустические, диффузионные);
- тепловые (основаны на измерении тепловых свойств исследуемого компонента);
- магнитные (основаны на индивидуальных различиях магнитных свойств);
- электрические (ионизационные, электрохимические, электроиндуктометрические);
- оптические (интерферометрические, ИК-газоанализаторы, УФ-газоанализаторы);
- спектрофотометры, фотоколориметры, фотометры;
- хроматографические (основаны на различной способности отдельных газовых компонентов сорбироваться твердым или жидким сорбентом);
- масс-спектральные (основаны на определенном значении массы атома, молекулы или иона определяемого компонента).

Запыленность газов определяют методами фильтрации через тканевый фильтр с помощью импакторов (осаждение под действием сил инерции), циклонов (осаждение под действием центробежных сил) или методом электростатического осаждения.

Для экспрессного определения токсичных примесей используют универсальные газоанализаторы упрощенного типа (УГ-2, ГХ-2 и др.), основанные на линейно-колористическом методе анализа. При просасывании воздуха через индикаторные трубки происходит изменение окраски индикаторного порошка. Универсальный газовый анализатор УГ-2 позволяет определить концентрацию 16 различных газов и паров.

Концентрация исследуемого вещества пропорциональна длине окрашенного слоя индикаторной трубки и определяется по шкале. Каждая индикаторная трубка имеет конкретный диапазон измерения концентраций в мг/м³: аммиак (10–1000); ацетон (100–10000); бензин (50–4000); водород фтористый (2–1000); дизельное топливо (5–2000); диоксид азота (2–200); диоксид серы (5–2500); керосин (250–4000); оксид углерода (10–1000); ртуть (пары) – порог 0,003; сероводород (10–1500); толуол (25–2000); уайт-спирит (50–4000); углеводороды нефти (100–2000); фенол (5–250).

Таблица 2.3

Методы измерения концентраций вредных выбросов в атмосферу

Компонент	Диапазон определения, Мг/м ³	Метод анализа
Серы диоксид	10–1000 0–15000	Фотоколориметрический Электрохимический
Серы триоксид	1–300	Турбодиметрический
Углерода оксид	11,8–39950 0–20	Газохроматографический Фотоколориметрический
Азота оксид	10–1000 0–5	Фотоколориметрический Хемилюминесцентный
Азота диоксид	10–1000 0–15000	Фотоколориметрический Электрохимический
Сероводород	5–50 0–15000	Фотоколориметрический Электрохимический
Газообразные соединения фтора	0,5–500	Потенциометрический Ионометрический
Аммиак	2–2000 3–30000 0–15000	Фотоколориметрический Титриметрический Электрохимический

Компонент	Диапазон определения, Мг/м ³	Метод анализа
Углеводороды	0–5	Плазменно-ионизационный Газохроматографический
Пыль неорганическая		Гравиметрический
Фенол, формальдегид		Фотометрический

В табл. 2.3 приведены методы измерения концентраций некоторых веществ в отходящих газах и атмосферном воздухе. Следует отметить, что для проведения природоохранного и санитарного контроля применимы только методики, аттестованные в Госстандарте РФ, Минприроды РФ и Госкомитете СЭН Минздрава РФ. Например, РД 52.04.59-85. «Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах».

2.5. Рассеивание вредных веществ в атмосферном воздухе

В настоящее время единственным утвержденным документом по расчетам рассеивания являются «Указания по расчету рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий» ОНД-86.

Примесь, выброшенная в атмосферу из источников, рассеивается и переносится в воздухе постоянно существующими в атмосфере турбулентными вихрями разных масштабов. Интенсивность атмосферной турбулентности (диффузии) примеси в разных погодных условиях различна и определяется главным образом двумя факторами: вектором скорости ветра и вертикальным температурным градиентом.

Для определения опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха вредными веществами рассчитывают наибольшую концентрацию этих веществ в расчетной точке (на промышленной площадке или в жилом районе), соответствующей наиболее неблагоприятным метеорологическим условиям (интенсивный вертикальный турбулентный обмен при опасной скорости ветра).

Наибольшая допустимая концентрация каждого вредного вещества в расчетной точке C приземного слоя атмосферы на промышленной площадке в местах организованного и неорганизованного воздухозабора системами вентиляции и кондиционирования воздуха определяется по формуле в мг/м³

$$C \leq 0,3 \text{ ПДК р. з.},$$

а в населенных местах – по формуле

$$C \leq \text{ПДК н. м.}$$

В приведенных формулах используются максимальные часовые количества вредных веществ, ПД р. з. – предельно допустимая концентрация в рабочей зоне; ПДК н. м. – предельно допустимая концентрация для населенных мест.

Если при выбросах в атмосферу вредные вещества полностью или частично превращаются в более токсичные, то в расчетах необходимо учитывать образовавшиеся вещества. При одновременном присутствии в атмосфере нескольких вредных веществ, обладающих суммацией действия, рассчитывается безразмерная суммарная концентрация для каждой группы однонаправленно действующих вредных веществ. К вредным веществам однонаправленного действия относятся вещества, близкие по химическому строению и характеру биологического воздействия на организм человека.

При проведении расчетов необходимо учитывать фоновые концентрации вредных веществ. Сумма расчетной и фоновой концентраций для каждого вредного вещества не должна превышать установленной ПДК. Фоновую концентрацию запрашивают в Госкомгидромете по месту размещения предприятия.

Для расчета рассеивания вредных веществ, содержащихся в выбросах нескольких источников, созданы унифицированные программы расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА), основанные на методике ОНД-86. Существуют несколько версий УПРЗА: «Эколог»; «Воздух-3»; «Эколог-ПРО» (с учетом застройки; с учетом застройки и высоты); «Эколог-ГАЗ» (для газокompрессорных станций).

2.6. Пути снижения загрязнений воздушной среды

Основными направлениями снижения загрязнения воздушной среды являются:

- рационализация технологий;
- архитектурно-планировочные мероприятия;
- организация санитарно-защитной зоны;
- очистка газовых выбросов.

Рационализация технологий для снижения вредных выбросов в атмосферу в зависимости от реальных возможностей может заключаться в следующем:

- совершенствование технологических процессов, вплоть до создания полностью замкнутых технологических схем;
- замена вредных сырьевых материалов на менее вредные или безвредные вещества (например, перевод котельных с твердого топлива или мазута на газ);
- очистка сырья от вредных примесей (например, удаление серы из топлива);
- замена сухих способов переработки пылящих материалов на мокрые (мокрый помол в цементной промышленности ликвидирует выброс пыли в атмосферу);
- использование электрического нагрева вместо пламенного, что позволяет легче поддерживать оптимальные параметры и ликвидировать продукты сгорания;
- герметизация оборудования;
- замена периодических процессов на непрерывные (это приводит к исключению залповых выбросов при перегрузке реакционных масс);
- перепрофилирование или ликвидация экологически опасных процессов.

Архитектурно-планировочные мероприятия включают:

- выбор места строительства и компоновку зданий и сооружений в зависимости от потенциала загрязнения района и климатических характеристик, в частности ветровых потоков;
- централизацию технологических коммуникаций и выбросов.

Организация санитарно-защитной зоны (СЗЗ) необходима для защиты населенных пунктов от производственных загрязнений. Размер СЗЗ зависит от комплексного расчета рассеивания вредных веществ, удаляемых всеми источниками с учетом суммации их действия и наличия загрязнений, создаваемых соседними предприятиями и транспортом. Размер СЗЗ устанавливается на основании «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий» в зависимости от санитарной классификации предприятия.

После установления размера СЗЗ параметры уточняются в зависимости от розы ветров района расположения предприятия по формуле

$$L = L_0 P/P_0 \text{ при } P > P_0,$$

где L_0 – расчетное расстояние от источника загрязнения до точки, в которой концентрация вредных веществ равна ПДК; P – среднегодовая повторяемость направления ветров рассматриваемого румба; P_0 – повторяемость направления ветров одного румба при круговой розе ветров (для восьмирумбовой розы ветров $P_0 = 8$).

В любом случае размер СЗЗ рекомендуется принимать не менее установленного по санитарной классификации.

Санитарно-защитные зоны необходимо озеленять газоустойчивыми деревьями и кустарниками. Существует номенклатура объектов и планировочных элементов, допускаемых на территории СЗЗ.

Очистка газовых выбросов от вредных веществ описана в следующем разделе. Эффективность газоочистки зависит от типа газоочистного оборудования, скорости переноса частиц, вида загрязнителя и размера улавливаемых частиц.

2.7. Технические средства очистки отходящих газов

Технические средства очистки отходящих газов применяются в тех случаях, когда концентрация вредных выбросов в воздухе превышает ПДК. Классификация существующих видов очистки газовых выбросов показана в табл. 2.4.

Широкое распространение для очистки отходящих газов от пыли получили сухие циклоны различных типов. Отделение частиц пыли от газа в циклонах происходит под действием центробежных сил. Циклоны различают цилиндрические (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24, ЦП-5) и конические (СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М, СДК-ЦН-33). Цилиндрические циклоны часто используют на стадии предварительной очистки газов перед фильтрами и электрофильтрами. Для очистки больших масс газов применяют батарейные циклоны (большое число параллельно установленных циклонных элементов).

Для очистки воздуха от мелкодисперсной пыли, а также для очистки нагретых и взрывоопасных газов применяют аппараты мокрой очистки. Наиболее применимы на практике скрубберы Вентури и пенные аппараты. Недостатком мокрых пылеуловителей является образование шлама, что требует специальных решений по его переработке. Кроме того, необходимо создавать обратные системы подачи воды в пылеуловитель.

Методы абсорбции основываются на поглощении газов и паров жидкостями, тогда как методы адсорбции основаны на способности некоторых тонкодисперсных твердых тел селективно поглощать отдельные компоненты газов. Хемосорбция заключается в поглощении газов и паров жидкими или твердыми поглотителями с образованием малорастворимых или малолетучих соединений.

Для тонкой очистки газов от частиц и капельной жидкости применяют различные фильтры. Процесс фильтрования состоит в задержании частиц примесей на пористых перегородках при движении через них загрязненных газовых потоков. Классификация фильтров основана на типе фильтровой перегородки, конструкции фильтра и его назначении, тонкости очистки и др.

Таблица 2.4

Сравнительная оценка различных способов очистки
и обезвреживания газовых выбросов

Наименование компонента	Способ очистки	Концентрация, мг/м ³	Степень очистки, %
Азота оксиды	Абсорбция 75–91%-й серной кислотой в пенных аппаратах	9000–13500	79–80
	Каталитическое окисление	9000–22500	90–96
	Адсорбция на угле СКТ	11000–13500	96–96,8
Ацетон	Каталитическое окисление на меднохромовом катализаторе	–	78–100
Бензол	Каталитическое окисление	–	85–100
Песок (0–90 мк)	Осаждение в инерционном пылеуловителе	500–4000	95–96
	Фильтрование через замшу	3260–8340	99,8
	Фильтрование через ткань ДИЗ	5600	99,4
Серная кислота	Центрифугирование	310–1070	93,8–95
Сероводород	Абсорбция	1600	99,5
	Адсорбция на поглотителе ГИАП-10-2	100	99,9
	Адсорбция на цеолитах	2200	99,9
	Адсорбция на угле	2000–4000	99
Сероуглерод	Адсорбция на поглотителе ГИАП-10	1000	99–99,9
Серы диоксид	Адсорбция	5000	80
Углерода диоксид	Абсорбция водой		93,7–98,7
	Абсорбция раствором моноэтаноламина		71,9–95,6

Наименование компонента	Способ очистки	Концентрация, мг/м ³	Степень очистки, %
Углерода оксид	Абсорбция медноаммиачноацетокarbonатным раствором	35–584	98,5–99,9
	Отмывка жидким азотом (вымораживание)	35–584	99,9
Уголь	Фильтрование через бумажный фильтр ЛИОТ	2,5–5	96
Фенол	Каталитическое окисление		100
Формальдегид	Адсорбция 30%-ым раствором уротропина	62–170	64,5–70,5
	Адсорбция щелочным раствором	122,7	89,5
	Адсорбция водой	800	90
Фтор	Адсорбция водой	1600	96,2
Цемент	Улавливание в инерционном пылеуловителе	500–4000	90
	Фильтрование через бумажный фильтр ЛИОТ	2,5–8	96
Этилмеркаптан	Каталитическое окисление	1000	100
	Адсорбция на поглотителе ГИАП-10		99–99,9

По типу перегородки фильтры бывают: с зернистыми слоями (неподвижные, свободно насыпанные зернистые материалы, псевдооживленные слои); с гибкими пористыми перегородками (ткани, войлоки, волокнистые маты, губчатая резина, пенополиуретан и др.); с полужесткими пористыми перегородками (вязаные и тканые сетки, прессованные спирали и стружка и др.); с жесткими пористыми перегородками (пористая керамика, пористые металлы и др.).

Наибольшее распространение в промышленности для сухой очистки газовых выбросов получили рукавные фильтры.

Ниже приведена сравнительная оценка различных способов очистки и обезвреживания некоторых загрязняющих атмосферу компонентов.

Раздел 3. БЕЗОПАСНОЕ ОБРАЩЕНИЕ ОТХОДОВ

Развитие промышленности ведет к увеличению ресурсопотребления и к росту отходов, создающих огромные проблемы по их обезвреживанию, утилизации и захоронению. Эти проблемы давно приобрели международный характер. Все индустриально развитые страны сталкиваются с растущим накоплением отходов.

Использование отходов в производстве влечет за собой решение не только экологических, но и значительных экономических проблем, а также сбережение природных ресурсов. При повторном вовлечении в процесс производства в качестве сырья полученных отходов может быть снижено и потребление энергии.

3.1. Классификация отходов

Отходы производства образуются по одной из приведенных ниже причин:

- неполное использование исходного сырья, полупродуктов и материалов в силу несовершенства или особенностей технологий производства (например, образование стружки при механической обработке металлов);
- ограниченное содержание ценных компонентов в извлекаемых природных ресурсах (основная причина образования отвалов пустых пород);
- несовершенная технология извлечения полезных компонентов из природных ресурсов (не используются материалы с низким содержанием ценных компонентов);
- ограниченная возможность целевого использования исходного сырья (это приводит к образованию тяжелых остатков в нефтепереработке, шлаков ТЭС, ТВЭЛов на АЭС и др.);
- износ оборудования;
- образование отработанных материалов (дезактивированные катализаторы, упаковочные материалы, крепежные детали и т. д.);
- работа очистных сооружений (пыли и шламы от газоочистки, шламы, илы от очистки растворов или сточных вод).

Отходы различаются по своему физико-химическому состоянию: жидкие, пастообразные, в виде суспензий, твердые, порошкообразные.

Основной характеристикой отхода является его химический состав, включая содержание радионуклидов. Для отходов неизвестного состава необходимо химическое исследование с определением наиболее токсичных компонентов.

Для некоторых вторичных материалов разработаны ГОСТы. Для твердых бытовых отходов (ТБО), смёта и строительных отходов характеристикой является морфологический состав.

Вредные вещества по степени воздействия на организм человека в соответствии с ГОСТ 12.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» подразделяются на четыре класса опасности:

- первый – чрезвычайно опасные вещества;
- второй – высокоопасные вещества;
- третий – умеренно опасные вещества;
- четвертый – малоопасные вещества.

Класс опасности отходов определяется по наиболее токсичному компоненту, входящему в его состав. Существует «Временный классификатор токсичных промышленных отходов» с указанием классов опасности. Экспериментальное определение класса опасности проводится на основании санитарно-гигиенических, радиологических и других исследований органами Госсанэпиднадзора.

Класс опасности отхода может быть определен расчетным путем на основании действующих «Методических рекомендаций по расчету класса токсичности». Однако приоритет имеет экспериментальный метод определения класса опасности.

3.2. Нормирование образования и лимитирование размещения отходов

В соответствии с Федеральным законом РФ «Об отходах производства и потребления» предприятия и организации должны разрабатывать проекты нормативов образования и лимитов размещения отходов (ПНОЛРО).

Основой ПНОЛРО является инвентаризация образующихся на предприятии отходов с разбивкой по классам опасности, а также мест их размещения (в том числе временного). По каждому технологическому процессу или участку на основании балансовой схемы рассчитыва-

ется количество отходов, образующихся от основных и вспомогательных операций.

Расчет количества образования отходов производства и потребления возможно вести по удельным показателям на основе данных «Сборника удельных показателей образования отходов производства и потребления» (М., 1999) и других справочных материалов.

Под удельными показателями образования отходов производства понимается количество или доля отходов, образующихся в расчете на единицу выпускаемой продукции или перерабатываемого сырья. Удельный показатель образования отходов потребления дается в расчете на единицу какого-либо условного параметра (единицы длины, поверхности, произведенной работы, количества услуг, станков и т. п.).

Величины удельных показателей определены как среднестатистические и среднеотраслевые и носят ориентировочный характер. Наиболее точными являются показатели, регламентируемые нормативно-техническими документами: ГОСТом, ОСТом, техническими условиями и т. д. Фактические количества образующихся отходов можно установить лишь при наличии действенной системы учета (например, ведение журнала движения отходов).

В табл. 3.1 даны удельные показатели образования отходов для некоторых технологических процессов.

Оформление проекта ПНОЛРО регламентируется «Методическими рекомендациями по оформлению проекта нормативов образования и лимитов размещения отходов» (М., 1999; разработчик – Госкомитет по охране окружающей среды РФ).

Существуют программные средства серии «Эколог» для расчета нормативов образования отходов на автотранспортных предприятиях («АТП Отходы»), расчета нормативов образования отходов от деревообработки («Отходы деревообработки») и некоторые другие.

Лимиты размещения отходов оформляются в табличной форме с разбивкой по классам опасности, где учитывается количество отходов образовавшихся, использованных и обезвреженных (на специализированных или собственном предприятиях), а также размещенных (захороненных или временно накопленных на территории предприятия).

Таблица 3.1

Удельные показатели образования отходов от некоторых
технологических процессов

№ п/п	Технологический процесс	Наименование отхода или попутного продукта	Значение удельного показателя
1.	Прессование технических изделий из порошков: Фенолформальдегида Карбамида Пенопласта	Пресс-остатки (облой, грат)	т/т продукции 0,029–0,100 0,035 0,120
2.	Изготовление пакетов из полиэтиленовой пленки	Отходы пленки, содержащие сополимер, винилхлорид и винилизохлорид	т/т продукции 0,023
3.	Литье изделий из полимерных материалов на основе: полиэтилена низкого давления полипропилена	Отходы Полиэтилена Полипропилена	т/т продукции 0,040 0,050
4.	Изготовление изделий из стеклопластиков	Отходы стеклопластиков	т/т продукции 0,108
5.	Металлообработка Расточные станки Токарные и токарно-револьверные станки Продольно-строгальные станки Фрезерные станки Карусельные станки Зачистка Шлифовка	Металлическая стружка, куски металла и т. п. Отходы абразивного порошка, пыли Шлам шлифовальный	Кг/смену (кг/час) в зависимости от массы деталей и сложности обработки 12–24 (1,5–3, 0) 20 (2,5) 48(6,0) 48–72 (6,0–9,0) до 90 (11,3) 1,5 на 1 тыс. деталей (в среднем) 0,1 кг/т продукции

№ п/п	Технологический процесс	Наименование отхода или попутного продукта	Значение удельного показателя
6.	Обслуживание станков или ободования (техники) Специальные токарные Токарно-винторезные Токарные отрезные, центровальные, одношпиндельные автоматы Сверлильные Шлифовальные, копировальные, притирочные, универсально-заточные Заточные Карусельные, расточные, продольно-строгальные, продольно-фрезерные	Обтирочные материалы (ветошь)	Г/смену (из расчета 8-часового рабочего дня 120 70–200 70 50–80 80–100 35 150–200
7.	Деревообработка Изготовление столярных изделий (окна, двери и т. п.) Изготовление упаковочной тары (ящиков)	Опилки, стружки Кусковые отходы Обрезки Опилки	В % от объема исходных материалов 15–19% 25–30% 32% 16%
8.	Техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей	Отработанные моторные масла Отработанные трансмиссионные масла Замасленная обтирочная ветошь	0,56 л на 100 л израсходованного топлива 0,02 л на 100 л израсходованного топлива 1,05 кг на 10 тыс. км пробега
9.	Шиномонтаж, шиноремонт и вулканизационные работы для легковых автомобилей	Изношенные шины и автомобильные камеры Отходы резинотехнических материалов	3,7 кг на 10 тыс. км пробега 0,1 кг на 10 тыс. км пробега
10.	Ремонт или замена аккумуляторных батарей в легковых автомобилях	Отработанные электролиты Лом свинца от отработанных аккумуляторов	0,6 л на 10 тыс. км про бега 0,94 кг на 10 тыс. км пробега

№ п/п	Технологический процесс	Наименование отхода или попутного продукта	Значение удельного показателя
11.	Окраска легковых автомобилей	Отходы лакокрасочных материалов	0,3 кг на 10 тыс. км пробега
12.	Пошив обуви	Обрезь хромовая Вырубка от юфтовых кож Вырубка кожаная (жестких кож)	21,7 кг на 100 м ² продукции 40,8 кг на 100 м ² сырья (кожи) 94,5 кг на 100 м ² сырья (кожи)

3.3. Экология захоронения отходов

Одним из самых распространенных способов избавления от отходов является их захоронение. Растущее накопление отходов несет серьезную угрозу экологическому равновесию и здоровью человека.

Влияние размещения отходов на загрязнение сред и здоровье человека показано на рис. 3.1.

Захоронение твердых бытовых отходов происходит на свалках, где для обеззараживания мусора используется покрытие отбросов слоем земли толщиной 25–50 см.

Организация свалок должна соответствовать «Санитарным правилам устройства и содержания полигонов для твердых бытовых отходов» (М., 1983, Минздрав СССР).

Для захоронения отходов производства следует использовать специально оборудованные полигоны. Организация таких полигонов должна проводиться в соответствии со СНиП 2.01.28-85 «Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию» (Постановление Госстроя СССР, 1985 г., № 98).

Способ захоронения отходов зависит от их токсичности (класса опасности) и водорастворимости. Пастообразные отходы 1-го класса опасности, содержащие водорастворимые вещества, должны поступать на захоронение в специальных герметических металлических контейнерах.

Захоронение отходов различного класса опасности должно осуществляться отдельно в специальные карты, расположенные на участке.

Основным показателем пригодности участка для захоронения отходов является коэффициент фильтрации грунтов. Для отходов 4 класса опасности необходим коэффициент фильтрации не более 10–5 см/с; для нерастворимых веществ 2 и 3 класса опасности – не более 10–7 см/с; для нерастворимых веществ 1 класса и растворимых 2 и 3 класса коэффициент фильтрации должен составлять не более 10–8 см/с.

Если грунты более проницаемы, чем это необходимо, то проводят специальные мероприятия по устройству противодиффузионных экранов.

При захоронении пылевидных отходов необходимо предусматривать мероприятия, гарантирующие исключение разноса этих отходов ветром в момент разгрузки.

Заполненные отходами карты изолируют местным грунтом с последующей обработкой верхней части этого слоя.

Захоронение радиоактивных отходов ведется на централизованных пунктах в соответствии с НРБ-78 и ОСП-72-80.

При выборе места для захоронения отходов прежде всего необходимо учитывать естественные факторы: геологические (петрографический состав породы, тектонические характеристики и т. д.) и гидрогеологические условия (поровая вода, трещинная вода, проницаемость, движение подземных вод).

В соответствии со СНиП 2.01.28-85 для обеспечения контроля высоты стояния грунтовых вод, их физико-химического и бактериологического состава на территории участка захоронения отходов и в его санитарно-защитной зоне должны быть предусмотрены створы наблюдательных скважин.

3.4. Безотходные и малоотходные технологии

Радикальное решение проблем защиты окружающей среды от отходов производства возможно при широком применении безотходных и малоотходных технологий.

Под безотходной технологией, безотходным производством, безотходной системой понимают не просто технологию или производство того или иного продукта (или продуктов), а принцип организации функционирования производства. При этом рационально используются все компоненты сырья и энергии в замкнутом цикле (первичные сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырь-

евые ресурсы), т. е. не нарушается сложившееся экологическое равновесие в биосфере.

Малоотходная технология является промежуточной ступенью при создании безотходного производства. При малоотходном производстве вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарными органами, но по техническим, экономическим, организационным или другим причинам часть сырья и материалов переходит в отходы и направляется на длительное хранение или захоронение.

Основой безотходных производств является комплексная переработка сырья с использованием всех компонентов, поскольку отходы производства – это по тем или иным причинам неиспользованная часть сырья. Большое значение здесь приобретает разработка ресурсосберегающих технологий.

3.5. Утилизация отходов

Во всех развитых странах в наибольшей степени утилизируются черные и цветные металлы. Слаборазвитые страны при этом стремятся к экспорту металлосодержащих отходов для использования их в качестве источников металлов. Технологии процессов здесь разнообразны и отработаны во многих странах, включая Россию.

Большую проблему составляет растущее количество полимерных отходов. Возможна химическая переработка твердых полимерных отходов в процессах термического крекинга, гидролиза, гликолиза, метанолиза, электрокинетической газификации и гидрогенерирования. Основные направления химической вторичной переработки отходов: термический и каталитический крекинг, пиролиз и сжигание отходов с получением резервного сырья для бензина.

Существуют разработки по использованию отходов пластмасс для производства строительных материалов. В Италии твердые пластиковые отходы предложено использовать как добавки в асфальтобетонные смеси в дорожном строительстве.

Проблема переработки полимерной упаковки во Франции решается получением из полиэтиленовых бутылок волокон для спортивных курток или бутылок, переплавкой в трубы. Неперерабатываемые отходы сжигают с получением тепла. При этом должен учитываться эколо-

гический ущерб из-за загрязнения окружающей среды при транспортировке, использовании энергии, воды и пр.

В целом по Европе из полимерных отходов потребления используется около 2%, а в США около 1%.

Институт синтетических полимерных материалов РАН разработал упругодеформационный метод и технологию переработки отходов производства и потребления полимерных материалов. Предложены экологически чистые технологии утилизации отходов производства и потребления резиновых изделий, получения волокнистых полуфабрикатов из древесины, переработки отходов производства искусственных кож, утилизации смешанных полимерных отходов.

Институт физиологически активных веществ РАН разработал метод утилизации высокотоксичных отходов, образующихся при производстве фторопластов.

Наиболее распространен способ дробления полимерных отходов с последующим литьем готовых изделий, например ящиков, ведер, упаковочных контейнеров и т. п.

Утилизация резиновых изделий также предпочтительна путем механического истирания и вторичного использования полученного порошка для формования изделий.

Старые шины в виде крошки используют для получения новых шин, тормозных колодок, садовых шлангов, прокладок, подметок для обуви, ковриков для пола и др. Возможна утилизация покрышек путем сжигания.

В Англии автомобильные и тракторные покрышки сжигаются на мусоросжигательных установках. Изучена возможность пиролиза покрышек с получением жидкого топлива.

В Германии налажен сбор старых автомобилей. Демонтаж их производят с сортировкой деталей по материалам (резина, пластики, эластомеры, дерево, стекло) для возвращения их в рецикл.

Большую проблему представляет собой переработка и утилизация золошлаковых отходов тепловой энергетики. Золоотвалы являются источником загрязнения окружающей среды. Одновременно они являются ценным сырьем. По своему химическому и гранулометрическому составу золы и золошлаковые отходы могут быть использованы в промышленности строительных материалов: для производства цемента,

силикатного кирпича, керамических материалов и плитки, бетонных и железобетонных изделий, пористых заполнителей, рубероида и др. Зола и золошлаковые отходы могут использоваться вместо грунта для отсыпки земляного полотна, дорожного покрытия, обвалования дамб. Из золы ТЭС можно извлекать металлы и сплавы, в том числе ванадий, алюминий, ферросилиций. Однако уровень использования золошлаковых отходов не превышает 10% годового выхода.

Наибольшую тревогу вызывает проблема радиоактивных отходов. Высокоактивные отходы от АЭС минерализуют и остекловывают и до захоронения 15–20 лет выдерживают в специальных наземных хранилищах до распада основной активности. Современная технология захоронения долгоживущих ядерных отходов не может гарантировать безопасность захоронения на большие сроки, т. к. существует предел времени, когда не исключена утечка радиоактивности в окружающую среду. Предложена ядерная трансмутация для снижения долгоживущей радиоактивности. Процесс можно проводить в реакторах, электронно-ядерных установках, где используют мощные ускорители протонов промежуточной энергии.

В рамках программы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС разработаны методы извлечения радионуклидов из почв с помощью металлофильных микроорганизмов (Институт биокolloидной химии Укр. АН). Институтом структурной макрокинетики РАН разработаны технические основы экологически безопасной СВС-технологии отверждения радиоактивных отходов в минералоподобные материалы, обладающие высокой устойчивостью к выщелачиванию, тепловым и радиологическим воздействиям.

На рис. 3.1 приведена классификация методов утилизации и ликвидации опасных отходов.

Следует отметить, что расширение областей утилизации отходов невозможно без организации новых действенных систем сбора и обработки отходов с привлечением всех групп населения.

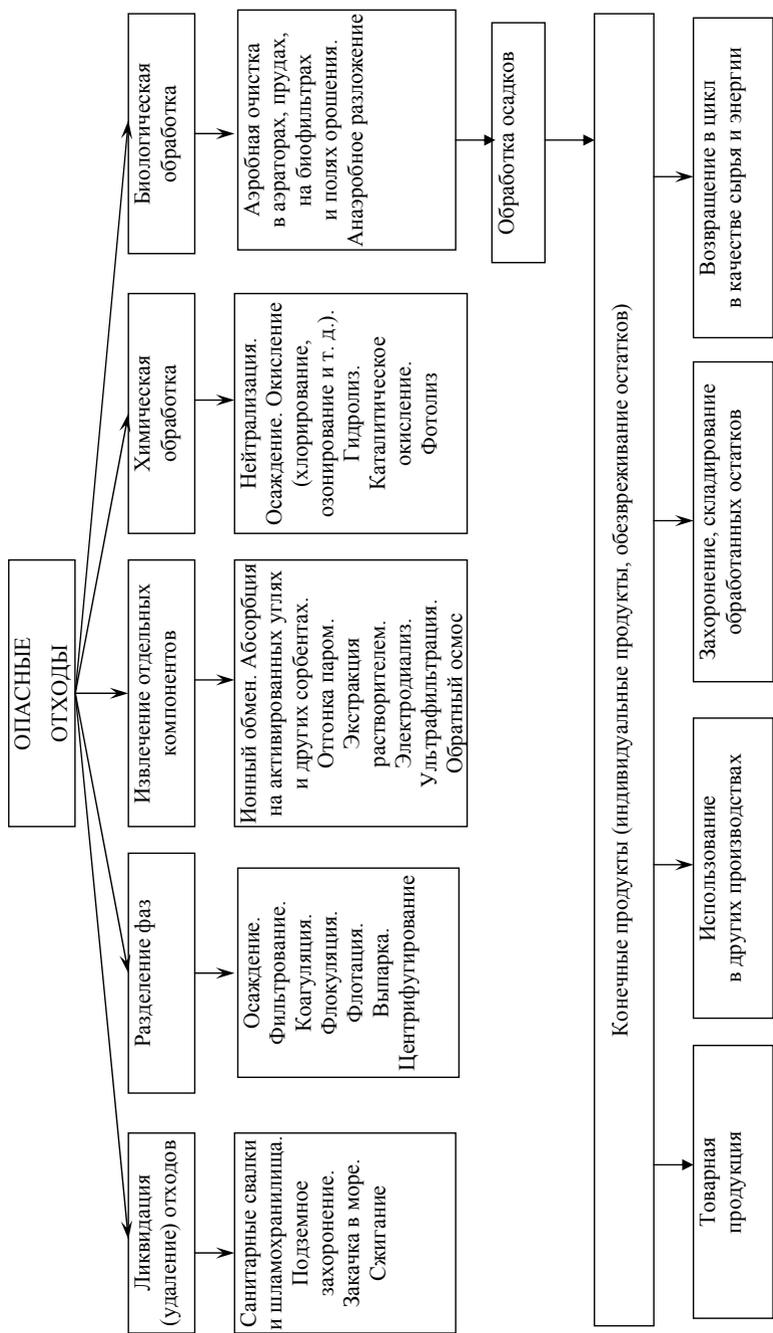


Рис. 3.1. Классификация методов утилизации или ликвидации опасных отходов

Раздел 4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

4.1. Защита от электромагнитных полей

Спектр электромагнитных колебаний по частоте достигает 10–21 Гц. В зависимости от энергии фотонов (квантов) его подразделяют на область неионизирующих и ионизирующих излучений. В гигиенической практике к неионизирующим излучениям относят также электрические и магнитные поля.

К электромагнитным полям (ЭМП) промышленной частоты (50 Гц) относятся линии электропередач (ЛЭП) напряжением до 1150 кВ, открытые распределительные устройства, включающие коммутационные аппараты, устройства защиты и автоматики, измерительные приборы.

Источником электромагнитного излучения являются установки с машинными и ламповыми генераторами для индукционной термической обработки металлов (закалка, плавка, пайка, сварка), индукторы, трансформаторы и конденсаторы.

Длительное действие ЭМП приводит к расстройствам, которые субъективно выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной областях, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в сердце. Для хронического воздействия ЭМП промышленной частоты характерны нарушения ритма и замедление частоты сердечных сокращений, могут наблюдаться функциональные нарушения в ЦНС и сердечно-сосудистой системе, в составе крови.

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляется по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются «Санитарными нормами и правилами выполнения работ в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты» № 5802-91 и ГОСТ 12.1.002-84.

Интенсивность облучения электромагнитного поля характеризуется напряжением переменного электрического поля (В/м) и магнитного поля (А/м), а в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ) выражается величиной плотности потока мощности (Вт/м², Вт/см², мВт/см²) м. б., м².

Влияние электрических полей переменного тока промышленной частоты в условиях населенных мест (внутри жилых зданий, на территории жилой застройки и на участках пересечения воздушных линий с автомобильными дорогами) ограничивается «Санитарными нормами и правилами защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты» № 2971-84. В качестве предельно допустимых уровней приняты следующие значения напряженности электрического поля:

- внутри жилых зданий – 0,5 кВ/м;
- на территории жилой застройки – 1 кВ/м;
- в населенной местности, вне зоны жилой застройки (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа, в пределах поселковой черты этих пунктов), а также на территории огородов и садов – 5 кВ/м;
- на участках пересечения воздушных линий (ВЛ) с автомобильными дорогами I–IV категорий – 10 кВ/м;
- в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и частично посещаемые людьми, доступные для транспорта, и сельскохозяйственные угодья) – 15 кВ/м;
- в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках, специально выгороженных для исключения доступа населения, – 20 кВ/м.

Необходимо учитывать также воздействие электростатического поля (ЭСП). Нормирование уровней напряженности ЭСП осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.045-84 в зависимости от времени пребывания персонала на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности ЭСП равен 60 кВ/м в течение 1 ч. При напряженности менее 20 кВ/м время пребывания в эСП не регламентируется.

4.2. Защита от ионизирующих излучений

Ионизирующее излучение вызывает в организме цепочку обратимых и необратимых изменений. Пусковым механизмом воздействия являются процессы ионизации и возбуждения атомов и молекул в тканях. Диссоциация сложных молекул в результате разрыва химических связей – прямое действие радиации. В результате радиационно-хи-

мических изменений нарушаются обменные процессы, замедляется и прекращается рост тканей, возникают новые химические соединения, несвойственные организму. Эффекты воздействия ионизирующего излучения на биологические объекты развиваются в течение разных промежутков времени – от нескольких секунд до многих часов, дней, лет.

Ионизирующая радиация при воздействии на организм человека может вызвать два вида эффектов, которые клинической медициной относятся к болезням: детерминированные пороговые эффекты (лучевая болезнь, лучевой ожог, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.) и стохастические (вероятностные) беспороговые эффекты (злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни).

Гигиеническая регламентация ионизирующего излучения осуществляется Нормами радиационной безопасности «(НРБ-96)», Гигиеническими нормативами «(ГН 2.6.1.054-96)».

Для дозиметрии ионизирующих величин используют следующие величины и единицы:

1. Физическая величина Единица Внесистемная и ее символ в системе СИ единица.
2. Активность, С Бк (беккерель) Ки (Кюри).
3. Поглощенная доза, Д Гр (грей) Рад (рад).
4. Эквивалентная доза, Н Зв (Зиверт) БЭР (бЭР).
5. Экспозиционная Кл/кг Р (рентген) доза, Х (кулон на килограмм).

Шкала степени облучения человека

450 бЭР Тяжелая степень лучевой болезни (погибает 50% облученных).

100 бЭР Нижний уровень развития легкой степени лучевой болезни.

75 бЭР Кратковременные незначительные изменения состава крови.

30 бЭР Облучение при рентгеноскопии желудка (местное).

25 бЭР Допустимое аварийное облучение персонала (разовое).

10 бЭр Допустимое аварийное облучение населения (разовое).

5 бЭР Допустимое облучение персонала в нормальных условиях за год.

3 бЭР Облучение при рентгенографии зубов.

500 мбЭР Допустимое облучение населения в нормальных условиях за год.

0,06 мбЭР/ч

100 мбЭР Фоновое облучение за год.

0,011 мбЭР/ч

1 мбЭР Телевидение (4 часа в день).

Для обеспечения безопасности от радиационного воздействия необходим дозиметрический контроль за уровнем радиации окружающей среды и в первую очередь на предприятиях и установках, работа которых связана с ионизирующими излучениями. Для дозиметрического контроля используется дозиметрическая аппаратура стационарного и переносного типа: рентгенметры, радиометры и индикаторы излучения.

Таблица 4.1

Меры защиты от различных путей радиационного воздействия

Путь радиационного воздействия	Меры защиты
Внешнее облучение радионуклидами в факеле выброса	Укрытие, эвакуация, контроль доступа в район загрязнения
Внутреннее облучение в результате вдыхания радионуклидов в факеле выброса (внутреннее загрязнение)	Укрытие, простейшая защита органов дыхания, прием стабильного йода, эвакуация, контроль доступа в район загрязнения
Поверхностное загрязнение людей в результате осадения радионуклидов из факела выброса или радиоактивных выпадений на территорию	Укрытие, эвакуация, контроль доступа в район загрязнения, самообработка и дезактивация
Внешнее облучение от радиоактивных выпадений на территории	Укрытие, эвакуация, переселение, контроль доступа в район загрязнения, самообработка и дезактивация
Внутреннее облучение в результате вдыхания вследствие подъема в воздух радионуклидов с поверхности земли (внутреннее загрязнение)	Эвакуация, переселение, контроль доступа в район загрязнения, самообработка. Дезактивация
Внутреннее облучение в результате потребления загрязненных пищевых продуктов и воды (внутреннее загрязнение)	Контроль пищевых продуктов и воды, использования заготовленных кормов

Защита работающих с радиоактивными изотопами от вредного воздействия ионизирующих облучений осуществляется системой технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий.

Раздел 5. ВИБРАЦИЯ И АКУСТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

5.1. Источники вибрационного воздействия. Методы измерения и средства защиты от вибрации

Вибрацией называются малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля. Вибрация относится к факторам, обладающим высокой биологической активностью.

Развитие и структура вибрационных патологий зависят главным образом от мощности колебательного процесса и времени контакта. Выделяют три вида вибрационной патологии от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций. Под действием общей вибрации страдают в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. Толчкообразная вибрация вызывает микротравмы различных тканей с последующими реактивными изменениями.

Вибрационная болезнь от воздействия общей вибрации и толчков регистрируется у водителей транспорта и операторов транспортно-технологических машин и агрегатов, на заводах железобетонных изделий. В целом картина воздействия общей низко- и среднечастотной вибрации выражается общими вегетативными расстройствами с периферическими нарушениями, преимущественно в конечностях, снижением сосудистого тонуса и чувствительности.

Локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывая снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя суставы и уменьшая их подвижность.

Гигиеническое нормирование вибраций устанавливается в соответствии с ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» и санитарными нормами (СН 2.2.4/2.18.556-96) «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подверга-

ющихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

Основные направления борьбы с производственной вибрацией:

- борьба с вибрацией в источнике ее возникновения;
- виброгашение (ослабление колебаний узлов, механизмов путем увеличения массы или жесткости, установка виброгасителей);
- вибропоглощение (использование материалов с большим внутренним трением, нанесение слоев упругих или вязких материалов);
- виброизоляция (установка амортизаторов).

В качестве индивидуальных средств защиты от вибраций применяют рукавицы с виброгасящими упругими прокладками, обувь с амортизирующими подошвами. Защитные прокладки и подошвы выполняют из пластмасс, резины, войлока и т. д.

Для измерения вибраций используют две основные группы приборов: механические (виброграф ручной ВР-1) и электрические (ИШВ-1).

5.2. Шумовые характеристики предприятий. Методы измерений и защита от акустических колебаний

Акустические колебания – это слышимые, или звуковые (частотой 16 Гц – 20 кГц) колебания, а также неслышимые инфразвуковые (частотой менее 16 Гц) и ультразвуковые (частотой выше 20 кГц).

Шум определяют как совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты. Окружающие человека шумы имеют разную интенсивность: разговорная речь – 50–60 дБА, автосирена – 100 дБА, громкая музыка – 70 дБА, шум от двигателя легкового автомобиля – 80 дБА, шум от движения трамвая – 70–80 дБА, шум в обычной квартире – 30–40 дБА.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакции, сбор информации и аналитические процессы, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы, что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

В биологическом отношении шум является заметным стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций.

Акустический стресс может приводить к разным проявлениям – от функциональных нарушений ЦНС до морфологически обозначенных дегенеративных, деструктивных процессов в разных органах и тканях.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены ГОСТ 12.1.003-83 и санитарными нормами (СН 2.2.4/2.1.8.562-96) «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Документы дают классификацию шумов по спектру на широкополосные и тональные, а по временным характеристикам – на постоянные и непостоянные. Для нормирования постоянных шумов применяют допустимые уровни звукового давления (УЗД) в девяти октавных полосах частот (табл. 5.2) в зависимости от вида производственной деятельности.

Длительное систематическое воздействие ультразвука, распространяющегося в воздухе, также вызывает функциональные нарушения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов. Гигиенические нормативы ультразвука определены ГОСТ 12.1.001-89 (СН 2.2.4/2.1.8.582-96).

Таблица 5.1

Гигиенические нормы вибраций

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая транспортная вертикальная	132	123	114	108	107	107	107				
Общая транспортная горизонтальная	122	117	116	116	116	116	116				
Транспортно-технологическая		117	108	101	101	101	101				
Технологическая		108	99	92	92	92	92				
В производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию		100	91	84	84	84	84				
В служебных помещениях, здравпунктах, конструкторских бюро, лабораториях		91	82	75	75	75	75				
Локальная вибрация				115	109	109	109	109	109	109	109

Таблица 5.2

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентного уровня звука на рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Помещения управления, рабочие комнаты	93	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Кабинеты наблюдений и дистанционного управления: без речевой связи по телефону с речевой связью по телефону	103	94	87	82	78	75	73	71	70	80
	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Помещения и участки точной сборки, машинописные бюро	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, для размещения шумных агрегатов, вычислительных машин	107	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	110	99	92	86	83	80	78	76	74	85

При воздействии инфразвука на организм человека могут возникнуть неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные изменения: нарушения в ЦНС, сердечно-сосудистой, дыхательной

системах, вестибулярном аппарате. Следует отметить, что производственный шум и вибрация оказывают более агрессивное действие, чем инфразвук сопоставимых параметров.

Гигиеническая регламентация инфразвука производится по санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.583-96.

К мероприятиям по снижению шума относятся:

- замена шумного, устаревшего оборудования;
- при проектировании выбор оборудования с лучшими характеристиками, правильный расчет режима работы;
- правильная ориентация источника шума или места излучения шума;
- размещение источника шума на возможно более удаленном расстоянии (архитектурно-планировочные мероприятия);
- использование средств звукопоглощения для помещений, из которых шум излучается;
- уменьшение шума на пути его распространения (использование средств звукоизоляции, установка глушителя шума в воздуховодах и газодинамических трактах);
- проведение организационно-технических мероприятий (своевременный ремонт, смазка оборудования, ограничение и запрещение шумовых работ и эксплуатации наиболее интенсивных источников шума в ночное время).

Необходимость проведения мероприятий по защите от шума и их эффективность определяются на основании измерений уровней шума. Для этих целей применяют анализаторы спектра шума (АШ-2М, ПФ-1,0-34) и шумометры (Ш-63 (ИПРА), Ш-3М, ИШВ).

Оценку уровня шума, прежде всего для проектируемых предприятий, можно провести на основе акустических расчетов. Шумовые характеристики машин, как правило, можно найти в технической документации. Для распространенных источников шума (вентиляторные, компрессорные, газотурбинные и другие аэродинамические установки) шумовые характеристики могут быть рассчитаны или определены по справочной литературе (СНиП 11.12-77. «Защита от шума»: справочник проектировщика / под ред. Е.Я. Юдина. — М.: Стройиздат, 1978).

Раздел 6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАВМОБЕЗОПАСНОСТИ

6.1. Пожаробезопасность

В табл. 6.1 дана классификация пожаров в соответствии с ГОСТ 27331-87.

Таблица 6.1

Классификация пожаров

Класс пожара	Характеристика класса	Подкласс пожара	Характеристика подкласса	Рекомендуемые средства тушения
А	Горение твердых веществ	А1	Горение твердых веществ, сопровождаемое тлением (древесина, бумага, текстиль)	Вода со смачивателем, хладоны, порошки АВС
		А2	Горение твердых веществ без тления (пластмассы, каучук)	Все виды огнетушащих средств
В	Горение жидких веществ	В1	Горение жидких веществ, не растворимых в воде (бензин, нефтепродукты)	Пены, распыленная вода, хладоны, порошки класса ВСЕ
		В2	Горение жидких веществ, растворимых в воде (спирты, ацетон и др.)	Пена на основе ПО-1с ПО «Форэтол», распыленная вода, хладоны, порошки класса ВСЕ
С	Горение газообразных веществ		Бытовой газ, водород, аммиак, пропан и др.	Объемное тушение и флегматизация газовыми составами, порошки, вода для охлаждения оборудования
D	Горение металлов и металлосодержащих веществ	D1	Горение легких металлов (Al, Mg и их сплавы) за исключением щелочных	Порошки класса D типа П-2АП
		D2	Горение щелочных металлов	Порошки класса D, ПС, МГС, Рс, глинозем
		D3	Горение металлосодержащих веществ (металлоорганика, гидриды металлов и др.)	Порошки класса D типа СН-2

Одним из основных показателей пожаро- и взрывоопасности является горючесть — способность вещества или материала к распространению

нию пламенного горения или тления. По горючести вещества и материалы подразделяют на три группы:

- негорючие (несгораемые) – неспособные к горению в воздухе;
- трудногорючие (трудногораемые) – способные возгораться в воздухе от источника зажигания, но неспособные самостоятельно гореть после его удаления;
- горючие (сгораемые) – способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

К другим показателям пожаро- и взрывоопасности веществ относятся:

- температура вспышки;
- температура воспламенения;
- температура самовоспламенения;
- нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени;
- температурные пределы распространения пламени;
- температура самонагрева;
- температура тления при самовозгорании;
- температурные условия теплового самовозгорания;
- минимальная энергия зажигания;
- кислородный индекс;
- способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами;
- нормальная скорость распространения пламени;
- скорость выгорания;
- коэффициент дымообразования;
- индекс распространения пламени;
- показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов;
- максимальное давление взрыва;
- скорость нарастания давления при взрыве.

Перечисленные свойства изученных веществ и материалов можно найти в справочнике «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения» / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук [и др.]. – М. : Химия, 1990. – Т. 1–2.

Категория производств по пожарной опасности

Категория	Характеристика пожарной опасности технологического процесса	Наименование производства
А	Применение веществ, воспламенение или взрыв которых может последовать в результате воздействия: воды или кислорода воздуха; жидкостей с температурой вспышки паров 28° С и ниже; горючих газов, которые взрываются при их содержании в воздухе 10% и менее к объему воздуха (нижний предел взрываемости); применение этих газов и жидкостей в количествах, которые могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси	Цехи обработки и применения натрия и калия; баратные и касантантные цехи фабрик искусственного волокна; цехи стержневой полимеризации синтетического каучука; водородные станции; химические цехи фабрик ацетатного шелка; бензиноэкстракционные цехи; цехи гидрирования, дистилляции и газофракционного производства искусственного жидкого топлива; рекуперация и ректификация органических растворителей с температурой вспышки паров 28° С и ниже; склады баллонов для горючих газов; склады бензина; помещения стационарных кислотных и щелочных аккумуляторных установок; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров 28° С и ниже и т. п.
Б	Применение жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120° С, горючих газов, нижний предел взрываемости которых более 10% к объему воздуха; применение этих газов и жидкостей в количествах, которые могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси; выделение переходящих во взвешенное состояние горючих волокон или пыли и в таком количестве, что они могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси	Цехи приготовления и транспортирования угольной пыли и древесной муки; промышленно-пропарочные станции тары от мазута и других жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120°С; выбойные и размольные отделения мельниц; цехи обработки синтетического каучука; цехи изготовления сахарной пудры; дробильные установки для фрезерного торфа; мазутное хозяйство электростанций; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки паров от 28 до 120° С и т. п.
В	Обработка или применение твердых сгораемых веществ и материалов, а также жидкостей с температурой вспышки паров выше 120° С	Лесопильные, деревообрабатывающие, столярные, модельные, бондарные и лесотарные цехи; трикотажные и швейные фабрики, цехи текстильной и бумажной промышленности с сухими процессами производства; предприятия первичной обработки хлопка; заводы сухой первичной обработки льна, конопли и лубяных волокон; зерноочистительные отделения мельниц и зерновые элеваторы; цехи регенерации смазочных масел; смолоперегонные цехи и пековарки; склады топливосмазочных материалов; открытые склады масла и масляное хозяйство электростанций;

Категория	Характеристика пожарной опасности технологического процесса	Наименование производства
		трансформаторные мастерские; распределительные устройства с выключателями и аппаратурой, содержащей более 60 кг масла в единице оборудования; транспортные галереи и эстакады для угля и торфа; закрытые склады угля; пакгаузы смешанных грузов; насосные станции по перекачке жидкостей с температурой вспышки выше 120° С; помещения для хранения автомобилей
Г	Обработка негоряемых веществ и материалов в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии и выделение лучистого тепла; систематическое выделение искр и пламени, а также сжигание твердого, жидкого и газообразного топлива	Литейные и плавильные цехи металлов; печные отделения газогенераторных станций; кузницы; сварочные цехи; депо мотовозные и паровозные; цехи горячей прокатки металлов; мотороиспытательные станции; помещения двигателей внутреннего сгорания; цехи термической обработки металла; главные корпуса электростанций; распределительные устройства с выключателями и аппаратурой, содержащей масла 60 кг и менее в единице оборудования; высоковольтные лаборатории; котельные и т. п.
Д	Обработка негоряемых веществ и материалов в холодном состоянии	Механические цехи холодной обработки металлов (кроме магниевых сплавов), шихтовые (скрапные) дворы; садовое производство (кроме печных отделений); воздуходушные и компрессорные станции воздуха и других негорючих газов; цехи регенерации кислот; депо электрокаров и электровозов; инструментальные цехи; цехи холодной штамповки и холодного проката металлов; добыча и холодная обработка минералов, руд, асбеста, солей и других негорючих материалов; цехи текстильной и бумажной промышленности с мокрыми процессами производства; цехи переработки мясных, рыбных, молочных продуктов; щиты управления водоочистки; багерные насосные; золошлакоотстойники; насосные и водоприемные устройства электростанций; углекислотные и хлораторные установки; градирни; насосные станции для перекачки негорючих жидкостей и т. п.

Примечание.

1. К категориям А, Б и В не относятся производства, в которых горючие жидкости, газы и пары сжигаются в качестве топлива или утилизируются сжиганием в этом помещении, а также производства, в которых технологический процесс протекает с применением открытого огня.
2. Склады подразделяются на категории в соответствии с пожарной опасностью находящихся в них материалов применительно к указаниям настоящей таблицы.

К легковоспламеняющимся веществам относятся горючие жидкости с температурой вспышки не более 61° С в закрытом тигле или 66° С в открытом тигле.

Определены предельные значения опасных факторов пожара:

- температура среды 70° С;
- тепловое излучение 500 Вт/м²;
- содержание оксида углерода 0,1% (об.);
- содержание диоксида углерода 6% (об.);
- содержание кислорода менее 17% (об.);
- показатель ослабления света дымом на единицу длины 2,4.

Для оценки пожарной опасности того или иного технологического процесса необходимо знать, какие огнеопасные вещества или смеси и в каком количестве используются, получают или могут образоваться в процессе производства внутри аппаратов, при каких условиях.

По пожароопасности производства подразделяются на шесть категорий: А, Б – взрыво- и пожароопасные; В, Г, Д – пожароопасные; Е – взрывоопасные. Категория Е – производства, связанные с наличием взрывоопасной пыли в таком количестве, что она может образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения, либо с наличием веществ, способных взрываться при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом.

Мероприятия, устраняющие причины пожаров, разделяются на организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию машин и транспорта, правильное содержание зданий и сооружений.

К техническим мероприятиям относятся соблюдение противопожарных правил, норм при устройстве отопления, вентиляции и т. д.

Мероприятия режимного характера включают запрещение курения в неустановленных местах, выполнение электросварочных работ в пожароопасных помещениях и т. д.

Эксплуатационными мероприятиями, предупреждающими короткие замыкания, являются правильный выбор проводов, машин и аппаратов, своевременные профилактические осмотры, испытания и т. д.

Основным мероприятием по профилактике пожаров является увеличение огнезащиты строительных конструкций (например, облицов-

ка или оштукатуривание стальных конструкций). Необходимо предусмотреть также ряд мер, направленных на ограничение распространения пожаров и обеспечение тушения пожара. К таким мерам относятся организация эвакуационных путей, специальных лестниц и подъездов к зданиям; устройство дымовых люков, противопожарных преград.

Снижение пожаро- и взрывоопасности производств достигается путем замены легковоспламеняющихся жидкостей на менее пожаро- и взрывоопасные.

В качестве огнегасительных средств используют воду, инертные газы, химическую и воздушно-механическую пену, твердую углекислоту, песок, специальные флюсы (порошковые составы), кошмы (войлок, асбест). Наиболее распространенный способ тушения пожаров – с помощью различных огнегасительных веществ – огнетушителей.

Воду не применяют для тушения пожаров электроустановок под напряжением, жидкостей, не смешивающихся с водой, библиотек и т. д.

Для быстрого сообщения о пожаре устанавливается пожарная сигнализация. Ответственным за обеспечение пожарной безопасности является руководитель предприятия (объекта).

Противопожарные нормы и правила должны быть учтены на стадии проектирования и соблюдаться для всех действующих предприятий. Необходимы разработка противопожарных инструкций для каждого рабочего места и обеспечение всех требующихся средств пожаротушения в соответствии с такой инструкцией.

В табл. 6.3 приведены характеристики огнеопасных веществ и способы их тушения.

Таблица 6.3

Огнеопасные вещества, хранение и способы тушения

Вещества	Огнеопасность	Хранение	Способы тушения
Азотная кислота	Может вызвать воспламенение горючих веществ. Взрывается с восстановителями (скипидар, спирт и др.) При этом образуется большое количество оксидов азота	Хранить в стеклянных бутылках. Не допускать соприкосновения с горючими материалами и восстановителями, а также порошками металлов, солями пикриновой и хлорноватистой кислоты	При тушении пожара применять противогаз для защиты от оксидов азота

Вещества	Огнеопасность	Хранение	Способы тушения
Серная кислота	При контакте с горючими материалами может вызвать их воспламенение. При пожаре образуются опасные пары	Хранить в стеклянных и железных сосудах. Изолировать от металлических порошков, карбидов, солей азотной, хлорноватистой, пикриновой кислот и горючих материалов	Тушить песком, золой, но не водой
Кальция оксид (негашеная известь)	При контакте с водой разогревается и может воспламенить горючие материалы	Хранить в сухом месте	Тушить песком, золой
Соли азотнокислые (нитраты)	При контакте с легкоокисляющимися (горючими) веществами могут вызывать их воспламенение	Хранить в сухом месте изолированно от органических и горючих материалов	При небольших количествах можно тушить водой. При больших количествах воду применять не следует
Водорода перекись (30%-й раствор)	При контакте с горючими веществами может вызвать их воспламенение	Хранить в стеклянных, алюминиевых или полиэтиленовых сосудах с отверстием для выхода газа изолированно от горючих материалов и металлов, разлагающих перекись (железо, медь, хром)	Тушить водой
Металлы, калий, натрий	Самопроизвольно воспламеняются на воздухе, энергично разлагают воду	Хранить в герметических стальных ящиках или баллонах в керосине. Изолировать от воды	Тушить песком
Магний	Горюч в виде порошка, стружек или тонких листов и трудновоспламеним в виде слитков или брусков	Хранить в сухих герметических сосудах или ящиках изолированно от окислителей, кислот и щелочей	Тушить графитом, песком. Не применять воду, пену, четыреххлористый углерод и углекислый газ

Вещества	Огнеопасность	Хранение	Способы тушения
Сера	При горении образует сернистый газ. Пары серы с воздухом образуют взрывчатые смеси. Опасна при контакте с окислителями	Хранить изолированно от хлорноватисто-кислых, азотнокислых солей и других окислителей	Тушить распыленной водой, песком
Хлор	Негорюч, но может вызвать воспламенение и взрыв при контакте со скипидаром, эфиром, светильным газом, водородом и пылью металлов	Хранить в стальных баллонах, в хорошо вентилируемом помещении	Тушить водой, углекислым газом
Камфара	Горючее вещество, дающее при нагреве пары, образующие взрывчатые смеси с воздухом	Хранить в хорошо вентилируемом помещении	Тушить водой, углекислым газом
Карболовая кислота (фенол)	При нагреве образуются горючие пары		
Уксусная кислота	Опасна при контакте с хромовым ангидридом, перекисью водорода и азотной кислотой	Хранить в стеклянных бутылках при температуре выше 16° С	
Нафталин	При нагреве образует горючие пары.	Держать вдали от источников нагревания	
Карбид кальция	При контакте с водой выделяет горючий газ – ацетилен	Хранить в железных барабанах в сухом, хорошо вентилируемом помещении	Тушить песком или золой, воду не применять
Уголь древесный	Может самопроизвольно воспламениться	Хранить изолированно	Гасить водой и перенести на новое место

6.2. Взрывозащита

Производство, как правило, не обходится без использования систем повышенного давления (трубопроводов, баллонов и емкостей для хранения или перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов, газгольдеров и т. д.). Любые системы повышенного давления всегда представляют потенциальную опасность.

Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть:

- внешние механические воздействия;
- старение систем (снижение механической прочности);
- нарушение технологического режима;
- конструкторские ошибки;
- изменение состояния герметизируемой среды;
- неисправности в контрольно-измерительных, регулирующих и предохранительных устройствах;
- ошибки обслуживающего персонала и т. д.

Взрывозащита систем повышенного давления достигается:

- организационно-техническими мероприятиями;
- разработкой инструктивных материалов, регламентов, норм и правил ведения технологических процессов;
- организацией обучения и инструктажа обслуживающего персонала;
- осуществлением контроля и надзора за соблюдением норм технологического режима, правил и норм техники безопасности;
- оснащением оборудования повышенного давления системами взрывозащиты (гидрозатворы, огнепреградители, инертные газы или паровые завесы; устройства аварийного сброса давления).

Для указания свойств транспортируемого вещества трубопроводы окрашиваются в соответствующие цвета согласно ГОСТ 14202-69: вода – зеленый; пар – красный; воздух – синий; горючие и негорючие газы – желтый; кислоты – оранжевый; щелочи – фиолетовый; горючие и негорючие жидкости – коричневый; прочие вещества – серый.

Для выделения вида опасностей на трубопроводы наносят предупреждающие (сигнальные) цветные кольца, количество которых определяет степень опасности. Так, на трубопроводы взрывоопасных, огнеопасных, легковоспламеняющихся веществ наносят красные кольца; безопасных или нейтральных веществ – зеленые; токсичных веществ – желтые. Для обозначения глубокого вакуума, высокого давления, наличия радиации используют также желтый цвет.

Все трубопроводы подвергаются гидравлическим испытаниям, газопроводы и трубопроводы токсичных газов дополнительно испытывают на герметичность воздухом. Отсутствие утечки воздуха из соединений проверяют мыльным раствором или погружением узлов в ванну с водой.

Для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов применяют баллоны (ГОСТ 949-73). У горловины каждого баллона на сферической части выбивают следующие данные: товарный знак предприятия-изготовителя, дату изготовления (месяц и год) или последнего испытания; год следующего испытания; вид термообработки; рабочее и пробное гидравлическое давление (мПа); вместимость баллона, л; массу баллона, кг; клеймо ОТК; обозначение действующего стандарта.

Наружная поверхность баллонов окрашивается в определенный цвет, на нее наносятся соответствующая надпись и сигнальная полоса. Окраска баллонов наиболее часто используемых газов приведена в табл. 6.4.

Таблица 6.4

Окраска и маркировка газовых баллонов

Газ	Окраска баллонов	Надпись	Цвет надписи	Цвет полосы
Азот	Черная	Азот	Желтый	Коричневый
Аммиак	Желтая	Аммиак	Черный	—
Аргон, чистый	Серая	Аргон, чистый	Зеленый	Зеленый
Ацетилен	Белая	Ацетилен	Красный	—
Водород	Темно-зеленая	Водород	Красный	—
Воздух	Черная	Сжатый воздух	Белый	—
Углекислота	Черная	Углекислота	Желтый	—
Кислород	Голубая	Кислород	Черный	Черный
Сероводород	Белая	Сероводород	Красный	Красный

Сигнальная окраска баллонов и цистерн позволяет исключить образование смеси «горючее – окислитель» вследствие заполнения емкостей рабочим телом, для которого они не предназначены.

В настоящее время действуют «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ-115-96) и «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок».

Для обеспечения безопасной и безаварийной эксплуатации сосуды и аппараты, работающие под давлением, должны подвергаться техническому освидетельствованию после монтажа и пуска в эксплуатацию, периодически в процессе эксплуатации, а в необходимых случаях – и внеочередному освидетельствованию. Объемы, методы и периодич-

ность технического освидетельствования оговариваются в инструкциях по монтажу и эксплуатации. В случае отсутствия таких указаний техническое освидетельствование проводится по указанию «Правил» (ПБ10-115-96).

6.3. Электробезопасность

Действие электрического тока на живую ткань носит разносторонний и своеобразный характер (табл. 6.5). Проходя через организм человека, электроток производит термическое, электролитическое, механическое и биологическое действие.

Термическое действие тока проявляется ожогами отдельных участков тела, нагревом до высокой температуры органов, расположенных на пути тока, вызывает в них значительные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе крови, в нарушении ее физико-химического состава.

Механическое действие тока приводит к расслоению, разрыву тканей организма в результате электродинамического эффекта, а также мгновенного взрывоподобного образования пара из тканевой жидкости и крови.

Биологическое действие тока проявляется раздражением и возбуждением живых тканей организма, а также нарушением внутренних биологических процессов.

Таблица 6.5

Характер воздействия электрического тока на организм человека

Сила тока, мА	Переменный ток	Постоянный ток
0,6-1,6	Начало ощущения – слабый гул, пощипывание кожи под электродами	Не ощущается
2-4	Ощущение тока распространяется и на запястье руки, слегка сводит руку	Не ощущается
5-7	Болевые ощущения усиливаются во всей кисти руки, сопровождаясь судорогами; слабые боли ощущаются во всей руке, вплоть до предплечья. Руки, как правило, можно оторвать от электродов	Начало ощущения. Впечатление нагрева кожи под электродом

Сила тока, мА	Переменный ток	Постоянный ток
8–10	Сильные боли и судороги во всей руке, включая предплечье. Руки трудно, но в большинстве случаев еще можно оторвать от электродов	Усиление ощущения нагрева
10–15	Едва переносимые боли во всей руке. Во многих случаях руки невозможно оторвать от электродов. С увеличением продолжительности протекания тока боли усиливаются	Еще большее усиление ощущения нагрева кожи как под электродами, так и в прилегающих областях кожи
20–25	Руки парализуются мгновенно, оторвать от электродов невозможно. Сильные боли, дыхание затруднено	Еще большее усиление ощущения нагрева кожи, возникновение ощущения внутреннего нагрева. Незначительные сокращения мышц рук
25–50	Очень сильная боль в руках и груди. Дыхание крайне затруднено. При длительном воздействии тока может наступить паралич дыхания или ослабление деятельности сердца с потерей сознания	Ощущение сильного нагрева, боли и судороги в руках. При отрыве рук от электродов возникают едва переносимые боли в результате судорожного сокращения мышц
50–80	Дыхание парализуется через несколько секунд, нарушается работа сердца. При длительном протекании тока может наступить фибрилляция сердца	Ощущение очень сильного поверхностного и внутреннего нагрева, сильные боли во всей руке и в области груди. Затруднение дыхания. Руки невозможно оторвать от электродов из-за сильных болей при нарушении контакта
100	Фибрилляция сердца через 2–3 с; еще через несколько секунд паралич сердца	Паралич дыхания при длительном протекании тока
300	То же действие за меньшее время	Фибрилляция сердца через 2–3 с; еще через несколько секунд – паралич дыхания
Свыше 5000	Дыхание парализуется немедленно – через доли секунды. Фибрилляция сердца, как правило, не наступает; возможна временная остановка сердца в период протекания тока. При длительном протекании тока (несколько секунд) тяжелые ожоги, разрушение тканей	

Исход поражения человека электротоком зависит от многих факторов: силы тока и времени прохождения через организм, характеристики тока (переменный или постоянный), пути тока в теле человека, при переменном токе — от частоты колебаний.

Фибрилляция — хаотическое сокращение отдельных волокон сердечной мышцы.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10 с — 2 мА; при 10 с и менее — 6 мА.

Переменный ток опаснее постоянного, однако при высоком напряжении (более 500 В) опаснее постоянный ток. Повышенная температура и влажность увеличивают опасность поражения током.

Гигиеническое нормирование предельно допустимых уровней напряжения и тока устанавливает ГОСТ 12.1.038-82.

Электробезопасность на установках достигается применением систем защитного заземления, зануления, защитного отключения и других средств и методов защиты, в том числе знаков безопасности и предупредительных плакатов и надписей. В системах местного освещения, в ручном электрифицированном инструменте и в некоторых других случаях применяют пониженное напряжение.

Требования к устройству защитного заземления и зануления электрооборудования определены «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ). Защитному заземлению или занулению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции.

Защитное заземление представляет собой преднамеренное электрическое соединение металлических частей электроустановок с землей или ее эквивалентом (водопроводными трубами и т. п.). При наличии заземления вследствие стекания тока на землю напряжение прикосновения уменьшается и, следовательно, ток, проходящий через человека, оказывается меньше, чем в незаземленной установке.

В качестве заземляющих устройств электроустановок в первую очередь должны использоваться естественные заземлители (например, железобетонные фундаменты). При отсутствии естественных зазем-

лителей допускается применение переносных заземлителей, например ввинчиваемых в землю стальных стержней, труб, уголков.

Зануление состоит в преднамеренном соединении металлических не-токоведущих частей оборудования, которые могут оказаться под напряжением вследствие пробоя изоляции, с нулевым защитным проводником. При замыкании любой фазы на корпус образуется контур короткого замыкания, характеризуемый силой тока весьма большой величины, достаточной для «выбивания» предохранителей в фазных питающих проводах. Таким образом обеспечивается защита электроустановок. Предусматривается повторное заземление нулевого провода на случай обрыва нулевого провода на участке, близком к нейтрали. По этому заземлению ток стекает на землю, откуда попадает в заземление нейтрали, по нему во все фазные провода, включая имеющий пробитую изоляцию, далее на корпус. Так образуется контур короткого замыкания.

Защитное отключение электроустановок обеспечивается путем введения устройства, автоматически отключающего оборудование — потребитель тока при возникновении опасности поражения током.

Повышение электробезопасности достигается также путем применения изолирующих, ограждающих, предохранительных и сигнализирующих средств защиты.

Изолирующие электрозащитные средства делятся на основные и дополнительные. Основные способны длительное время выдерживать рабочее напряжение электроустановки, и поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением, и работать на этих частях.

Основные изолирующие электрозащитные средства

Для электроустановок напряжением до 1000 В:

- диэлектрические резиновые перчатки;
- инструмент с изолирующими рукоятками;
- указатели напряжения (токоискатели) до 1000 В.

Для электроустановок выше 1000 В:

- изолирующие штанги;
- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения выше 1000 В.

Дополнительные изолирующие электротехнические средства обладают недостаточной электрической прочностью и поэтому не могут самостоятельно защищать человека от поражения током. Их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств, вместе с которыми они должны применяться.

Дополнительные изолирующие электротехнические средства

Для электроустановок напряжением до 1000 В:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические коврики;
- изолирующие подставки.

Для электроустановок напряжением выше 1000 В:

- диэлектрические перчатки;
- диэлектрические боты;
- диэлектрические коврики;
- изолирующие подставки.

Ограждающие средства защиты предназначены для временного ограждения токоведущих частей (временные переносные ограждения, щиты, ограждения-клетки, изолирующие накладки, изолирующие колпаки).

Сигнализирующие средства включают запрещающие и предупреждающие знаки безопасности, а также плакаты: запрещающие, предостерегающие, разрешающие, напоминающие. Чаще всего используется предупреждающий знак «Проход запрещен».

При определенных операциях (на ременных передачах, лентах конвейера, при механической обработке пластмасс или дерева, при распылении красок) может возникнуть накопление статического электричества. При соответствующих условиях происходит пробой воздушной прослойки, сопровождающийся искровым разрядом (пробивное сопротивление абсолютно сухого воздуха составляет 3000 кВ/м), что может инициировать взрыв или пожар.

Интенсивность генерации зарядов можно уменьшить соответствующим подбором пар трения или смешиванием материалов таким образом, что в результате трения один из смешанных материалов наводит заряд одного знака, а другой – другого. В настоящее время создан комбинированный материал из нейлона и дакрона, обеспечивающий защиту от статического электричества по этому типу.

Можно добиться снижения количества генерируемых зарядов изменением технологического режима обработки металлов: уменьшением скорости обработки; скорости транспортирования; скорости слива диэлектрических жидкостей; уменьшением сил трения.

При заполнении резервуаров сыпучими материалами или жидкостями диэлектриками на входе в них применяют релаксационные емкости, чаще всего в виде заземленного участка трубопровода увеличенного диаметра, обеспечивающего стекание всего заряда статического электричества на землю.

Образующиеся заряды статического электричества устраняют чаще всего путем заземления электропроводных частей производственного оборудования. Сопротивление такого заземления должно быть не более 100 Ом. При невозможности устройства заземления практикуется повышение относительной влажности воздуха в помещении. Возможно увеличить объемную проводимость диэлектрика, для чего в него вносят графит, ацетиленовую сажу, алюминиевую пудру, а в жидкие диэлектрики – специальные добавки. Для ряда машин и агрегатов нашли применение нейтрализаторы статического электричества, основанные на ионизации воздуха вблизи элемента конструкции.

К средствам индивидуальной защиты от статического электричества относятся электростатические халаты и специальная обувь, подошва которой выполнена из кожи или электропроводной резины, а также антистатические браслеты.

Значительную опасность представляет атмосферное статическое электричество, эффективным средством защиты от которого является молниезащита. Она включает комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования и материалов от взрывов, загораний и разрушений, возможных при воздействии молний.

Для всех зданий и сооружений, не связанных с производством и хранением взрывчатых веществ, а также для линий электропередач и контактных сетей проектирование и изготовление молниезащиты должно выполняться согласно «Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений» (РД 34.21.122-87).

Контроль за средствами обеспечения электробезопасности, и в частности за соответствием их требованиям безопасности, возложен на службу главного энергетика и электриков подразделений.

6.4. Защита от механического травмирования

Источники травм и их доля в структуре производственного травматизма:

- приспособления, инструменты, машины, механизмы и другое оборудование, кроме транспортного и подъемного, – 47,8%;
- транспортные средства – 4,3%;
- подъемное оборудование – 1,1%;
- перемещаемые грузы и предметы (перемещение, складирование, штабелирование и т. п., кроме падений) – 3,8%;
- обрушения, обвалы и падения предметов, включая отлетевшие осколки – 7,8%;
- электрический ток – 1,5%;
- пламя, включая взрывы и пожары, расплавленный металл, нагретые части оборудования, горячая вода, пар и другие термические факторы – 4,3%;
- падение человека с высоты (любая высота), включая падение в колодец, люк, траншею, яму, канаву, – 8,7%;
- погружение в воду (утопление) – 0,1%;
- нападение животных – 0,1%;
- прочие источники производственных травм: атмосферное электричество (молния), низкая температура (обморожение); солнечные лучи (тепловой удар, ожог); химические вещества, вызывающие острое отравление, удушье или ожог; взрывчатые вещества или материалы; тара, падение на поверхности (дороге, полу, территории и др.) – 20,5%.

К средствам защиты от механического травмирования относятся предохранительные тормозные, оградительные устройства, средства автоматического контроля и сигнализации, знаки безопасности, системы дистанционного управления.

Классификация средств защиты приведена в табл. 6.6.

6.5. Средства автоматического контроля и сигнализации

Наличие контрольно-измерительных приборов – одно из условий безопасной и надежной работы оборудования. Это приборы для измерения давления, температур, статических и динамических нагрузок, концентрации паров и газов и др. Эффективность их использования повы-

шается при объединении их с системами сигнализации, как это имеет место в газосигнализаторах, срабатывающих при определенных уровнях концентрации паров, газов, пыли в воздухе. Классификация средств автоматического контроля и сигнализации также дана в табл. 6.6.

Знаки безопасности по ГОСТ 12.4.026-76 могут быть запрещающими, предупреждающими, предписывающими и указательными.

В производстве применяют предупредительные знаки, представляющие собой желтый треугольник с черной полосой по периметру, внутри которого располагается какой-либо символ черного цвета. Например, при электрической опасности это молния. При опасности травмирования перемещаемым грузом – груз, при опасности скольжения – падающий человек, при прочих опасностях – восклицательный знак.

Запрещающий знак – круг красного цвета с белой каймой по периметру и черным изображением внутри. Предписывающий знак – синий круг с белой каймой по периметру и белым изображением в центре. Указательный знак представляет собой синий прямоугольник.

Таблица 6.6

Классификация средств защиты от механического травмирования

Группа устройств	Признак деления на подгруппы	Подгруппы
Оградительные	Конструктивное исполнение Способ изготовления	Кожухи, дверцы, щиты, козырьки, планки, барьеры, экраны Сплошные, несплошные (перфорированные, сетчатые, решетчатые), комбинированные
Предохранительные	Характер действия	Блокировочные (подразделяются по принципу действия на механические, электронные, электрические, электромагнитные, гидравлические, оптические, магнитные, комбинированные); Ограничительные (подразделяются по конструктивному исполнению на муфты, штифты, клапаны, шпонки, мембраны, пружины, сильфоны, шайбы)
Тормозные	Конструктивное исполнение Способ срабатывания Принцип действия Назначение	Колодочные, дисковые, конические, клиновые Ручные, автоматические, полуавтоматические Механические, электромагнитные, пневматические, гидравлические, комбинированные Рабочие, резервные, стояночные, экстренного торможения

Группа устройств	Признак деления на подгруппы	Подгруппы
Автоматического контроля	Способ срабатывания Назначение Вид сигнала Характер подачи сигнала	Автоматические, полуавтоматические Информационные, предупреждающие, аварийные, ответные Звуковые, световые, цветковые, знаковые, комбинированные Постоянные, пульсирующие
Дистанционного управления	Конструктивное исполнение Принцип действия	Стационарные, передвижные Механические, электрические, пневматические, гидравлические, комбинированные
Знаки безопасности	По ГОСТ 12.4.026-76	

Раздел 7. МИКРОКЛИМАТ

7.1. Параметры микроклимата и их нормирование

К параметрам микроклимата относятся: температура ($t^{\circ}\text{C}$); скорость движения воздуха (V , м/с); относительная влажность (φ , %); атмосферное давление окружающего воздуха (P , мм рт. ст.); интенсивность теплового излучения (W , Вт/м²).

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» нормируемые показатели микроклимата подразделяются на оптимальные и допустимые (Сан-ПиН 2.24.548-96) гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Оптимальные параметры микроклимата – такое сочетание температуры, относительной влажности и скорости воздуха, которое при длительном и систематическом воздействии не вызывает отклонений в состоянии человека: $t = 40\text{--}60^{\circ}\text{C}$; $40\text{--}60\%$; $V = <0,2$ м/с, P – не нормируется.

Допустимые параметры микроклимата – такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном воздействии вызывает преходящее и быстро нормализующееся изменение в состоянии работающего: $t = 22\text{--}27^{\circ}\text{C}$; $= 75\%$; $V = 0,5$ м/с.

Параметры микроклимата зависят от периода года и интенсивности производимой работы. Различают теплый (среднесуточная температура наружного воздуха $+10^{\circ}\text{C}$ и выше) и холодный ($+10^{\circ}\text{C}$ и ниже) периоды года. По интенсивности труда (J , Вт) все виды работ, в зависимости от энергозатрат, делятся на три категории: легкую, средней тяжести и тяжелую.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности человека и более; 70 Вт/м² – при облучении 25–50% поверхности и 100 Вт/м² – при облучении не более 25% поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретого металла, стекла, открытого пламени и др.) не должна превышать 140 Вт/м², при этом облучению не должно под-

вергаться более 25% поверхности тела и обязательно использование средств индивидуальной защиты.

7.2. Основные направления и приемы снижения неблагоприятного воздействия микроклимата

Возможные направления снижения неблагоприятного влияния производственного микроклимата регламентируются «Санитарными правилами по организации технологических процессов и гигиеническими требованиями к производственному оборудованию» и могут быть технологическими, санитарно-техническими, организационными и медико-профилактическими.

Технологические мероприятия включают:

- внедрение новых технологий и оборудования;
- автоматизацию и механизацию работ;
- обеспечение герметичности оборудования.

К санитарно-техническим мероприятиям относятся:

- организация общеобменной вентиляции;
- кондиционирование воздуха;
- мелкодисперсное распыливание водой;
- экранирование источников выделения энергий или рабочих мест;
- теплоизоляция горячих поверхностей;
- отопление при пониженных температурах.

Организационные мероприятия заключаются:

- в рациональном режиме труда;
- безопасном расположении рабочих мест;
- правильной организации рабочих мест;
- совершенствовании систем безопасности;
- контроле параметров, влияющих на микроклимат.

Медико-профилактические мероприятия включают:

- индивидуальные средства защиты;
- применение фармакологических средств;
- нормирование параметров микроклимата.

7.3. Средства контроля климатических характеристик

Таблица 7.1

Вредные производственные факторы	Приборы	Интервал измерения
Температура воздуха, °С	Аспирационный психрометр Термоанемометр ЭА-2М Термометр ртутно-стеклянный Термометр биметаллический Термометр газовый Термометр жидкостный Термометр электроконтактный (ЭКТ)	(-35)–(+50) 10–60 (-30)–(+750) (-40)–(+400) (-60)–(+550) (30)–(+550) (0)–(+250)
Температура нагретых поверхностей, °С	Контактные термометры Термопреобразователи сопротивления ТХК, ММГ	
Относительная влажность, %	Аспирационный психрометр Волосной гигрометр Гигрометр пленочный Гигрометр точки росы Гигрометр с подогревным датчиком Гигрометр с электронным датчиком (ЭТД)	10–100
Скорость движения воздуха, м/с	Электроанемометр Термоанемометр ЭА-2М Крыльчатый анемометр Чашечный анемометр Ионизационный анемометр	0–5 0,003–5 1–10 1–30
Освещенность рабочего места, лк	Объективный люксометр Ю-16	25–500
Энергетическая освещенность, создаваемая за счет нагретых поверхностей оборудования, приборов, Вт/м ²	Радиометр РОТС-11 Инспекторский дозиметр ДОН-1 Спектрорадиометр полосовой СРП	30 – 105
Уровень барометрического давления, Па, Мпа (мм рт. ст.)	Микроманометр ЦАГИ Микроманометр ММН-240 Тягонапорометр ТНЖ Микробарометр с цифровым отсчетом МБЦ Барометр анероидный метеорологический БАММ-1 Барографы метеорологические анероидные М-22АС, М-22АН	От 0 до 0,5 и более

Раздел 8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

8.1. Концепция архитектуры

Основным назначением архитектуры всегда являлось создание необходимой для существования человека жизненной среды, характер и комфортабельность которой определялись уровнем развития общества, его культурой, достижениями науки и техники. Эта жизненная среда, называемая архитектурой, воплощается в зданиях, имеющих внутреннее пространство, комплексах зданий и сооружений, организующих наружное пространство улицы, площади и города.

В современном понимании архитектура – это искусство проектировать и строить здания, сооружения и их комплексы. Она организует все жизненные процессы. По своему эмоциональному воздействию архитектура – одно из самых значительных и древних искусств. Сила ее художественных образов постоянно влияет на человека: ведь вся его жизнь проходит в окружении архитектуры. Вместе с тем создание производственной архитектуры требует значительных затрат общественного труда и времени. Поэтому в круг требований, предъявляемых к архитектуре, наряду с функциональной целесообразностью, удобством и красотой входят требования технической целесообразности и экономичности. Кроме рациональной планировки помещений, соответствующей тем или иным функциональным процессам, удобство всех зданий обеспечивается правильным распределением лестниц, лифтов, размещением оборудования и инженерных устройств (санитарные приборы, отопление, вентиляция). Таким образом, форма здания во многом определяется функциональной закономерностью, но вместе с тем она строится по законам красоты.

Сокращение затрат в архитектуре и строительстве осуществляется рациональными объемно-планировочными решениями зданий, правильным выбором строительных и отделочных материалов, облегчением конструкции, усовершенствованием методов строительства. Главным экономическим резервом в градостроительстве является повышение эффективности использования земли.

8.2. Охрана окружающей среды

Необходимость охраны окружающей среды для блага человека возникла в результате отрицательных последствий деятельности самого человека. Ошибочные действия общества по отношению к природе часто приводят к непредсказуемым последствиям, в конечном итоге негативно обращаясь против самого общества и порождающим необходимость проведения мероприятий по охране природы. Развитие промышленного производства потребовало организации добычи огромного количества сырья, создания мощных источников энергии, что привело к истощению запасов целого ряда полезных ископаемых.

Вместе с сырьевой и энергетической проблемой возникла новая проблема – загрязнение окружающей среды отходами промышленности, сельского хозяйства, транспорта, строительства и т. д. Интенсивному загрязнению подвергаются атмосфера, вода, почва. Эти загрязнения достигли высоких уровней и угрожают не только растительному миру, но и здоровью самого человека.

Изменения, происходящие в природе в результате деятельности человека, приобрели глобальный характер и создали серьезную угрозу нарушения природного равновесия. Такое положение может стать препятствием на пути дальнейшего развития человеческого общества и даже ставит вопрос о его существовании.

8.3. Природоохранные мероприятия при строительстве зданий и сооружений

Здания и сооружения оказывают большое влияние на окружающую среду. Их появление вызывает значительные изменения в воздушной и водной средах, в состоянии грунтов участка строительства. Меняется растительный покров: на смену уничтожаемому природному приходят искусственные посадки. Меняется режим испарения влаги. Средняя температура в районе застройки постоянно выше, чем вне ее.

Непродуманные технологии, организации и само производство работ определяют большие затраты энергии и материалов, высокую степень загрязнения окружающей среды. Процесс строительства является относительно непродолжительным. Взаимодействие здания или сооружения с окружающей средой, его характер и последствия определяются

в период длительной эксплуатации. Отсюда вытекает важность этого периода в определении экономичности объекта, то есть каким образом отразится на состоянии окружающей среды не только его появление, но и длительное функционирование.

В процессе проектирования необходим тщательный учет экономических последствий принимаемых решений. Экологический подход должен характеризовать проектирование, строительство и эксплуатацию здания. При проектировании, в свою очередь, он должен быть выдержан при решении как объемно-планировочном, так и конструктивном; при выборе материалов для строительства, при определении технологии возведения и т. д.

Усилия всех руководящих органов, как центральных, так и на местах, должны быть направлены на то, чтобы рачительное отношение к природе стало предметом постоянной заботы коллективов, руководителей и специалистов всех отраслей хозяйства, нормой повседневной жизни людей.

Практическое осуществление задач по охране окружающей среды может быть успешным только при условии объединения усилий специалистов всех отраслей народного хозяйства, основанных на четком понимании экологических проблем и знаниях, которые были получены в процессе обучения в школе и высшем учебном заведении. Таким образом, следует говорить о необходимости изучения и выявления экологических аспектов в любой деятельности человека, в том числе и об инженерной экологии, в рамках которой должны рассматриваться экологические аспекты деятельности отраслей промышленности и строительства. От специалистов-строителей зависит характер воздействия на окружающую среду гражданских и промышленных зданий и их комплексов – промышленных объектов, городов и поселков. Инструкцией о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений (СНиП 1.02.01-85) уже предусмотрена разработка мер по рациональному использованию природных ресурсов. Природоохранные требования введены и в ряд других нормативных документов (СНиП 2.06.15-85, СНиП 3.01.01-85 и др.).

К мероприятиям по охране окружающей природной среды относятся все виды деятельности человека, направленные на снижение или

полное устранение отрицательного воздействия антропогенных факторов, сохранение, совершенствование и рациональное использование природных ресурсов. В строительной деятельности человека к таким мероприятиям следует отнести:

- градостроительные меры, направленные на экологически рациональное размещение предприятий, населенных мест и транспортной сети;
- архитектурно-строительные меры, определяющие выбор экологических объемно-планировочных и конструктивных решений;
- выбор экологически чистых материалов при проектировании и строительстве;
- применение малоотходных и безотходных технологических процессов и производств при добыче и переработке строительных материалов;
- строительство и эксплуатация очистных и обезвреживающих сооружений и устройств;
- рекультивация земель;
- меры по борьбе с эрозией и загрязнением почв;
- меры по охране вод и недр и рациональному использованию минеральных ресурсов;
- мероприятия по охране и воспроизводству флоры и фауны и т. д.

Мерой успеха в достижении указанных целей являются экологические, экономические и социальные результаты. Экологический результат – это снижение отрицательного воздействия на окружающую среду, улучшение ее состояния. Он определяется снижением концентрации вредных веществ, уровня радиации, шума и других неблагоприятных явлений.

Экономические результаты определяют рациональное использование и предотвращение уничтожения или потерь природных ресурсов, живого и овеществленного труда в производственной и непроизводственной сферах хозяйства, а также в сфере личного потребления.

Социальный результат может быть выражен: в повышении физического стандарта, характеризующего население; уменьшении количества заболеваний; увеличении продолжительности жизни людей и периода их активной деятельности; улучшении условий труда и отдыха; сохранении памятников природы, истории и культуры; создании условий для развития и совершенствования творческих возможностей человека, роста культуры.

Место строительства проектируемого жилого дома должно быть выбрано в жилом микрорайоне, удаленном от основного промышленного производства на семь километров и расположенном с подветренной стороны. Рядом с домом должны проектироваться широкие автомагистрали, которые продуваются ветром, что обеспечивает обмен воздуха и отсутствие мест застоя воздуха.

Места стоянок автомобилей выносятся к основным автомагистралям и выводятся из внутриквартальных стоянок, что обеспечит уменьшение загазованности в жилой зоне.

Посадки деревьев и кустарников между автодорогой и жилым домом, запроектированные в благоустройстве территории, а также внутри квартала ведут к защите дома от городского шума и шума автотранспорта. Зеленые насаждения способствуют улучшению газового состава воздуха и его очищению.

При начале строительных работ растительный слой толщиной 40 см собирается и вывозится на площадку складирования на расстояние в 1 км. Грунт при разработке котлована под строительство дома вывозится для вертикальной планировки строящегося жилого квартала, а также на площадку складирования для обратной засыпки пазух фундаментов строящегося дома на расстояние в 1 км.

Водоснабжение жилого дома предусмотрено из городской сети артезианского водоснабжения с полным циклом очистки и обеззараживания воды. Хозфекальные воды сбрасываются по общегородским сетям канализации на очистные сооружения, где проходят полный цикл очистки и утилизации.

Жилой дом проектируется таким образом, чтобы создать экран для защиты дворовой части здания от шума, а также от преобладающих ветров. Основные конструкции жилого дома следует проектировать из природных экологически чистых материалов (красный керамический кирпич, сборные железобетонные конструкции, гипсовые перегородки, деревянные конструкции окон, дверей, бумажные обои, глазурованная плитка).

Для экономии тепловой энергии жилой дом ориентирован так, что одна его сторона получает солнечную энергию до 12 часов, а другая — после 12 часов. Квартиры сблокированы таким образом, что они одной стеной выходят на фасад, а тремя стенами блокируются друг с другом.

Наружные стены запроектированы с укладкой утеплителя, что улучшает энергосбережение и уменьшает теплопотери здания.

Вышеперечисленные мероприятия по охране окружающей природы и снижению ее загрязнения дают возможность обеспечить безболезненное развитие цивилизации и человеческого сообщества в будущем.

8.4. Охрана труда в строительстве

Действующая система охраны труда (трудовое законодательство, производственная санитария и техника безопасности) обеспечивает надлежащие условия труда рабочим-строителям, повышение культуры производства, безопасность работ и их облегчение, что способствует повышению производительности труда. Создание безопасных условий труда в строительстве тесно связано с технологией и организацией производства.

В строительстве руководствуются СНиП, который содержит перечень мероприятий, обеспечивающих безопасные методы производства строительных и монтажных работ. Допуск к работе вновь принятых рабочих осуществляется после прохождения общего инструктажа по технике безопасности, а также инструктажа непосредственно на рабочем месте. Кроме того, рабочие обучаются безопасным методам работ в течение трех месяцев со дня поступления, после чего получают соответствующие удостоверения. Проверка знания рабочими техники безопасности проводится ежегодно.

Ответственность за безопасность работ возложена в законодательном порядке на технических руководителей строек – главных инженеров и инженеров по охране труда, производителей работ и строительных мастеров. Руководители строительства обязаны организовать планирование мероприятий по охране труда и противопожарной технике безопасности и обеспечить проведение этих мероприятий в установленные сроки.

Все мероприятия по охране труда осуществляются под непосредственным государственным надзором специальных инспекций (котлонадзора, Госгортехнадзора, горной, газовой, санитарной и технической, пожарной).

Для обеспечения безопасных условий производства земляных работ необходимо соблюдать следующие основные условия безопасного производства работ. Земляные работы в зоне расположения действующих

подземных коммуникаций могут производиться только с письменного разрешения организаций, ответственных за эксплуатацию. Техническое состояние землеройных машин должно регулярно проверяться со своевременным устранением обнаруженных неисправностей. Экскаватор во время работы необходимо располагать на спланированном месте. Во время работы экскаватора запрещается пребывание людей в пределах призмы обрушения и в зоне разворота стрелы экскаватора. Получающиеся в работе «козырьки» необходимо немедленно срезать.

Загрузка автомобилей экскаватором производится так, чтобы ковш подавался с боковой или задней стороны кузова, а не через кабину водителя. Передвижение экскаватора с загруженным ковшом запрещается.

При свайных работах наибольшее внимание должно обращать на прочность и устойчивость копров, кранов, правильность и безопасность подвеса молота, надежность тросов и растяжек.

Перед работой копер должен быть закреплен противоугонными устройствами. На каждом копре указываются предельные веса молота и сваи. На копрах с механическим приводом должны устанавливаться ограничители подъема. Перед пуском молота в работу дается предупредительный звуковой сигнал; на время перерыва в работе молот следует опустить и закрепить.

Сборка, передвижка и разборка копра производятся под руководством ИТР. К работе на копрах допускаются только рабочие, прошедшие специальное обучение.

К монтажу сборных конструкций и производству вспомогательных такелажных работ допускаются рабочие, прошедшие специальное обучение и достигшие 18-летнего возраста. Не реже одного раза в год должна проводиться проверка знаний безопасных методов работ у рабочих и инженерно-технических работников администрацией строительства. Основные решения по охране труда, предусмотренные в проекте организации работ, должны быть доведены до сведения монтажников.

К монтажным работам на высоте допускаются монтажники, проходящие один раз в году специальное медицинское освидетельствование. При работе на высоте монтажники оснащаются предохранительными поясами. Под местами производства монтажных работ движение транспорта и людей запрещается. На всей территории монтажной площадки должны быть установлены указатели рабочих проходов и проездов и определены

зоны, опасные для прохода и проезда. При работе в ночное время монтажная площадка освещается прожекторами. До начала работ должна быть проверена исправность монтажного и подъемного оборудования, а также захватных приспособлений. Грузоподъемные механизмы перед пуском их в эксплуатацию испытываются ответственными лицами технического персонала стройки с составлением акта в соответствии с правилами инспекции Госгортехнадзора. Такелажные и монтажные приспособления для подъема грузов надлежит испытывать грузом, превышающим на 10% расчетный, и снабжать бирками с указанием их грузоподъемности. Все захватные приспособления систематически проверяют в процессе их использования с записью в журнале.

Оставлять поднятые элементы на весу на крюке крана на время обеденных и других перерывов категорически запрещается. При производстве электросварочных работ следует строго соблюдать действующие правила электробезопасности и выполнять требования по защите людей от вредного воздействия электрической дуги сварки.

Вновь поступающие рабочие-каменщики помимо вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте должны пройти обучение безопасным способам работы по соответствующей программе.

Рабочие места каменщиков оборудуются необходимыми защитными и предохранительными устройствами и приспособлениями, в том числе ограждениями. Открытые проемы в стенах и перекрытиях ограждаются на высоту не менее одного метра. Недопустимо одновременное производство работ в двух и более ярусах по одной вертикали без соответствующих защитных устройств. Кладка каждого яруса стены выполняется с расчетом, чтобы уровень кладки после каждого перемещения был на один-два ряда выше рабочего настила. При кладке стен с внутренних подмостей надлежит по всему периметру здания устанавливать наружные защитные козырьки. Первый ряд козырьков устанавливают не выше 6 метров от уровня земли и не снимают до окончания кладки всей стены. Второй ряд козырьков устанавливают на 6–7 м выше первого и переставляют через этаж, то есть через 6–7 метров. Ширина защитного козырька должна быть не менее 1,5 м. Плоскость козырька должна составлять с плоскостью стены угол 70 градусов. Хранить материалы и ходить на козырьках запрещается. Леса и подмости необходимо делать прочными и устойчивыми. Настилы лесов и подмостей,

а также стремянки ограждают прочными перилами высотой не менее 1 м и бортовой доской высотой не менее 15 см. Настилы лесов и подмостей надо регулярно очищать от строительного мусора, а в зимнее время – от снега и льда и посыпать песком. Металлические леса оборудуются грозозащитными устройствами, состоящими из молниеприемников, токопроводников и заземлителей.

При устройстве кровли из рулонных материалов и варке мастики необходимо соблюдать особую осторожность во избежание ожогов горячим вязущим раствором (битум, мастика). Котлы для варки мастик следует устанавливать на особо отведенных для этого и огражденных площадках, удаленных от ближайших стораемых зданий не менее чем на 2,5 метра. Запас сырья и топлива должен находиться на расстоянии не менее 5 м от котла. Все проходы и стремянки, по которым производится подноска мастик, а также рабочие места, оборудование, механизмы, инструмент и т. д. следует непосредственно перед работой осмотреть и очистить от остатков мастики, битума, бетона, мусора и грязи, а зимой – от снега и наледи и посыпать дорожки песком. Рабочие, занятые подноской мастики, должны надевать плотные рукавицы, брезентовые костюмы и кожаную обувь. При гололеде, густом тумане, ветре свыше 6 баллов, ливневом дожде или сильном снегопаде ведение кровельных работ не разрешается.

Работа по оштукатуриванию внутри помещения как непосредственно с пола, так и с инвентарных подмостей или передвижных станков. Подмости должны быть прочными и устойчивыми. Все рабочие, имеющие дело со штукатурными растворами, обеспечиваются спецодеждой и защитными приспособлениями (респираторами, очками и т. д.). Место растворонасосов и рабочее место оператора должны быть связаны исправно действующей сигнализацией. Растворонасосы, компрессоры и трубопроводы подвергаются испытанию на полуторакратное рабочее давление. Исправность оборудования проверяют ежедневно до начала работ. Временная переносная электропроводка для внутренних штукатурных работ должна быть пониженного напряжения – не более 36 вольт.

При производстве малярных и обойных работ необходимо выполнять следующие требования по охране труда.

Окраска методом пневматического распыления, а также быстро-сохнущими лакокрасочными материалами, содержащими вредные

летучие растворители, выполняется с применением респираторов и защитных очков. Необходимо следить, чтобы при работе с применением сиккативов, быстросохнущих лаков и масляных красок помещения хорошо проветривались. При применении нитрокрасок должно быть обеспечено сквозное проветривание. Пребывание рабочих в помещении, свежеекрасочном масляными и нитрокрасками, более четырех часов недопустимо. Все аппараты и механизмы, работающие под давлением, должны быть испытаны и иметь исправные манометры и предохранительные клапаны.

Улучшение организации производства, создание на строительной площадке условий труда, устраняющих производственный травматизм, профессиональные заболевания и обеспечивающих нормативные санитарно-бытовые условия, — одна из важнейших задач, от успешного решения которой зависит дальнейшее повышение производительности труда на стройках.

В обязанности администрации строительных организаций по охране труда входят:

- соблюдение правил по охране труда, осуществление мероприятий по технике безопасности и производственной санитарии;
- разработка перспективных планов и соглашений коллективных договоров по улучшению и оздоровлению условий труда;
- обеспечение работающих спецодеждой, спецобувью, средствами индивидуальной защиты;
- проведение инструктажей и обучение рабочих правилам техники безопасности;
- организация пропаганды безопасных методов труда, обеспечение строительных объектов плакатами, предупредительными надписями и т. п.;
- организация обучения и ежегодной проверки знаний, правил и норм охраны труда инженерно-технического персонала;
- проведение медицинских осмотров лиц, занятых на работах с повышенной опасностью и вредными условиями;
- расследование всех несчастных случаев и профзаболеваний, происшедших на производстве, а также их учет и анализ;
- ведение документации и проверка установленной отчетности по охране труда;
- издание приказов и распоряжений по вопросам охраны труда.

Обязанности ответственных лиц административно-технического персонала строек за состояние техники безопасности и производственной санитарии определены СНиП «Положения о функциональных обязанностях по вопросам охраны труда инженерно-технического персонала».

Общее руководство работами по технике безопасности и производственной санитарии, а также ответственность за их состояние возлагаются на руководителей (начальников и главных инженеров) строительных организаций.

Вводный (общий) инструктаж по безопасным методам работ проводится со всеми рабочими и служащими, поступающими в строительную организацию (независимо от профессии, должности, общего стажа и характера будущей работы).

Цель вводного инструктажа — ознакомить новых работников с общими правилами техники безопасности, пожарной безопасности, производственной санитарии, оказания доврачебной помощи и поведения на территории стройки, с вопросами профилактики производственного травматизма, а также со специфическими особенностями работы на строительной площадке.

Вводный инструктаж, как правило, проводится инженером по технике безопасности, программа вводного инструктажа разрабатывается с учетом местных условий и специфики работы на строительстве и утверждается главным инженером строительной организации.

Инструктаж на рабочем месте проводят со всеми рабочими, принятыми в строительную организацию, а также переведенными с других участков или строительных управлений перед допуском к самостоятельной работе (безопасные методы и приемы работ, пожарная безопасность).

Первичный инструктаж проводится руководителем работ (мастером, производителем работ, начальником участка), в подчинение которому направлен рабочий.

Цель инструктажа — ознакомить рабочего с производственной обстановкой и требованиями безопасности при выполнении порученной ему работы.

Раздел 9. ЯДЕРНАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

9.1. Общие положения

Современный этап развития мировой экономики характеризуется неуклонным ростом ядерной энергетики и химической промышленности.

Первая АЭС в мире была построена в нашей стране в 1954 году, затем в 1956 году в Англии и в 1957 году в США. В настоящее время в 34 странах мира на 260 АЭС работают около 420 ядерных реакторов. Кроме того, в мире функционируют более 500 исследовательских ядерных реакторов.

Что же касается химии, то прежде всего следует отметить, что она, обладая огромными возможностями, создает невиданные в природе материалы, умножает плодородие земли, облегчает труд человека, одевает и лечит его. В связи с этим растут объемы производства, использования, хранения и перевозок химических продуктов, в том числе сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ). В настоящее время в мире действуют свыше 7000 химических предприятий с СДЯВ, а к 2009 году, как показывает научный прогноз, мощности предприятий химической промышленности могут возрасти на 85%.

Состояние энергетики, промышленности и транспорта на нынешнем этапе не гарантирует полной радиационной и химической безопасности. При эксплуатации объектов с ядерными и химически опасными компонентами возможны аварии, утечка радиоактивных и высокотоксичных веществ, что может нанести существенный экономический и психологический ущерб. За послевоенный период в мире было зарегистрировано более 150 аварий на объектах ядерной энергетики и свыше 300 крупных аварий на предприятиях химической промышленности.

Аварии, имевшие место только за последнее время в США, ФРГ, Англии, Индии, странах СНГ и в других государствах, резко обострили проблему обеспечения безопасности населения и войск в районах, на территории которых размещаются потенциально опасные объекты. Эта проблема требует своего незамедлительного решения, так как сохраняющаяся тенденция увеличения количества и мощности объектов ядерной энергетики и химической промышленности приведет к повышению вероятности аварий на этих объектах в мирное время.

Опыт прошедших войн и вооруженных конфликтов показывает, что разрушение потенциально опасных объектов как способ нанесения ущерба противнику всегда имел место в планах и ходе боевых действий. Анализ имеющейся информации свидетельствует о практической проработке этих вопросов в армиях США и их союзников по НАТО. Разрушение объектов может осуществляться преднамеренно и в массовом масштабе в ходе проведения воздушно-наземной операции с целью резкого снижения военно-экономического потенциала, нарушения стратегического развертывания вооруженных сил и их перегруппировок на территории военных действий, нанесения потерь в личном составе и сковывания маневра войск, изоляции района боевых действий от притока резервов, а также с целью оказания сильного морально-психологического воздействия на войска.

Изучение и анализ аварий в интересах подготовки войск к действиям при ликвидации их последствий на объектах народного хозяйства, ведения боевых действий в условиях массового разрушения предприятий ядерной энергетики и химической промышленности показали, что эти вопросы являются актуальными и требуют всесторонней оценки.

Потенциально возможные аварии на объектах с ядерными и химически опасными компонентами в мирное время и преднамеренное разрушение этих объектов в военное время необходимо рассматривать как новый оперативно-стратегический фактор, как дополнительный серьезный источник опасности поражения людей, заражения техники, вооружения и окружающей среды, способный оказать существенное влияние на действия войск. Поэтому значение особенностей поражающего действия заражения при разрушении АЭС и предприятий химической промышленности, выявление и оценка складывающейся обстановки являются обязательными элементами работы командиров всех уровней.

9.2. Особенности поражающего действия заражения при разрушении объектов с ядерными компонентами и сильнодействующими ядовитыми веществами

9.2.1. Характер возможных последствий разрушений объектов с ядерными компонентами

К объектам с ядерными компонентами относятся: атомные электростанции, ядерные энергетические установки, ядерные боеприпасы и взрывные устройства, предприятия ядерного топливного цикла, хранилища отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов, а также другие объекты научного, промышленного и военного назначения, содержащие ядерное горючее и устройства, преобразующие энергию делящихся ядер в электрическую и другие виды энергии. Общая структура объектов с ядерными компонентами показана на рис. 9.1. Аварии на большинстве из таких объектов или их разрушение могут привести к значительному заражению окружающей среды.

Ядерная энергетика в экономике многих стран занимает значительное место. Приведем данные о доле АЭС в выработке электроэнергии в некоторых странах за последнее время: Бельгия – 61%, Франция – 75%, Финляндия – 36%, ФРГ – 36%, США и Англия – 20–21%, Япония – 28%. По мнению специалистов комиссии Европейского экономического сообщества (ЕЭС), альтернативы развитию АЭС у человечества нет. Использование атомной энергии стало одним из основных направлений развития технического прогресса. Основными предпосылками дальнейшего роста ядерной энергетики являются: высокая калорийность ядерного топлива (в 2 млн раз выше, чем органического), что позволяет развивать энергетическую базу в районах, лишенных запасов органического сырья; экономичность АЭС (в среднем электроэнергия, вырабатываемая на АЭС, в два раза дешевле, чем на ТЭС, сжигающих уголь); малое (в условиях нормальной эксплуатации АЭС) загрязнение окружающей среды по сравнению с ТЭС (ядерный реактор в процессе работы практически не связан с окружающей средой, за исключением сбросов тепла, в то время как ТЭС за 1 год своей работы выбрасывает в окружающую среду миллионы тонн оксидов углерода, сотни тысяч тонн оксидов серы, азота и других высокотоксичных веществ).

Однако авария в Чернобыле показала, что в случае нарушения правил эксплуатации ядерных энергетических установок (ЯЭУ) АЭС представляют собой серьезную угрозу человечеству.

Рассмотрим потенциальную опасность объектов с ядерными компонентами.

Среди различных объектов ядерной энергетики первое место по степени скрытой опасности занимают АЭС. Главными элементами АЭС являются энергетические блоки с ядерными реакторами. **Ядерный реактор** – это устройство, предназначенное для получения и поддержания управляемой цепной реакции деления ядер урана и плутония, в результате которой выделяется теплота, используемая в дальнейшем для получения электроэнергии.

В атомной энергетике используется несколько типов реакторов: газо-графитовые, графитовые реакторы кипящего типа (*BWR – Bolling Water Reactor*; РБМК – реактор большой мощности, канальный), реакторы с замедлением на тяжелой воде (*HWR*), реакторы с водой под давлением (*PWR – Pressurized Water Reactor*; ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор), реакторы на быстрых нейтронах и др. В мире в основном более других распространены реакторы типа *PWR* и *BWR*, при этом предпочтение отдается реакторам типа *PWR* (США, Франция, Япония, ФРГ...). Основные характеристики АЭС с реакторами ВВЭР и РБМК представлены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Основные характеристики реакторов ВВЭР и РБМК

Тип реактора	Мощность, МВт	КПД, %	t, °С теплоносителя		Загрузка топлива, т	Размеры активной зоны, м		Давление в 1-м контуре, атм.	Возможность перезагрузки на ходу	Количество перегружаемого топлива, т/г
			на входе	на выходе		высота	диаметр			
ВВЭР-440	440	32	269	300	42	2,5	2,88	129	Нет	14
ВВЭР-1000	1000	33	289	322	65	3,5	3,1	160	Нет	33
РБМК-1000	1000	31,3	280	–	192	7,0	11,8	–	Есть	50
РБМК-1500	1500	31,3	280	–	189	7,0	11,8	–	Есть	75

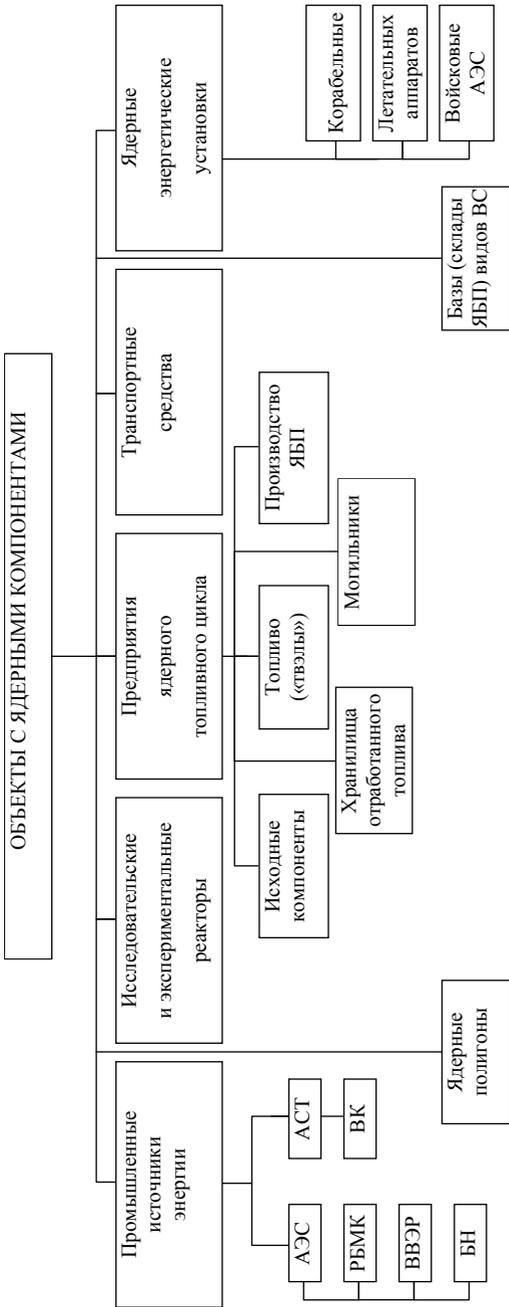


Рис. 9.1. Структура объектов с ядерными компонентами

К другим потенциально опасным объектам с ядерными компонентами относятся: корабельные и космические ядерные энергетические установки (ЯЭУ), войсковые ядерные электростанции, ядерные боеприпасы и ряд предприятий ядерного топливного цикла (добыча и обогащение урана, разделка тепловыделяющих элементов («твэлов»), хранение, сбор и вывоз радиоактивных отходов). Принципиальным отличием корабельных, космических ЯЭУ и войсковых АЭС от реакторов промышленных АЭС является использование в качестве топлива высокообогащенного урана. Если судовые ядерные реакторы имеют высокую внешнюю защищенность, то войсковые АЭС и космические ЯЭУ практически не имеют внешней защиты, что может привести в случае аварии к радиоактивному заражению.

Особое место в перечне объектов с ядерными компонентами занимают ядерные боеприпасы и взрывные устройства. В мирное время они хранятся на складах в готовности к выдаче, а часть ядерных боеприпасов включена в состав средств, выделенных для боевого дежурства. К ядерным взрывным устройствам относятся ядерные заряды и сборки, предназначенные для проведения ядерных взрывов в мирных целях, полигонных испытаний, а также взрывные блоки лазеров с ядерной накачкой и оружие на новых физических принципах. Их дальнейшее совершенствование направлено на повышение живучести и безопасности на всех этапах эксплуатации и применения.

Ядерный реактор в процессе работы является мощным источником ионизирующих излучений, накопителем большого количества продуктов распада ядерного топлива. В результате деления ядер урана-235 под воздействием тепловых нейтронов в активной зоне реактора образуются около 200 различных радиоизотопов, где с большой вероятностью образуются радионуклиды с массовыми числами 90–100 и 135–145. Периоды полураспада различных продуктов деления находятся в очень широком временном интервале – от нескольких долей секунды до нескольких сотен тысяч лет.

Следовательно, в случае аварии или разрушения активной зоны реактора, во внешнюю среду может поступить практически весь набор радионуклидов – от газообразных продуктов деления, к которым относятся изотопы инертных газов и летучих веществ (криптона, ксенона и йода), до твердых (изотопы цезия, стронция, теллура, бария, плутония и др.).

Таким образом, высокая потенциальная опасность АЭС в случае аварий или разрушения обусловлена в основном возможностью значительного выброса в окружающую среду радиоактивных продуктов деления.

Радиационная безопасность при эксплуатации реакторов достигается проведением комплекса организационно-технических и инженерно-конструкторских мероприятий. Радиационная обстановка на АЭС и вокруг них в санитарно-защитной зоне поддерживается в пределах естественного фона. В случае разрушения АЭС могут наступить различные по масштабам и опасности радиационные последствия.

В зависимости от границ зон распределения радиоактивных веществ и радиационных последствий потенциальные аварии подразделяются на следующие типы:

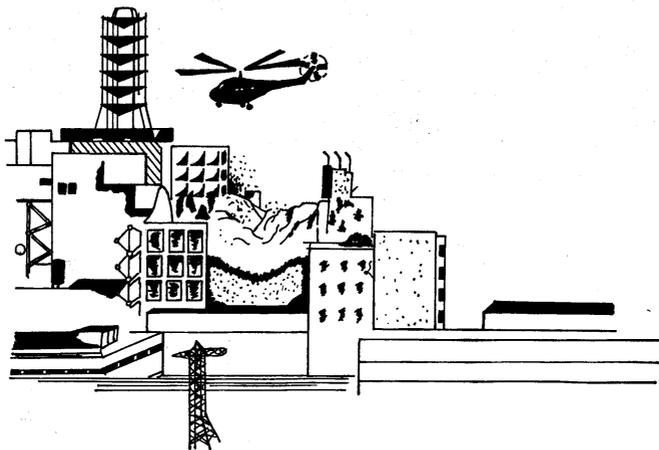
- **объектовая** – радиационные последствия ограничиваются пределами объекта;
- **местная** – радиационные последствия ограничиваются пределами города, района, области;
- **региональная** – радиационные последствия ограничиваются пределами нескольких областей, республики;
- **глобальная** – последствия охватывают пределы нескольких республик, значительную часть территории страны.

Аварии на гидрометаллургических, обогатительных, радиохимических заводах, предприятиях по изготовлению «твэлов» и в местах длительного хранения радиоактивных отходов могут сопровождаться:

- при превышении критической массы делящихся веществ – заражением окружающей среды осколками деления урана и плутония, диспергированным топливом;
- при возникновении пожаров – выбросом мелкодисперсного топлива, газоаэрозольной смеси и радиоактивных отходов технологических процессов;
- при разрушении обычными боеприпасами – выбросом крупнодисперсного радиоактивного вещества, газоаэрозольной и парогазовой смеси.

Рассмотрим масштабы возможных последствий и наиболее характерные особенности формирования радиационной обстановки при разрушении АЭС, основываясь на последствиях аварии на Чернобыльской АЭС (1986).

Основными факторами радиационного воздействия при разрушении ядерного реактора будут являться *бета*- и *гамма*-излучения продуктов деления. В случае разрушения с выбросом плутония существенным фактором поражения людей будет *альфа*-излучение.



<p>1 этап. Разброс вокруг реактора в радиусе 400–600 м высокоактивных источников радиации (обломки «твэлов», части конструкции, осколки ядерного горючего). P – несколько тысяч рад/час</p>
<p>2 этап. Выброс из активной зоны реактора раскаленной смеси радионуклидов ($H - 150-2000$ м) $D_{экс}$ – 10–15 тыс. рад</p>
<p>3 этап. Образование и распространение газоаerosольного облака с сильным радиационным воздействием ($\tau_{осед}$ – 5–10 суток, глубина распространения – 100 км и более</p>
<p>4 этап. Оседание aerosоля и более крупных частиц радионуклидов и длительное заражение окружающей среды</p>

Рис. 9.2. Общая схема формирования радиационной обстановки в случае разрушения ядерного реактора

Масштабы последствий и общая схема формирования радиационной обстановки представляются следующими (рис. 9.2):

1. Механический разброс в радиусе 400–600 метров вокруг разрушенного реактора высокоактивных источников радиации в виде обломков «твэлов», осколков ядерного горючего, частей графитовой кладки, элементов конструкции реактора. Мощность дозы излучения в этой зоне может достигать нескольких сотен и даже тысяч рад в час.

2. Выброс из активной зоны реактора раскаленной смеси радионуклидов, близкой по составу к продуктам деления в облученном топливе, но обогащенной рядом изотопов, главным образом – летучими нук-

лидами йода, теллура, цезия, инертных газов. Высота выброса может составить от 150–200 метров (в случае простого расплавления активной зоны) до 1,5–2,0 км (в случае разгона реактора и теплового взрыва в активной зоне). Эта смесь явится мощным поражающим фактором с эквивалентной дозой излучения по внутреннему и внешнему облучению около 10–15 тысяч рад. Состав основных продуктов выброса представлен в табл. 9.2.

3. Образование и распространение по направлению ветра газоаэрозольного облака, испускающего мощный поток ионизирующих излучений и содержащего благородные газы, не оседающие в течение 5–10 суток, мелкодисперсные и более крупные оседающие радиоактивные частицы. Расчеты показывают, что воздействие высокоактивной аэрозольной смеси может привести к массовым потерям личного состава войск на удалении до 20 км от реактора (на удалении 2 км доза излучения в центре облака может составить около 12000 рад, а на удалении 50 км – 30 рад). На большем удалении (до 100 км) это может привести к облучению войск выше допустимых пределов.

4. Одновременно с воздействием газоаэрозольного облака будет происходить радиоактивное заражение окружающей среды в результате осадения из газоаэрозольного облака радиоактивных частиц. Заражение на ближнем следе (до 100 км) будет характеризоваться суммарным облучением с эквивалентной дозой около 300 рад. На дальнем следе облака (1000 км и более) возможно очаговое заражение местности радиоактивными веществами в виде «пятен» с суммарной эквивалентной дозой облучения до 50 рад за год.

Анализ радиоактивного заражения местности и атмосферы в результате аварии на Чернобыльской АЭС позволил выявить его основные особенности по сравнению с радиоактивными последствиями ядерного взрыва.

Таблица 9.2

Основной радионуклидный состав продуктов выброса из реактора

Радионуклид	Период полураспада	Вид излучения	Поражаемый орган (ткань)
(Kr^{85}) криптон-85*	10,7 лет	β, γ	
(Xe^{133}) ксенон-133*	5,2 суток	β, γ	

Радионуклид	Период полураспада	Вид излучения	Поражаемый орган (ткань)
(I^{131}) йод-131**	8,04 суток	β , γ	Щитовидная железа
(Sr^{90}) стронций-90***	28,1 лет	β , γ	Легкие, кости, костный мозг
(Te^{132}) теллур-132	79,2 часа	β , γ	
(Cs^{137}) цезий-137***	30,1 лет	β , γ	Щитовидная железа, легкие, кости
(Mo^{99}) молибден-99	66 часов	β , γ	
(Zr^{95}) цирконий-95	64,05 суток	β , γ	Легкие, кости, костный мозг
(Ru^{103}) рутений-103	39,4 суток	β , γ	
(Ba^{140}) барий-140	12,8 суток	β , γ	Весь организм
(Ce^{137}) церий-144	284,3 суток	β , γ	Печень, селезенка, легкие
(Pu^{239}) плутоний-239	$2,4 \times 10^4$ лет	α , γ	Печень, легкие, кости
(Np^{239}) нептуний-239	2,3 суток	α , γ	

* – благородные газы; ** – летучие вещества; *** – в настоящее время на них устанавливаются границы зон РЗМ (от ЧАЭС).

Во-первых, заражение местности при ядерных взрывах носит направленный характер с плавным снижением плотности заражения по мере удаления от центра (эпицентра) взрыва. Разрушенную же активную зону ядерного реактора можно считать стационарным источником заражения, что совместно с частыми изменениями метеоусловий приведет к увеличению масштабов и неравномерности заражения в виде «пятен» на местности. Кроме того, радиоактивное заражение от разрушенного реактора имеет сложную зависимость от типа и мощности реактора, времени его работы и др. Поэтому прогнозирование возможных масштабов и характера радиоактивного заражения при разрушении АЭС требует учета многих факторов, сугубо специфических для каждого ее реактора. В связи с этим достоверность прогноза возможных последствий разрушений АЭС в настоящее время является низкой. Для повышения этой достоверности требуется разработка специальных методик (практически для каждой АЭС и соответствующих физико-географических и метеорологических условий).

Во-вторых, спад активности с течением времени при разрушении АЭС протекает значительно медленнее, чем при ядерном взрыве. Так, активность заражения местности при ядерном взрыве в течение первого часа уменьшается в 3000 раз, при разрушении АЭС – в 2,5 раза,

а через 10 суток соответственно в 106 и в 8 раз. Это объясняется тем, что в реакторе большинство радионуклидов образуется задолго до его разрушения и, следовательно, относительное содержание короткоживущих изотопов значительно ниже по сравнению с продуктами деления при ядерном взрыве.

В-третьих, в реакторе кроме обычных продуктов деления ядер урана-235 дополнительно образуется большое количество биологически опасных изотопов плутония и других актинидов (нептуний-237, америций-242, -245, кюрий-242, -244 и др.). Кроме того, заражение реакторного происхождения характеризуется наличием больших количеств наиболее опасных газообразных изотопов (ксенон-133, криптон-85, йод-131), а также долгоживущих радионуклидов (стронций-90, цезий-137). Анализ изотопного состава радиоактивных продуктов показывает, что в первые месяцы после разрушения наибольший вклад в общую радиоактивность будут вносить радиоизотопы, период полураспада которых составляет около двух месяцев. В последующем спад радиоактивности будет определяться изотопами, период полураспада которых от нескольких сот суток до нескольких десятков лет.

При этом относительный вклад в общую активность некоторых *альфа*-излучающих изотопов со временем будет увеличиваться: через 3 года он возрастет вдвое, через 50 лет — в 8 раз. Наличие высоких плотностей заражения *альфа*- и *бета*-продуктами предопределяет возможность длительного заражения больших площадей биологически опасными радионуклидами.

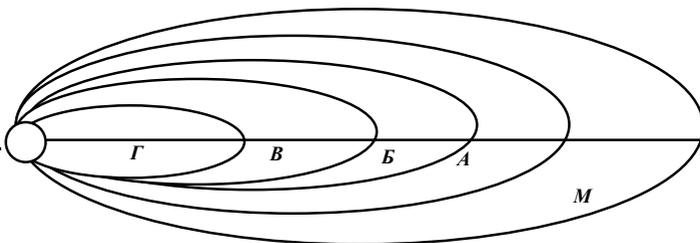
В-четвертых, средний размер радиоактивных частиц при разрушении реактора значительно меньше, чем при ядерном взрыве (1–2 мкм и соответственно 20–400 мкм). Такая дисперсность радиоактивных частиц будет способствовать более глубокому проникновению их в живые организмы, в микротрещины различных материалов и краску, что будет затруднять дезактивацию зараженных объектов, участков местности, техники и вооружения, повышать опасность накопления в организме биологически активных радиоизотопов (особенно плутония-239, стронция-90, цезия-137, йода-131). Попадание в организм даже одной радиоактивной частицы, содержащей радионуклиды большинства элементов ядерного топлива (это так называемые «горячие» частицы), может привести к тяжелым последствиям.

В-пятых, при ядерных взрывах главную опасность представляет внешнее *гамма*-излучение. Сравнительно меньшую долю составляют поражения в результате внутреннего заражения. В случае же разрушения ядерного реактора из-за наличия большого количества газообразных и мелкодисперсных радионуклидов будут иметь место как внешние *гамма*-, *бета*-, так и внутренние *альфа*-, *бета*- и *гамма*-облучения. Причем, по опыту Чернобыля, преобладающим будет внутреннее заражение и соответствующие ему комбинированные поражения. Это обусловлено наличием в радиоактивных веществах реакторного происхождения *альфа*-активных изотопов и их высокой способностью проникать через средства защиты в организм человека. Кроме того, серьезную опасность будет представлять пылеобразование в районах с интенсивным движением техники, в результате чего концентрация радионуклидов в воздухе будет возрастать в десятки раз. В связи с этим возрастает возможность поступления в организм мелкодисперсных продуктов, прежде всего «горячих» частиц через органы дыхания.

Оценивая возможные радиационные последствия разрушения корабельных и других ЯЭУ, необходимо отметить, что они имеют по сравнению с АЭС значительно меньшие мощности и, следовательно, количество радиоактивных продуктов деления, накапливаемых в активной зоне реактора, на несколько порядков ниже, чем у АЭС. Расчеты показывают, что распространение газоаэрозольной смеси при разрушении корабельных и других ЯЭУ может привести к поражению незащищенного личного состава на расстояниях 20–30 км, а длительное радиоактивное загрязнение окружающей среды в районе разрушенной ЯЭУ возможно в радиусе 0,5–1 км и на следе облака до 20 км. Кроме того, отдельные очаги радиоактивного загрязнения могут наблюдаться на расстоянии 80 км и более.

Радиоактивные продукты выброса при разрушении активной зоны ядерного реактора будут оказывать определенное влияние на характер и способы действий войск, на проведение мероприятий по ликвидации последствий. С целью определения масштабов и степени радиоактивного загрязнения окружающей среды, влияния этого загрязнения на действия войск и выработки наиболее целесообразных способов выполнения задач в складывающейся обстановке производятся выявление и оценка радиационной обстановки.

РБМК 1000×1
8.30 26.5



Наименование зоны	Индекс зоны	Цвет	Доза излучения за 1-й год после разрушения, рад	Р(1), рад/ч	
				на внешней границе	на внутренней границе
Радиационной опасности	М	Красный	5–50	0,014	0,140
Умеренного загрязнения	А	Синий	50–500	0,140	1,4
Сильного загрязнения	Б	Зеленый	500–1500	1,4	4,2
Опасного загрязнения	В	Коричневый	1500–5000	4,2	14
Чрезвычайно опасного загрязнения	Г	Черный	5000 и более	14	-

Рис. 9.3. Схема прогнозируемых зон загрязнения местности при разрушении АЭС

В зависимости от степени, масштабов и возможных последствий пребывания на зараженной местности различают пять зон радиоактивного загрязнения. Внешняя зона на следе облака называется *зоной радиационной опасности* (зона «М»), в пределах границ которой доза излучения на открытой местности может составить за год от 5 до 50 рад. В боевых условиях зона «М» не выявляется и на картах не отображается.

Зона умеренного радиоактивного загрязнения (зона «А») представляет собой участок загрязненной местности, в пределах которого доза излучения за год может составить от 50 до 500 рад. При выполнении задач в этой зоне личный состав должен находиться в средствах защиты органов дыхания.

Зона сильного радиоактивного загрязнения (зона «Б») характеризуется дозой излучения за год от 500 до 1500 рад. При ведении боевых действий в этой зоне личный состав должен находиться в бронированных объектах или защитных сооружениях.

В *зоне опасного радиоактивного загрязнения* (зона «В») годовая доза может составить от 1500 до 5000 рад. Время выполнения задач в этой

зоне должно быть ограничено несколькими часами при нахождении личного состава в хорошо защищенных объектах и технике.

Зона чрезвычайно опасного радиоактивного загрязнения (зона «Г») характеризуется дозой излучения за год более 5000 рад. Поэтому не следует допускать даже кратковременного пребывания личного состава в пределах этой зоны.

Все вышеуказанные особенности радиационной обстановки при разрушении объектов с ядерными компонентами потребуют принятия особых мер защиты и способов ликвидации последствий.

9.2.2. Характеристика сильнодействующих ядовитых веществ и возможные последствия химически опасных аварий

В настоящее время в мире функционирует огромное количество так называемых *объектов со СДЯВ*, под которыми понимается большая группа производственных, транспортных и других объектов, различных по своему назначению и технико-экономическим показателям, но имеющих общее свойство: в случае аварии или разрушения они становятся источниками высокотоксичных выбросов и других химических поражающих факторов. В результате происходит заражение окружающей среды и создаются предпосылки для массового поражения людей и нанесения экологического ущерба природе. Анализ аварий в мире на объектах такого рода показывает, что последствия их могут быть чрезвычайно тяжелыми (Бхопал, Индия, 1984 год: выброс *метилизоцианата* в атмосферу, погибли около 3 тыс. чел., серьезно пострадали около 335 тыс. чел., экономический ущерб 15 млрд долларов; Япония, 1989 год: повреждение резервуара с аммиаком, в воздух попали тысячи тонн его, образовалось облако площадью около 10 кв. км и высотой 80 м, погибли 7 чел., но если бы ветер был в сторону города, то потери могли быть в сотни раз больше; повреждение трубопровода с нефтепродуктами близ Уфы, повлекшее взрыв двух поездов, 1989 год: погибли более 700 чел., последствия тяжелые). Все это вызывает необходимость повышения уровня химической безопасности войск, повышения эффективности их подготовки для выполнения задач в таких условиях, для чего необходимо знать особенности аварий на объектах со СДЯВ, владеть методами оценки химической обстановки и ликвидации последствий химических аварий.

Рассмотрим классификацию и токсикологические характеристики СДЯВ, характер и особенности аварий на объектах со СДЯВ.

Под **СДЯВ** будем понимать обращающиеся в промышленности, войсках и на транспорте в больших количествах токсические химические соединения, способные при аварии (разрушении) на объектах легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения людей.

К основным типам промышленных объектов со СДЯВ относятся: предприятия по производству аммиака и хлора (средняя мощность 100–300 тыс. т в год), крупнотоннажные производства хлорорганических продуктов, целлюлозно-бумажной продукции, ядохимикатов, нефтеперерабатывающие заводы, хранилища и склады химически опасных веществ (хранение СДЯВ часто осуществляется под давлением 10–20 атмосфер и температуре до 50° С).

К основным типам объектов с СДЯВ в ВС РФ следует отнести склады, средства вооружения и транспорты с компонентами ракетных топлив, а также комплексы по хранению и уничтожению боевых отравляющих веществ.

Эти объекты эксплуатируются службами вооружения РВСН, ВМФ, войск ПВО, в ракетных частях (соединениях) СВ, в войсках РХБ защиты.

Запасы СДЯВ, как правило, хранятся и перевозятся в металлических тонкостенных резервуарах различной вместимости. Все элементы объектов со СДЯВ (перерабатывающие установки, склады, сеть коммуникаций) размещаются, как правило, на открытых площадках. Общая структура объектов со СДЯВ показана на рис. 9.4.

Количество химических аварий увеличивается и из-за транспортных происшествий. Так, в настоящее время резко возросли объемы перевозок по железным дорогам сжиженного хлора. В стране одновременно движется около 700 цистерн с хлором и столько же находится на загрузочно-разгрузочных операциях, которые отличаются повышенной опасностью. При аварии на станции Аннау (Туркмения) произошел выброс хлора из цистерны, который угрожал поражением большому числу людей, и только благодаря счастливому стечению обстоятельств этого не произошло.

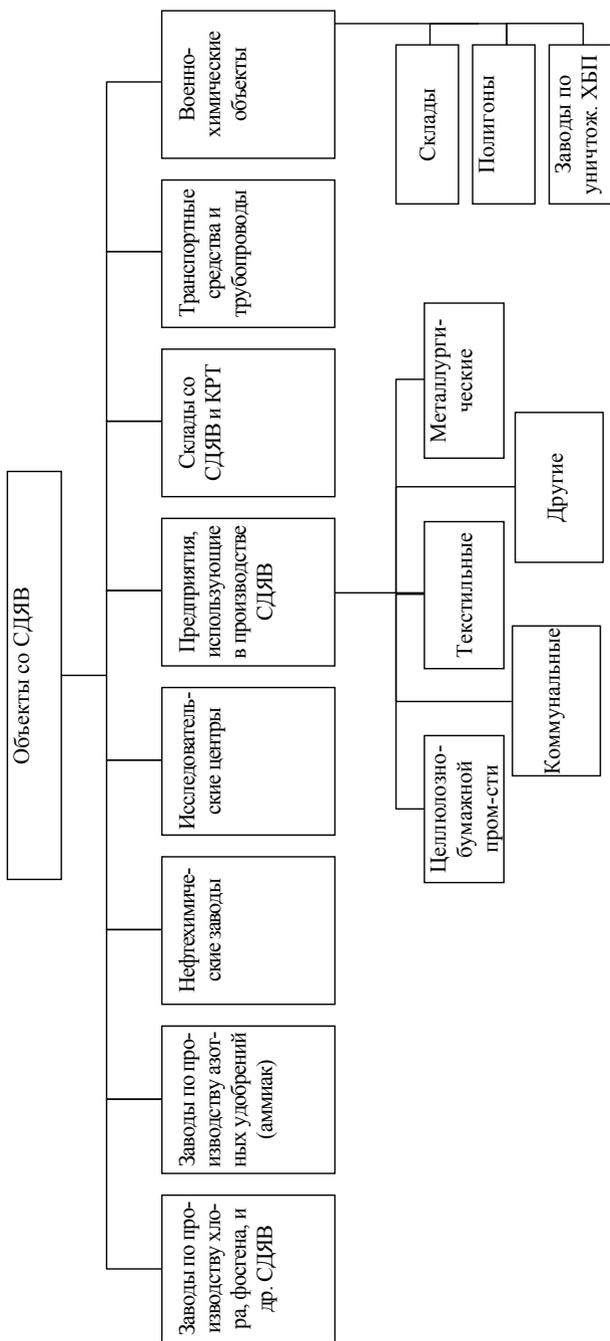


Рис. 9.4. Общая структура объектов со СДЯВ в народном хозяйстве

По своему строению и физико-химическим свойствам СДЯВ весьма неоднородны. Их биологические эффекты многообразны. Поэтому дать четкую классификацию не представляется возможным. Однако в аварийных ситуациях необходимо прежде всего определение наибольшей опасности воздействия того или иного СДЯВ на человека с целью организации защиты войск и оказания своевременной и квалифицированной помощи пораженным. Известно, что в основе действия любого химического вещества лежат эффекты, проявляющиеся либо в месте аппликации (местное действие), либо в виде общих реакций организма человека (общее или системное действие). Степень выраженности этих эффектов для различных химических веществ неодинакова. Поэтому в настоящее время для классификации СДЯВ наиболее широко используется признак преимущественного синдрома, складывающегося при острой интоксикации. В соответствии с этим все СДЯВ условно можно разделить на семь групп:

первая — *вещества с преимущественно удушающим действием* (воздействие на дыхательные пути) с выраженным прижигающим действием: хлор, треххлористый фосфор, оксихлорид фосфора; со слабым прижигающим действием: фосген, хлорпикрин, хлорид серы. В результате воздействия этих веществ у человека может возникнуть отек легких с последующими негативными изменениями; возможен также летальный исход в результате химического ожога слизистых оболочек верхних дыхательных путей и легких;

вторая — *вещества преимущественно общедовитого действия* (вызывают острое нарушение энергетического обмена в организме). К этой группе веществ относятся окись углерода, синильная кислота, динитрофенол, этиленхлорид, фторгидрид и др. Эти вещества можно разделить на яды крови и тканевые яды. В результате воздействия их на организм человека наступает тяжелое поражение, зачастую — со смертельным исходом;

третья — *вещества, обладающие одновременно удушающим и общедовитым действием* (при ингаляционном воздействии вызывают токсический отек легких, а при резорбции нарушают энергетический обмен). Многие вещества этой группы обладают сильнейшим прижигающим действием, что значительно затрудняет оказание помощи пострадавшим. К этой группе СДЯВ относятся акрилонитрил, азотная кислота и окислы азота, фтористый водород, сернистый ангидрид и др.;

четвертая — *нейротропные яды* (вещества, нарушающие генерацию, проведение и передачу нервного импульса). К этой группе веществ относятся фосфорорганические соединения, тетраэтилсвинец, сероуглерод и др.;

пятая — *вещества, обладающие совместным удушающим и нейротропным действием* (при ингаляционном воздействии вызывают отек легких, на фоне которого формируется тяжелое поражение нервной системы). К этой группе веществ относятся аммиак, гептил, гидразин и др.;

шестая — *метаболические яды* (соединения, нарушающие процессы метаболизма веществ в организме с поражением центральной нервной системы, иногда системы кроветворения). Поражение СДЯВ этой группы развивается постепенно и в тяжелых случаях заканчивается смертельным исходом в течение нескольких суток. К метаболическим ядам относятся окись этилена, метилбромид, метилхлорид, дихлорэтан, диметилсульфат и др.;

седьмая — *токсические соединения, нарушающие обмен веществ в организме* (действуя через легкие, пищеварительный тракт и кожные покровы, вызывают заболевания с очень вялым их протеканием и вовлечением в этот процесс всех органов и систем организма) и приводящие в итоге к смертельному исходу. К этой группе веществ относятся диоксин, полихлорированные бензофураны и др.

Следует иметь в виду, что в случае крупномасштабных разрушений (аварий) объектов со СДЯВ практически неизбежно возникновение пожаров. Это обстоятельство вынуждает классифицировать СДЯВ по способности к горению, так как в ряде случаев сам пожар может способствовать выделению в больших количествах токсических химических веществ (например, при горении серы выделяется сернистый ангидрид). По способности к горению все СДЯВ можно подразделить на *негорючие* (не способны гореть в атмосфере при температуре среды до 900° С), *трудногорючие* (способны возгораться при воздействии огня, но после его удаления дальше самостоятельно гореть не способны) и *горючие* (способны самовозгораться или возгораться от источника огня и далее продолжать гореть самостоятельно).

На поведение СДЯВ при разрушении объектов оказывает сильное влияние способ хранения.

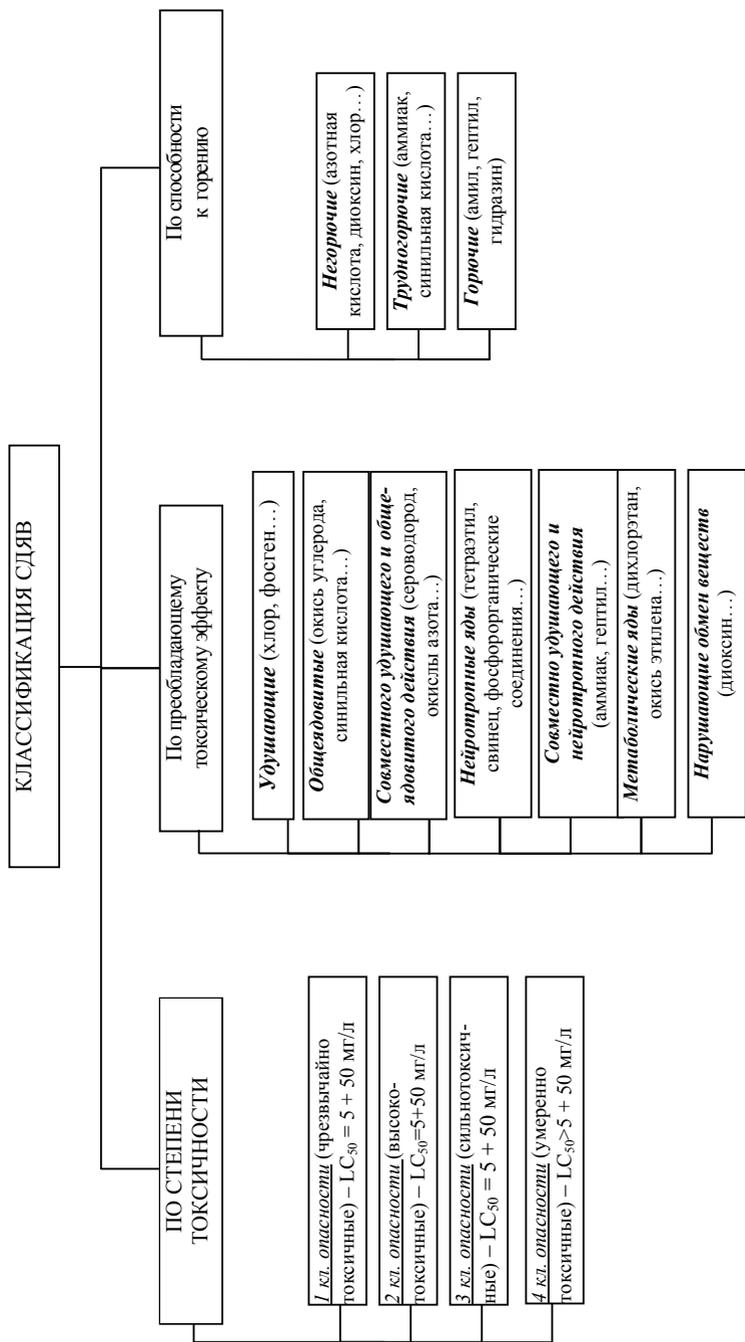


Рис. 9.5. Общая классификация СДЯВ

В случае разрушения емкости, где СДЯВ находятся под давлением, сначала происходит бурное, почти мгновенное испарение значительного количества вещества, образуется облако с концентрациями, значительно превышающими смертельные. Затем оставшаяся часть СДЯВ, вылившись из емкости, будет в течение длительного времени (часы, сутки и более) испаряться. Испарение в этом случае будет зависеть от температуры окружающей среды и скорости ветра.

При разрушении емкости изотермического хранилища в первичное облако перейдет не более 3–5% от общего количества СДЯВ. Дальнейшее испарение будет протекать аналогично вышеизложенному.

В случае разрушения емкости с высококипящими СДЯВ образование первичного облака не происходит совсем. Скорость испарения таких СДЯВ настолько мала, что они будут представлять опасность только для личного состава, находящегося непосредственно в районе аварии.

Классификация СДЯВ в общем виде показана на рис. 9.5.

Степень опасности химического заражения характеризуется возможным ущербом от разрушений (аварий).

Разрушения (аварии) на объектах со СДЯВ в зависимости от масштабов последствий подразделяются:

на локальные — угроза поражения создается только для непосредственно находящегося вблизи разрушенного объекта (емкости) обслуживающего персонала;

местные — создается угроза поражения для всего производственного персонала, находящегося на объекте;

общие — последствия выходят далеко за пределы объекта (санитарно-защитной зоны), и создается угроза поражения личного состава войск и заражения окружающей среды.

Принципиальная схема формирования поражающих факторов при аварии на объекте со СДЯВ приведена на рис. 9.6. В качестве объекта аварии показан завод по производству хлора, химических средств защиты растений и других продуктов. Произошло разрушение резервуара с жидким хлором, и возник пожар на складе готовой продукции. Характеристика поражающих факторов:

А — образование облака зараженного воздуха с поражающими концентрациями и его перемещение в приземном слое атмосферы на десятки километров;

Б – образование в результате пожара дымового облака с токсичными продуктами, его распространение на значительное расстояние с выпадением вредных веществ на подстилающую поверхность (кислотные и тому подобные дожди);

В – в ходе тушения пожара часть токсичных продуктов попадает в реку, происходит заражение воды по течению.

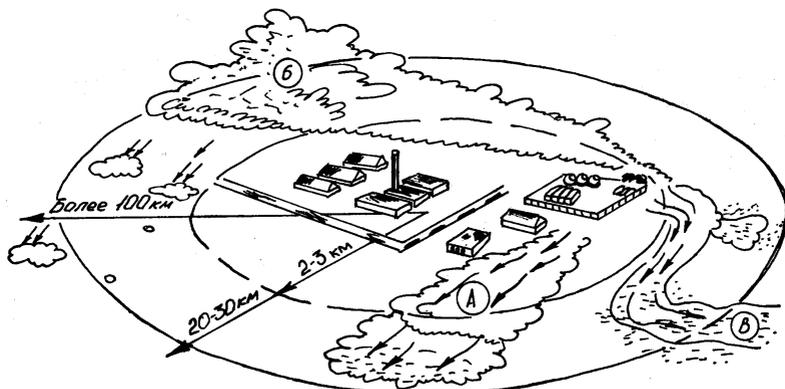


Рис. 9.6. Схема формирования поражающих факторов при аварии на объекте со СДЯВ

Для многих СДЯВ характерно длительное заражение окружающей среды, а также проявление отдаленных эффектов поражения людей и объектов биосферы (животный и растительный мир).

Масштабы поражения при химически опасных авариях очень сильно зависят от метеоусловий и способа хранения СДЯВ.

Площадь, в пределах которой будет проявляться поражающее действие СДЯВ, составит *зону химического заражения*. Она включает:

- очаг разрушения (площадь места разрушения и растекания СДЯВ);
- район разрушения (площадь, в пределах которой облако СДЯВ обладает наибольшими поражающими возможностями);
- зону распространения СДЯВ (площадь заражения воздуха за пределами района разрушения, создаваемая в результате распространения облака СДЯВ по ветру и ограниченная изоляцией пороговых значений экспозиционной дозы).

Общая схема нанесения зон химического заражения (ЗХЗ) на карту и наиболее характерные параметры ЗХЗ при распространении СДЯВ показаны на рис. 9.7 и приведены в табл. 9.3.

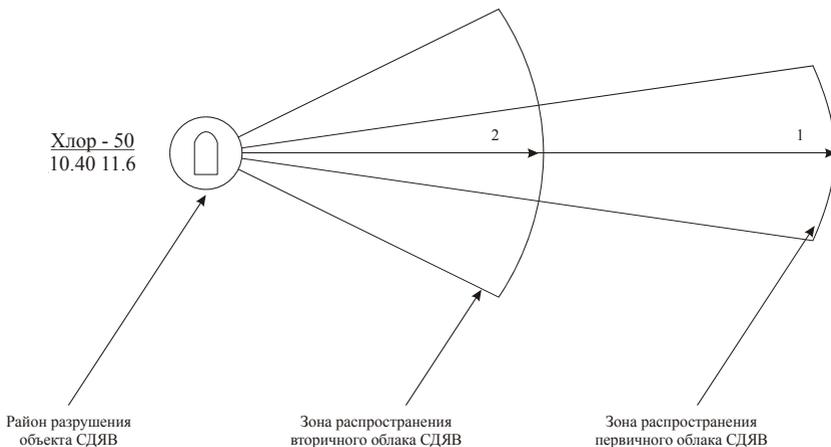


Рис. 9.7. Общая схема нанесения зон химического заражения на карту

Примечание. Надпись и границы зон наносят синим цветом, площадь внутри района разрушения закрашивается желтым цветом.

Таблица 9.3

Характеристика размеров зон химического заражения при распространении некоторых СДЯВ (20° С, 1–2 м/с, инверсия)

СДЯВ	Емкость типового резервуара, т	Первичное облако		Вторичное облако	
		Γ_1 , км	S_1 , км	Γ_1 , км	S_1 , км
Хлор	50	20–30	150–300	17–26	216–450
	150	35–40	400–830	33–50	726–1600
	2000	36–55	430–1000	45–60	240–130
Аммиак	100	6–8	16–17	2–24	6–16
	500	14–20	75–147	4–6	17–32
	10000*	4–6	8–16	10–16	67–170
	30000*	5–7	12–21	10–16	67–170
Фосген	30	13–20	67–147	14–20	130–200
Оксид углерода	50	1–2	1,5–3,0	2–4	6–16

* – хранение без давления в емкости.

Последствия разрушения (аварии), сопровождаемого выбросом (выливом) СДЯВ, определяются совокупностью результатов воздействия химического заражения на войска, различные объекты и окружающую среду.

Количественными показателями последствий разрушения объектов со СДЯВ являются масштабы, степень опасности и продолжительность химического заражения.

Масштабы химического заражения характеризуются пространственными границами (линейные размеры и площадь) проявления последствий разрушений (аварий).

А – при разрушении емкости с СДЯВ (испарение, распространение облака зараженного воздуха в приземном слое атмосферы);

Б – при пожаре (горение СДЯВ, распространение токсичных продуктов горения; при выпадении их с осадками образуются очаги химического заражения местности);

В – при тушении пожара (часть СДЯВ стекает в реку, через грунт заражает грунтовые воды).

Продолжительность химического заражения характеризуется временными пределами проявления последствий разрушений (аварий).

Вследствие трудностей в своевременном получении фактических исходных данных о разрушениях, быстротечности проявления поражающего действия СДЯВ основным способом выявления последствий является прогнозирование.

Для определения влияния химической обстановки на боеспособность войск и характер выполняемых задач производится ее выявление и оценка.

Выявление обстановки заключается в определении масштабов последствий разрушения объекта с СДЯВ, а **ее оценка** – в анализе этих масштабов с целью определения их влияния на боеспособность и действия войск, выбора наиболее целесообразных способов действий и мер защиты в сложившейся обстановке, в подготовке выводов и предложений командованию для принятия аргументированных решений.

В результате разрушения объектов с ядерными компонентами и СДЯВ изменяются условия боевых действий частей и соединений, что может потребовать уточнения или изменения боевых задач войск, смены районов их расположения, длительного пребывания в средствах индивидуальной защиты, проведения работ по ликвидации последствий и других мероприятий.

Одной из проблем, не решенной в настоящее время до конца, является обеспечение безопасности войск при действиях в зонах разру-

шений объектов с ядерными компонентами и сильнодействующими ядовитыми веществами.

9.2.3. Обеспечение безопасности войск при действиях в зонах разрушений объектов с ядерными компонентами и сильнодействующими ядовитыми веществами

Анализ участия войск в ликвидации последствий аварий на ЧАЭС и других потенциально опасных объектах показывает, что войска необходимо всесторонне и тщательно готовить к действиям в условиях специфического радиоактивного и химического заражения.

Вопросы подготовки войск для действий в условиях разрушений объектов с ядерными компонентами и СДЯВ тесно связаны с основными организационными и методологическими принципами защиты от оружия массового поражения. Однако имеющийся опыт показывает, что автоматически переносить рекомендации по защите войск при применении ОМП на условия разрушения объектов с ядерными компонентами и СДЯВ не представляется возможным.

Рассмотренные особенности радиоактивного и химического заражения при разрушении объектов с ядерными компонентами и СДЯВ вынуждают к принятию особых мер защиты и способов ликвидации последствий.

Решение проблемы обеспечения безопасности личного состава при выполнении задач в зонах разрушений объектов с ядерными компонентами и СДЯВ возможно по двум направлениям: повышение эффективности комплекса мероприятий по защите войск на базе организационных мероприятий, совершенствования средств защиты и техники; разработка новых способов действий войск в зонах заражения, исключая или снижающих до минимума опасность поражения.

Повышение качества подготовки войск может быть достигнуто совершенствованием форм и методов проведения тактико-строевых занятий и тактических учений применительно к сложным условиям радиационной и химической обстановки, с учетом особенностей ТВД, с максимальным приближением к условиям боевой действительности. Личный состав войск обязан твердо знать потенциальную опасность объектов с ядерными компонентами и СДЯВ в случае их разрушения.

Еще в мирное время часть войск может располагаться в опасной близости от объектов с ядерными компонентами и СДЯВ. В этом слу-

чае должно быть организовано четкое взаимодействие войск с силами местной гражданской обороны. Научной основой планирования и проведения защитных мероприятий должны являться прогностические оценки масштабов радиоактивного и химического заражения, которые соответствовали бы максимально возможным последствиям аварий на ближайших потенциально опасных объектах. В некоторых случаях результаты прогнозирования могут явиться основанием для подготовки предложений о передислокации войск и объектов за пределы опасных районов.

Кроме того, целесообразно штабам (при участии начальников родов войск и служб, руководства местной обороны объектов) разрабатывать планы, по которым должна осуществляться подготовка войск к действиям в случае аварии (разрушения) на соседнем потенциально опасном объекте. В таком плане должно быть отражено следующее: результаты прогнозирования масштабов опасности и способы их уточнения; признаки возникновения опасности, пути поступления информации о возникновении аварии и порядок оповещения; организация радиационной, химической и инженерной разведок в пунктах постоянной дислокации, на маршрутах и районах возможного выхода; порядок выхода за пределы зон воздействия поражающих факторов; охрана и содержание материальных средств, не подлежащих вывозу из зон; организация радиационного и химического контроля; профилактические медицинские мероприятия и меры первой помощи; средства и способы защиты от возможных поражающих факторов; порядок доклада вышестоящему командованию; определение лиц, ответственных за выполнение конкретных разделов плана.

С целью принятия мер по защите личного состава в случае разрушения потенциально опасных объектов как в мирное, так и в военное время организуется предупреждение войск о непосредственной угрозе воздействия на них радиационных и химических поражающих факторов. Основанием для этого будут указания вышестоящих штабов, результаты прогнозирования и разведки, а также взаимная информация между частями, соединениями и объектами. С получением предупреждения в войсках уточняются мероприятия защиты. Предупреждающая информация, результаты рекогносцировки могут позволить своевременно выбрать район развертывания с учетом защитных свойств местности, господствующего направления ветра, пожароопасных мест и т. д.

Так, небольшая возвышенность или лес между разрушенным объектом и районом расположения войск могут значительно снизить воздействие радиационных поражающих факторов и создать более благоприятные условия для жизнедеятельности.

С целью немедленного принятия мер защиты штабами организуется оповещение войск и объектов о воздействии поражающих факторов. По опыту крупномасштабных аварий, эффективность оповещения выражается в существенном снижении количества пораженных людей. Если своевременно провести даже такое простейшее мероприятие, как, например, загерметизирование объектов или изменение в них режима фильтровентиляции, то дозы по ингаляционно опасным веществам могут быть снижены в 7–10 раз.

Штабы обязаны установить единые сигналы оповещения, порядок оповещения и действий по ним. Сигнал оповещения целесообразно передавать во все части, находящиеся в пределах площади, ограниченной радиусом, равным максимально возможной глубине распространения поражающих факторов при данных топо- и метеоусловиях. С получением сигнала оповещения личный состав обязан немедленно использовать средства индивидуальной или коллективной защиты. В убежищах и боевых машинах вентиляционные системы, не имеющие фильтров-поглотителей, выключаются или переводятся в режим внутренней циркуляции воздуха, а с фильтрами – включаются. Следует при этом учитывать, что ряд СДЯВ не задерживаются фильтрами ФВУ, и в этом случае необходимо устанавливать режим полной изоляции.

С момента установления факта разрушения находящихся в полосе действий войск объектов с ядерными компонентами и СДЯВ силами войск (в первую очередь войск РХБ защиты) организуется постоянное наблюдение за изменением обстановки в районах их размещения, радиационная и химическая разведка (РХР) зон формирования поражающих факторов. В случае необходимости при разведке разрушенного объекта целесообразно использовать офицерские дозоры совместно с инженерными подразделениями, которые обязательно дооснащаются изолирующими средствами защиты органов дыхания. Границы заражения обозначаются знаками ограждения. При этом следует учитывать, что многие СДЯВ в парогазовой фазе пожаро- и взрывоопасны, поэтому в ряде случаев во избежание взрыва или пожара категорически

запрещается выстреливание знаков ограждения, а также установка их путем забивания.

Ведение РХР осуществляется с использованием различных средств и методов. Так, для проведения радиационной разведки в районе ЧАЭС использовался весь арсенал приборов, состоящих на снабжении войск (ДП различных модификаций; ДП-3Б; ИМД-1; ИМД-21; ИМД-31; РАМ-11). Эти приборы являются средствами локального действия. Как показывает опыт, степень оснащенности ими войск и их технические характеристики обеспечивают получение полной и достоверной информации только при большой плотности точек замеров. Однако серьезным недостатком ряда приборов (ДП и других) является их большая инерционность, что приводит к дополнительным дозовым нагрузкам личного состава. Необходимо также снизить начальное значение измеряемых мощностей доз у бортовых приборов до 0,01 р/ч. Кроме того, имеющиеся приборы не позволяют решать ряд важных, особенно для мирного времени, практических задач: определять степень зараженности местности и объектов *альфа*- и *бета*-активными веществами; осуществлять поиск высокоактивных осколков «твэлов»; дистанционно определять местонахождение источников радиации и направление ионизирующих излучений.

Систему средств радиационной разведки представляется возможным развивать в направлении разработки комплексов дистанционного выявления радиационной обстановки на больших территориях с использованием метода регистрации в ультрафиолетовой области спектра флюоресценции воздуха под воздействием *гамма*-излучения, что позволяет получить площадную картину заражения, а также в направлении разработки бортовой аппаратуры, функционирующей в автоматизированной системе сбора данных и позволяющей измерять как высокие, так и граничные с фоновыми значениями мощности доз излучения.

Успешное ведение химической разведки и контроля во многом также определяется возможностью технических средств. Перечень химических веществ, подлежащих контролю в составе воздуха, насчитывает сегодня 560 наименований, из них около 40 должны подвергаться постоянному автоматическому контролю. Только некоторые из имеющихся в войсках средств химической разведки (ВПХР, ППХР, ПРХР, ГСП-11, ГСА-12, АП-1) могут быть использованы в целях обнаруже-

ния. В ряде случаев целесообразно расширить возможности войск доукомплектованием средствами промышленной индикации СДЯВ (например, универсальными газоопределителями типа УГ-2, УГ-3, УГ-4). Однако и в этом случае полного решения задач по химической разведке достигнуть не удастся. Для решения задач химического контроля могут быть использованы войсковые химические лаборатории типа ПХЛ-54, ПХЛ-1, АЛ-4 и др. Проблема экспресс-индикации, определения и идентификации СДЯВ с каждым годом становится все более актуальной. Одно из направлений ее решения – разработка простейших средств химической разведки и контроля, к которым относятся наборы прямопоказывающих индикаторных трубок. Другое направление – создание малогабаритных датчиков, в которых используются принципы изменения сопротивления спецэлементов под воздействием СДЯВ.

Опыт Чернобыля показал, что организация контроля облучения личного состава и войсковая радиометрическая аппаратура не в полной мере отвечали требованиям, вытекающим из сложившейся обстановки (низкая достоверность, чувствительность, узкий диапазон измерений и др.). В ходе ведения обычной войны, когда войскам придется выполнять задачи при сравнительно небольших мощностях доз излучений при разрушении объектов с ядерными компонентами, но в течение длительного периода, возникает необходимость тщательного учета ежесуточных доз облучения и, разумеется, создания соответствующих средств контроля.

Перспективным должно быть направление в разработке дозиметрической аппаратуры, обладающей большим диапазоном измерений (0,01–10000 рад), особенно в области малых доз, обеспечивающей высокую точность и оперативность обработки результатов измерений.

Эффективное использование штатных средств индивидуальной и коллективной защиты в условиях воздействия радиоактивных продуктов выброса в газоаэрозольной форме и паров СДЯВ будет ограничено, так как их защитные свойства в свое время определялись поражающими факторами ОМП, имеющими свою специфику. В частности, фильтрующие элементы противогазов, ФВУ техники и сооружений имеют недостаточные для некоторых СДЯВ защитные свойства (эффективность их в среднем 15–20 мин.). Опыт Чернобыля показал, что применение респиратора Р-2 неэффективно в случае с мелкодисперсными радио-

активными аэрозолями; было рекомендовано использовать респиратор типа ШБ-1. Также рекомендовалось для защиты органов дыхания сначала, до распада радиоактивного йода, использовать противогазы типа ПМК, а затем уже респиратор. Применение фильтрующих противогазов в большинстве случаев возможно лишь при концентрации паров и газообразных веществ не более 0,5% по объему.

Сигналом обработки защитной мощности противогазовой коробки может служить момент появления запаха СДЯВ в подмасочном пространстве, а также отработка фиксированного времени, резкое увеличение сопротивляемости дыханию, увеличение массы коробки выше контрольной. Необходимо помнить, что фактическое время использования противогазовой коробки определяется не только ее защитными свойствами, но также и тем, в каких условиях она применяется, т. е. правильным выбором коробки по назначению (для соответствующего СДЯВ).

Во всех случаях (пожары, неизвестные СДЯВ, высокая концентрация и т. п.) надежную защиту могут обеспечить изолирующие противогазы, однако и их характеристики не в полной мере отвечают требуемой продолжительности нахождения в них по эргономичности. Из изложенного можно заключить, что проблема снижения вероятности поражения личного состава за счет использования средств индивидуальной защиты при действиях в районах разрушения потенциально опасных объектов может быть решена за счет повышения защитных и эргономических свойств противогазов, обеспечения ими войск в необходимой мере и создания запасов дополнительных защитных патронов от СДЯВ для фильтрующих противогазов, обеспечения войск РХБ защиты и некоторых инженерных частей изолирующими противогазами.

Объем задач по специальной обработке (деактивация, дегазация и дезинфекция) в условиях массового разрушения потенциально опасных объектов в обычной войне, возможно, будет меньше, чем в случае применения ОМП, так как допустимые нормы зараженности по радионуклидам в военное время выше (на 2–3 порядка), чем в мирное время, а стойкость заражения объектов для большинства СДЯВ сравнительно низкая. В основу действующих в настоящее время способов деактивации положен жидкостный метод, который обладает значительной трудоемкостью, недостаточно высокой эффективностью, образованием большого количества жидких радиоактивных отходов и вторичных ра-

диоактивных загрязнений. К основным перспективным направлениям совершенствования средств и способов специальной обработки, на наш взгляд, следует отнести: оснащение войск (в районах спецобработки) приборами для определения степени зараженности радионуклидами и стойкими СДЯВ; защиту полимерными покрытиями отдельных элементов и в целом образцов вооружения и техники (прицелы, дальнометры и т. п.); создание установок для регенерации технической воды, зараженной радионуклидами и СДЯВ; разработку рецептов для более эффективного проведения специальной обработки; создание пленкообразующих рецептов для защитно-аккумулирующих покрытий, для закрепления грунта и предотвращения пылеобразования на грунтовых дорогах; внедрение механизации и автоматизации в процессы специальной обработки.

Запасы продовольствия должны быть укрыты полиэтиленовой пленкой или другими материалами, не впитывающими пыль, а в случае подвоза продовольствия на автотранспорте общего назначения следует тщательно укрыть его тентом.

Одним из важных направлений обеспечения безопасности личного состава являются профилактика и лечение радиационных поражений, вызванных воздействием радионуклидов при разрушении объектов с ядерными компонентами. Для этого рекомендуется использовать:

- профилактическое средство – йодистый калий в таблетках по 0,25 г, его целесообразно выдавать личному составу, подвергшемуся воздействию радиоактивных аэрозолей;
- лечебные средства – для выведения радионуклидов из организма (ферраций, 5%-й раствор пентацина).

Система медицинских мероприятий в настоящее время сформировалась в расчете на преимущественное воздействие фосфорорганических отравляющих веществ (ФОВ) и во многом неэффективна при воздействии СДЯВ. Она нуждается в разработке и внедрении мер, способных обеспечить защиту органов дыхания и кожи в условиях многофакторных воздействий и прежде всего в разработке схем антидотной терапии и профилактики химических поражений.

В условиях разрушений потенциально опасных объектов может значительно осложниться обеспечение войск водой. Из-за способности к миграции радиоактивных частиц и высокотоксичных веществ потребуются более тщательные разведка и контроль подземных и по-

верхностных вод. Расчеты показывают, что потребности войск (объединений и соединений) в воде при переходе к нормированному потреблению воды в ходе подготовки к оборонительной операции могут составить соответственно 1700 и 200 м³ в сутки, а с учетом необходимости в проведении специальной обработки подразделений, вышедших из зон заражения, могут возрасти до 3500 и 600 м³ соответственно, что значительно превышает возможности армейской роты полевого водоснабжения, добывающей 800–900 м³ в сутки. Выход видится в оснащении войск индивидуальными и групповыми средствами хранения и очистки воды (из расчета один резервуар типа РДВ-100 на взвод), в создании модульных очистных установок, увеличение возимых запасов воды (на двое суток).

Таким образом, своевременное предупреждение и оповещение войск, организация посменной боевой работы, инженерное оборудование занимаемых районов и позиций, ограничение пребывания войск в районах с опасными дозовыми нагрузками, тщательная организация и проведение РХР, радиационного и химического контроля, использование надежных средств защиты и своевременное проведение мероприятий по ликвидации последствий с необходимой эффективностью обеспечат безопасность личного состава и создадут необходимые условия для успешного выполнения войсками поставленных задач при разрушении объектов с ядерными компонентами и сильнодействующими ядовитыми веществами.

9.3. Методика выявления последствий при разрушении (аварии) объектов с ядерными компонентами и СДЯВ (радиационно и химически опасных объектов)

Выявление последствий радиоактивного и химического заражения включает выявление и оценку радиационной и химической обстановки.

Под *радиационной (химической) обстановкой* понимают масштабы и степень загрязнения местности, воздуха радиоактивными веществами (в том числе СДЯВ), оказывающими влияние на боевые действия и боеспособность войск.

Выявление радиационной (химической) обстановки включает сбор и обработку информации о разрушении (аварии) предприятий атомной энергетики и химической промышленности, определение границ зон загрязнения и нанесение их на карту.

Под *оценкой радиационной и химической обстановки* понимается решение основных задач по различным вариантам действий войск в зонах загрязнения, анализ полученных результатов и выбор наиболее целесообразных вариантов, при которых обеспечивается выполнение поставленных боевых задач с минимальными потерями. Выявление и оценка радиационной и химической обстановки при разрушении (аварии) объектов с ядерными компонентами и СДЯВ производится как методом прогнозирования, так и по данным разведки.

Выявление и оценка радиационной и химической обстановки являются обязательными элементами работы командиров и штабов всех степеней.

В штабах соединений и объединений выявление и оценку радиационной и химической обстановки первоначально производят методом прогнозирования, а затем эта информация уточняется по данным радиационной и химической разведки. В штабах частей выявление и оценку радиационной и химической обстановки проводят, как правило, по данным разведки. Однако при оценке обстановки в штабах частей могут быть использованы данные прогноза вышестоящего штаба.

9.3.1. Выявление прогнозируемой радиационной обстановки при разрушении (аварии) АЭС

Исходными данными для выявления прогнозируемой радиационной обстановки при аварии (разрушении) ядерного энергетического реактора (ЯЭР) на АЭС являются: координаты разрушенных реакторов $X_{\text{АЭС}}$, $Y_{\text{АЭС}}$, их тип (РБМК или ВВЭР), мощность (W , МВт) и количество (n) время и дата разрушения (аварии) $T_{\text{АВ}}$ (сут., ч) скорость V_{10} (м/с) и направление α_{10} (град) ветра на высоте 10 м; доля выброшенных из реактора радионуклидов h (%) или измеренная на оси следа на расстоянии $X_{\text{ИЗМ}}$ (км) 5-15 км от реактора мощность дозы излучения $P_{\text{ИЗМ}}$ (рад/ч) состояние облачного покрова.

Выявление прогнозируемой радиационной обстановки при аварии (разрушении ЯЭР) на АЭС проводится в такой последовательности:

1. На карте в соответствии с координатами отмечается точка центра разрушенного реактора, вокруг которой проводится окружность радиусом 500 м, внутри – условный знак АЭС. Цвет окружности – синий, если АЭС противника, черный – наша.

2. В соответствии с метеоусловиями и временем суток по табл. 1.1 (прил. 1) определяется категория устойчивости атмосферы \mathcal{L} .

3. По табл. 1.2 (прил. 1) в соответствии с категорией устойчивости атмосферы и скорости ветра V_{10} (м/с) определяется средняя скорость ветра ($V_{\text{Ср}}$ м/с) в слое распространения радиоактивного облака.

4. От центра разрушенного реактора по направлению ветра α_{10} проводится ось прогнозируемых зон загрязнения. Около окружности с условным знаком АЭС делается пояснительная надпись: в числителе – тип, мощность (МВт) и количество разрушенных реакторов, в знаменателе – астрономическое время и дата разрушения ЯЭР. Цвет надписи такой же, как и условный знак АЭС.

5. Оценивается табличное значение доли $h_{\text{табл}}$ радионуклидов, выброшенных из ЯЭР мощностью 1000 МВт, при разрушении которого можно ожидать эквивалентных размеров зон загрязнения мощности:

$$h_{\text{табл.}} = h \times 10^{-3} \sum_{i=1}^n W_i. \quad (1)$$

Если мощности и тип разрушенных реакторов одинаковы, то

$$h_{\text{табл.}} = h \times 10^{-3} W n. \quad (2)$$

В том случае, если значение доли радионуклидов, выброшенных при разрушении ЯЭР, неизвестно, то необходимо:

- 1) провести измерение мощности дозы излучения $P_{\text{изм}}$ на оси следа на удалении 5–15 км от ЯЭР;
- 2) измеренное значение мощности дозы пересчитать на время 1 ч после аварии (разрушения):

$$P_{(1)} = P_{\text{изм}} K_{11}, \quad (3)$$

где $P_{(1)}$ – мощность дозы излучения на 1 ч после аварии (разрушения); K_{11} – коэффициент для перерасчета мощности дозы излучения на 1 ч после аварии (разрушения), определяемый по табл. 1.3 (прил. 1).

Примечание: порядок определения коэффициента K_{11} изложен в разделе 2.3;

- 3) по табл. 1.4 (прил. 1) для соответствующего типа реактора, расстояния $X_{\text{изм}}$, категории устойчивости атмосферы и скорости среднего ветра определить прогнозируемое значение мощности дозы при 10% выбросе радионуклидов $P'_{(1)}$;

4) рассчитать долю выброса радионуклидов из ЯЭР по соотношению

$$h_{\text{мабл}} = P_{(1)} / P'_{(1)}. \quad (4)$$

Если измерение мощности дозы излучения на загрязненной местности невозможно, то доля выброшенных радионуклидов принимается равной 10%.

6. По табл. 1.5 (прил. 1) в соответствии с типом реактора, категорией устойчивости атмосферы, средней скоростью ветра и долей радионуклидов, выброшенных из ЯЭР, определяются размеры прогнозируемых зон загрязнения местности (длина и ширина), которые наносятся на карту в виде правильных эллипсов (как и при ядерном взрыве). Цвет границ: зона «М» – красный, зона «А» – синий, зона «Б» – зеленый, зона «В» – коричневый, зона «Г» – черный (рис. 9.8).

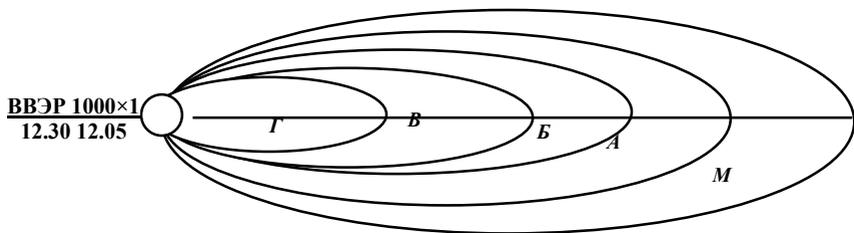


Рис. 9.8. Нанесение прогнозируемых зон загрязнения местности при разрушении (аварии) АЭС

Пример 1. В 10.35 и 11.10 разрушены два реактора типа РБМК мощностью 1500 МВт в г. Буг. $X_{\text{аэс}} = 12250$, $Y_{\text{аэс}} = 36500$. Доля выброшенных из ЯЭР радиоактивных веществ на момент разрушения составила 10%. Скорость ветра на высоте 10 м равна 4 м/с, направление ветра $\alpha_{10} = 240^\circ$. Облачность в районе АЭС – средняя. Выявить прогнозируемую радиационную обстановку.

Решение

1. На карту в соответствии с координатами наносим условный знак АЭС.
2. По табл. 1.1 (прил. 1) в соответствии с метеоусловиями и временем суток определяем категорию устойчивости – Д.
3. По табл. 1.2 (прил. 1) в соответствии с категорией устойчивости атмосферы Д и скоростью ветра $V_{10} = 4$ м/с определяем среднюю скорость ветра – $V_{\text{ср}} = 5$ м/с.

4. От центра разрушенного реактора по направлению ветра ($\alpha_{10} = 240^\circ$) проводим ось прогнозируемых зон загрязнения.
5. Рассчитываем табличные значения доли радионуклидов, выброшенных из ЯЭР мощностью 1000 МВт, по формуле (2):

$$h_{\text{табл}} = 10 \times 10^{-3} \times 1500 \times 2 = 30\%.$$

6. По табл. 1.5 (прил. 1) в соответствии с типом ЯЭР (РБМК), категорией устойчивости атмосферы D , средней скоростью ветра ($V_{\text{ср}} = 5$ м/с) и долей радионуклидов, выброшенных из ЯЭР ($h_{\text{табл}} = 30\%$) определяем размеры прогнозируемых зон загрязнения местности:

зона «А» — длина 145 км, ширина 8 км;

зона «Б» — длина 34 км, ширина 2 км;

зона «В» — длина 18 км, ширина 0,7 км.

В виде правильных эллипсов наносим на карту прогнозируемые зоны загрязнения.

9.3.2. Оценка прогнозируемой радиационной обстановки при разрушении (аварии) АЭС

Основой для оценки прогнозируемой радиационной обстановки при разрушении (аварии) АЭС являются: прогнозируемые зоны загрязнения местности, районы расположения (действий) войск, маршруты их перемещения, нанесенные на карту (схему).

В качестве основной базы исходных данных для оценки обстановки служит та же информация, что и при выявлении прогнозируемой радиационной обстановки. Дополнительно необходимо знать характер действий войск, их уровень защищенности от воздействия ионизирующих излучений $K_{\text{осл}}$, время начала $T_{\text{нач}}$ и продолжительность действий в зонах загрязнения $t_{\text{раб}}$, скорости выдвижения и перемещения U , а в некоторых случаях — мощность дозы излучения в отдельных точках загрязненной местности $P_{\text{изм}}$.

При выполнении задач в зонах радиоактивного загрязнения личный состав может получить поражение в результате внешнего и внутреннего облучения, а также при эксплуатации загрязненных радиоактивными веществами техники и вооружения.

Радиационный ущерб (потери) P_c в результате комбинированного воздействия радионуклидов при авариях (разрушениях) АЭС зависит от суммарной дозы излучения $D_{\text{сум}}$, полученной личным составом,

и продолжительности пребывания на загрязненной местности $\Delta t_{\text{раб}}$ и определяется по табл. 1.13 (прил. 1).

Значение суммарной дозы излучения $D_{\text{сум}}$, которую может получить личный состав в результате действий на загрязненной местности, вычисляется по следующей формуле:

$$D_{\text{сум}} = D_{\text{обл}} + D_{\text{мест}} + D_{\text{инг}} + D_{\text{вет}} + D_{\text{ост}}, \quad (5)$$

где $D_{\text{обл}}$ — доза излучения, получаемая личным составом от проходящего газоаэрозольного облака, рад; $D_{\text{мест}}$ — доза излучения, получаемая личным составом за время выполнения задач от загрязненной местности, рад; $D_{\text{инг}}$ — доза излучения, получаемая личным составом при ингаляционном поступлении радионуклидов, рад; $D_{\text{вет}}$ — доза излучения, получаемая личным составом от загрязненных фильтров противогазов, двигателей техники и ФВУ, рад; $D_{\text{ост}}$ — остаточная доза излучения, полученная личным составом ранее, рад.

Последовательность оценки прогнозируемой радиационной обстановки

1. По карте измеряется удаление по оси следа от ЯЭР до объекта X и удаление его от оси следа Y .

2. По табл. 1.6 (прил. 1) для найденного удаления X , соответствующей категории устойчивости атмосферы и значения средней скорости ветра $V_{\text{ср}}$ определяется время начала формирования следа $t_{\text{ф}}$ после аварии (разрушения).

3. Рассчитывается доза излучения, получаемая личным составом от проходящего газоаэрозольного облака, по выражению:

$$D_{\text{обл}} = D_{\text{обл}}^m K_{\text{обл}} K_y K_w, \quad (6)$$

где $D_{\text{обл}}^m$ — табличное значение дозы излучения от проходящего облака при 10%-ном выходе радиоактивных продуктов, рад; $K_{\text{обл}}$ — коэффициент, учитывающий длительность пребывания личного состава на загрязненной местности (относительно принятой продолжительности выброса в 10 сут. или 240 ч); K_y — коэффициент, учитывающий изменение мощности дозы излучения в поперечном сечении следа; K_w — коэффициент, учитывающий электрическую мощность реактора и долю радионуклидов, выброшенных при его разрушении.

Значение $D_{обл}^m$ находят по табл. 1.7 (прил. 1), входными данными в которую являются удаление X , категория устойчивости атмосферы и средняя скорость ветра V_{cp} .

Значение коэффициента $K_{обл}$ вычисляется по следующему соотношению:

$$K_{обл} = \Delta t_{раб} / 240, \quad (7)$$

где $\Delta t_{раб}$ – длительность пребывания на загрязненной радиоактивными веществами местности, ч.

$$\Delta t_{раб} = T_k - (T_{ав} + t_{ф}), \text{ если } T_{ав} + t_{ф} > T_{нач};$$

$$\Delta t_{раб} = T_k - T_{нач}, \text{ если } T_{ав} + t_{ф} < T_{нач},$$

где $T_{нач}$, T_k – астрономическое время начала и окончания действий (работ) войск, сут, ч.

$$K_{обл} = 1, \text{ если } \Delta t_{раб} > 240 \text{ ч.}$$

Значение коэффициента K_y определяется по табл. 1.8 (прил. 1), входными данными в которую являются удаления X и Y , категория устойчивости атмосферы.

Значение коэффициента K_w рассчитывается по следующему выражению:

$$K_w = h \times 10^{-3} \sum_{i=1}^n W_i. \quad (8)$$

Если мощности и типы разрушенных реакторов одинаковые, то

$$K_w = h \times 10^{-4} W n. \quad (9)$$

4. Доза излучения, получаемая личным составом за время выполнения задач от загрязненной местности, рассчитывается по следующей зависимости:

$$D_{зоны} = D_{зоны}^m (K_{зоны}) / K_{осл}, \quad (10)$$

где $D_{зоны}^m$ – табличное значение дозы излучения, получаемой личным составом при открытом расположении в середине зоны загрязнения, рад; $K_{осл}$ – коэффициент, учитывающий кратность ослабления излучения средствами защиты от загрязненной местности; $K_{зоны}$ – поправочный коэффициент, учитывающий положение объекта в зоне загрязнения.

Значение $D_{зоны}^m$ определяется по табл. 1.9 (прил. 1), входными данными в которую являются индекс зоны загрязнения, время начала

облучения после аварии $t_{нач}$ и продолжительность пребывания в зоне загрязнения:

$$t_{нач} = T_{нач} - T_{ав}, \text{ если } T_{нач} - T_{ав} > t_{ф};$$

$$t_{нач} = t_{ф}, \text{ если } T_{нач} - T_{ав} < t_{ф}.$$

Значение коэффициента $K_{осл}$ определяется по табл. 1.12 (прил. 1).

Значение коэффициента $K_{зоны}$ определяется примечанием к табл. 1.9 (прил. 1).

5. Доза излучения, получаемая личным составом при ингаляционном поступлении радионуклидов, рассчитывается с использованием следующего выражения:

$$D_{инг} = 3,3 \times 10^3 \times A_{инг}, \quad (11)$$

где $A_{инг}$ — активность поглощения человеком при ингаляционном поступлении радионуклидов.

$$A_{инг} = C_{\tau} K_{обл} K_y K_w K_n, \quad (12)$$

где C_{τ} — коэффициент, характеризующий ингаляционное поступление радионуклидов в организм человека, Ки ч/м³; K_n — коэффициент, характеризующий степень физической нагрузки личного состава в период нахождения на загрязненной местности (при легкой нагрузке $K_n = 0,9$, при средней $K_n = 1,8$, при тяжелой $K_n = 2,7$).

Значение коэффициента C_{τ} определяется по табл. 1.10 (прил. 1), входом в которую являются тип реактора, его удаление, категория устойчивости атмосферы и средняя скорость ветра.

6. Доза излучения, которую может получить личный состав от загрязненных фильтров противогазов, двигателей техники и ФВУ $D_{вет}$, рассчитывается по выражению:

$$D_{вет} = P_{вет} K_{доз}, \quad (13)$$

где $P_{вет}$ — мощность дозы излучения, получаемая личным составом от загрязненных фильтров противогазов, двигателей техники и ФВУ на 1 час после аварии, рад/ч; $K_{доз}$ — коэффициент для определения дозы излучения по значению мощности дозы на 1 час после аварии.

Значение $P_{вет}$ определяется по зависимости:

$$P_{вет} = C_{\tau} K_{обл} K_y K_w K_v K_{\delta} K_t, \quad (14)$$

где K_v и K_o – коэффициенты, учитывающие степень радиационной опасности фильтров противогазов, различных образцов техники и вооружения, ФВУ.

Значения коэффициентов K_v и K_o определяются по табл. 1.11 (прил. 1). Значения коэффициента $K_{доз}$ определяются по табл. 1.12 (прил. 1), входными данными в которую являются время начала облучения $t_{нач}$, продолжительность облучения $\Delta t_{раб}$ и тип реактора.

7. Рассчитывается суммарная доза излучения $D_{сум}$, получаемая личным составом в результате действий на загрязненной местности, по которой с помощью табл. 1.13 (прил. 1) определяются радиационные потери $П_c$. На основе этого делаются выводы о возможности действий войск в данном районе и вырабатываются предложения для принятия соответствующих решений.

Пример 2. В условиях примера 1 оценить радиационную обстановку в интересах *2/5 an*, которому предстоит находиться на огневой позиции открыто с 11.40 до 14.40 (удаление от АЭС 10 км и 0,5 км в сторону от оси следа). Личный состав дивизиона имеет остаточную дозу излучения 15 рад. Физическая нагрузка личного состава на ОП средняя.

Решение

1. По табл. 1.6 (прил. 1) для $X = 10$ км, категории устойчивости атмосферы D и $V_{cp} = 5$ м/с определяем время начала формирования следа $t_{\phi} = 0,5$ ч.

2. Рассчитываем дозу излучения, которую может получить личный состав от проходящего газоаэрозольного облака, $D_{обл}$: по табл. 1.7 (прил. 1) для реактора РБМК, $X = 10$ км, категории устойчивости атмосферы D и $V_{cp} = 5$ м/с определяем $D_{обл}^m = 7,92$ рад;

так как $T_{нач} - T_{ав} > t_{\phi}$, то $t_{нач} = 11.40 - 10.35 = 1.05$;

по выражению (7) находим $K_{обл} = 3/240 = 0,0125$;

по табл. 1.8 (прил. 1) для $X = 10$ км, $Y = 0,5$ км, категории устойчивости атмосферы D определяем $K_y = 0,6$;

по выражению (9): $K_w = 10 \times 10^{-4} \times 1500 \times 2 = 3$;

по выражению (6): $D_{обл} = 7,92 \times 0,0125 \times 0,6 \times 3 = 0,178$ рад.

3. Рассчитываем дозу излучения, которую может получить личный состав от загрязненной местности, $D_{мест}$:

так как $T_{нач} - T_{ав} > t_{\phi}$ то $t_{нач} = 11.40 - 10.35 = 1.05 \approx 1$ ч;

по табл. 1.9 (прил. 1) для зоны «В», $t_{нач} = 1$ ч, $\Delta t_{раб} = 3$ ч, определяем $D_{зоны}^m$ "В" = 18,7 рад;

по табл. 1.14 (прил. 1) определяем $K_{осл} = 1$;

по выражению (10): $D_{мест} = 18,7$ рад.

4. Рассчитываем дозу излучения, которую может получить личный состав при ингаляционном поступлении радионуклидов, $D_{инг}$:

по табл. 1.10 (прил. 1) для реактора РБМК, $X = 10$ км, категории устойчивости атмосферы D и $V_{ср} = 5$ м/с определяем $C_{\tau} = 0,069$, $K_n = 1,8$;

по выражению (12): $A_{инг} = 0,069 \times 0,0125 \times 0,6 \times 3 \times 1,8 = 2,81 \times 10^{-3}$ Ки;

по выражению (11): $D_{инг} = 3,3 \times 10^{-3} \times 2,81 \times 10^{-3} = 9,27$ рад.

5. Рассчитываем дозу излучения, которую может получить личный состав от загрязненных фильтров противогазов, $D_{ввт}$.

по табл. 1.11 (прил. 1) определяем коэффициент $K_v = 2$, $K_o = 2,6$, $K_v = 2$, $K_d = 2,6$;

по табл. 1.3 (прил. 1) для РБМК, $t_{нач} = 1$ ч определяем коэффициент $K_t = 1$;

по выражению (14): $P_{ввт} = 0,069 \times 0,0125 \times 0,6 \times 3 \times 2 \times 2,6 \times 1 = 8,12 \times 10^{-3}$ рад/ч;

по табл. 1.12 (прил. 1) для $t_{нач} = 1$ ч, $\Delta t_{раб} = 3$ ч, РБМК определяем коэффициент $K_{доз} = 2,42$;

по выражению (13): $D_{ввт} = 8,12 \times 10^{-3} \times 2,42 = 0,0196$ рад.

6. Рассчитываем суммарную дозу излучения, которую может получить личный состав в результате действий на загрязненной местности $D_{сум}$:

по выражению (5): $D_{сум} = 0,178 + 18,7 + 9,27 + 0,0196 + 15 = 43,2$ рад.

7. По табл. 1.13 (прил. 1) определяем, что потерь не будет.

Вывод. Доза излучения, которую может получить личный состав $2/5 ап$, находясь открыто на огневой позиции в течение 3 часов, составит 43,2 рад. Потерь не ожидается, в радиационном отношении дивизион будет боеспособен.

Примечание. Если доза излучения превысит допустимую или заданную на день боя величину, то следует рассчитать допустимую продолжительность действий на следе облака или время начала действий.

Определение прогнозируемой дозы излучения при преодолении следа облака

Доза излучения, получаемая личным составом при преодолении следа облака, рассчитывается по формуле:

$$D_{преод} = K_t K_u K_w \times 10^{-3} / K_{осл}, \quad (15)$$

где $D_{\text{преод}}$ – табличное значение дозы излучения, получаемой личным составом при преодолении прогнозируемых зон загрязнения, мрад; K_t – коэффициент, учитывающий время преодоления оси следа с момента взрыва и угол между осью и маршрутом движения; K_u – коэффициент, учитывающий скорость движения при преодолении следа.

Исходными данными для решения этой задачи являются: выявленная радиационная обстановка, маршрут движения войск, скорость движения U (км/ч), расстояние от исходного пункта до точки пересечения маршрута с осью l (км), астрономическое время прохождения исходного пункта $T_{\text{исх}}$, кратность ослабления излучения транспортом $K_{\text{осл}}$.

Определение прогнозируемой дозы излучения при преодолении следа облака проводится в такой последовательности.

1. Измеряется расстояние X от ЯЭР по оси следа до точки пересечения ее с маршрутом, угол β между ними, расстояние от исходного пункта до пересечения маршрута с осью l .

2. Вычисляют время начала облучения $t_{\text{нач}}$ по выражению:

$$t_{\text{нач}} = T_{\text{исх}} + l/U - T_{\text{ав}}. \quad (16)$$

3. По табл. 1.6 (прил. 1) определяют время начала формирования следа t_{ϕ} (ч).

4. Если $t_{\text{нач}} < t_{\phi}$, т. е. войска преодолевают ось следа до момента выпадения радиоактивных веществ, то $D_{\text{преод}} = 0$.

Если $t_{\text{нач}} > t_{\phi}$, то по табл. 1.15 (прил. 1) для найденного значения времени $t_{\text{нач}}$, угла b , типа реактора определяют значение коэффициента K_t .

5. Вычисляют коэффициент K_u , учитывающий скорость движения при преодолении следа, по зависимости

$$K_u = 20/U. \quad (17)$$

6. Вычисляют коэффициент K_w , учитывающий мощность ЯЭР и долю радиоактивных веществ, выброшенных при аварии (разрушении), по формуле (8) или (9).

7. По табл. 1.16 (прил. 1) для соответствующего типа реактора, средней скорости ветра $V_{\text{ср}}$ и расстояния X определяют табличное значение дозы излучения за время преодоления ($D^m_{\text{преод}}$, мрад).

8. Рассчитывают значение дозы излучения за время преодоления по соотношению:

$$D_{\text{преод}} = D^m_{\text{преод}} K_t K_u K_w \times 10^{-3} / K_{\text{осл}}. \quad (18)$$

Пример 3. В условиях примера 1 1/25 рбр предстоит преодолеть прогнозируемые зоны загрязнения от разрушения АЭС по маршруту, указанному на схеме. Исходный пункт дивизион должен пройти в 10.53–11.10. Скорость движения 30 км/ч. Кратность ослабления излучения транспортом $K_{осл} = 2$.

Определить прогнозируемое значение дозы излучения, которое получит личный состав 1/25 рбр за время преодоления следа облака ($\beta = 30^\circ$, $X = 5$ км, $l = 6$ км).

Решение

1. По табл. 1.6 (прил. 1) определяем время формирования следа: $t_{\phi} = 0,3$ ч.
2. Вычисляем время начала облучения по формуле (16):

$$t_{нач} = 10,53 + 6,30 - 10,35 = 30 \text{ мин} = 0,5 \text{ ч.}$$

3. Так как $t_{нач} > t_{\phi}$, то по табл. 1.15 (прил. 1) для $t_{нач} = 0,5$ ч и $\beta = 30^\circ$ определяем коэффициент $K_t = 2,33$.
4. Вычисляем коэффициент K_u по выражению (17):

$$K_u = 20/30 = 0,67.$$

5. Рассчитываем коэффициент K_w по формуле (9):

$$K_w = 10^{-4} \times 2 \times 1500 \times 10 = 3.$$

6. По табл. 1.16 (прил. 1) для РБМК, определяем $D^{m}_{преод} = 151$ мрад.
7. Рассчитываем дозу излучения, которую может получить личный состав дивизиона за время преодоления следа облака, по выражению (18):

$$D_{преод} = 151 \times 2,33 \times 0,673 \times 10^{-4} / 2 = 0,354 \text{ рад.}$$

Вывод. Суммарная доза излучения, которую может получить личный состав дивизиона за время преодоления следа облака, незначительна, поэтому изменять маршрут, скорость движения или время прохождения исходного пункта не требуется.

Определение допустимой продолжительности действий (работ) на следе облака

Исходные данные

1. Карта с выявленной радиационной обстановкой и районы расположения (действий) войск.
2. Время начала действий (работ) в прогнозируемых зонах загрязнения $T_{нач}$.

3. Уровень защищенности войск от воздействия ионизирующих излучений $K_{осл}$.
4. Допустимая доза излучения $D_{доп}$.

Расчет допустимой продолжительности действий (работ) на следе облака производится в такой последовательности.

1. По карте определяют зону, в которой действуют войска (выполняется работа), и удаление района расположения войск по оси следа от АЭС.
2. По табл. 1.6 (прил. 1) определяют время начала формирования следа радиоактивного облака t_{ϕ} .
3. Вычисляют время начала облучения войск в заданном районе $t_{нач}$:

$$t_{нач} = T_{нач} - T_{ав}, \text{ если } T_{нач} - T_{ав} < t_{\phi};$$

$$t_{нач} = 0, \text{ если } T_{нач} - T_{ав} < t_{\phi}.$$

4. Вычисляют табличное значение дозы излучения:

$$D_{зоны}^m = D_{доп} K_{осл} (K_{зоны}). \quad (19)$$

5. По табл. 1.9 (прил. 1) для соответствующей зоны загрязнения местности, табличного значения дозы излучения и времени начала облучения определяют допустимую продолжительность действий войск (работ) на загрязненной местности $\Delta t_{раб}$.

Пример 4. В условиях примера 1 определить допустимую продолжительность пребывания δ ААС в прогнозируемой зоне загрязнения, во время которой личный состав не должен получить дозу излучения более 6 рад при нахождении на открытой местности. δ ААС займет район развертывания в 10.35–11.30 (зона «А», $X = 10$ км).

Решение

1. По табл. 1.6 (прил. 1) определяем время начала формирования следа облака $t_{\phi} = 0,5$ ч.
2. Рассчитываем время начала облучения войск:

$$t_{нач} = 11.30 - 10.35 = 55 \text{ мин} \approx 1 \text{ ч}.$$

3. Вычисляем табличное значение дозы излучения по выражению (19):

$$D_{зоны}^m \text{ «А»} = 6 \times 1 = 6 \text{ рад}.$$

4. По табл. 1.9 (прил. 1) для зоны «А», $D_{зоны}^m = 6 \text{ рад}$ и $t_{нач} = 1 \text{ ч}$ определяем допустимую продолжительность действий личного состава на загрязненной местности $\Delta t_{раб} = 1 \text{ сут}$.

Вывод. Время работы личного состава δ ААС в прогнозируемой зоне загрязнения на открытой местности не должно превысить 1 сутки.

Определение времени начала действий (работ) на следе облака

Исходные данные

1. Карта с выявленной радиационной обстановкой и районом расположения (действий) войск.
2. Продолжительность действий (работ) — $\Delta t_{\text{раб}}$.
3. Уровень защищенности войск от воздействия ионизирующих излучений $K_{\text{осл}}$.
4. Допустимая доза излучения $D_{\text{доп}}$.

Расчет времени начала действий (работ) на следе облака производится в следующей последовательности.

1. По карте определяется зона, в которой действуют войска (выполняется работа).
2. Вычисляется табличное значение дозы излучения по формуле (19).
3. По табл. 1.9 (прил. 1) для соответствующей зоны загрязнения, в которой действуют войска (выполняется работа), и заданной продолжительности работ определяется время начала работ после аварии (разрушения) ЯЭР.
4. Определяется астрономическое время начала действий войск (работы):

$$T_{\text{нач}} = t_{\text{нач}} + T_{\text{ав}}. \quad (20)$$

Пример 5. В условиях примера 1 определить время начала работ *14 орвб РАВ*, чтобы личный состав батальона получил дозу излучения не более 50 рад. Время выполнения работ — 1 сут., зона «В», $K_{\text{осл}} = 1$.

Решение

1. Вычисляем табличное значение дозы излучения по формуле (19):

$$D_{\text{зоны "В"}}^m = 50 \cdot 1 = 50 \text{ рад.}$$

2. По табл. 1.9 (прил. 1) для зоны «В» и $\Delta t_{\text{раб}} = 1$ сут определяем $t_{\text{нач}} = 3$ сут.
3. Рассчитываем время начала работ по выражению (20):

$$T_{\text{нач}} = 72,00 + 12,10 = 84,35.$$

Вывод. Чтобы личный состав *14 орвб РАВ* не получил дозу излучения за время работ более 50 рад, время начала работ должно быть от 84,10 до 84,35.

9.3.3. Выявление фактической радиационной обстановки при разрушении (аварии) АЭС

Выявление фактической радиационной обстановки при разрушении объектов с ядерными компонентами включает:

- сбор и обработку данных о мощностях доз излучения в отдельных точках местности, координатах точек (X , Y) и времени измерения $T_{изм}$;
- приведение мощностей доз излучения к 1 ч после аварии (разрушения) ЯЭР и нанесение их на карту, определение на карте границ фактических зон загрязнения местности.

Исходными данными для выявления фактической радиационной обстановки являются:

- тип ЯЭР (РБМК или ВВЭР), астрономическое время аварии (разрушения) АЭС $T_{ав}$;
- измеренные на местности в отдельных точках мощности доз излучения $P_{изм}$ и время их измерения $T_{изм}$.

Приведение мощности доз излучения к 1 ч после аварии (разрушения) ЯЭР производится в следующем порядке.

1. Определяют время $t_{изм}$ измерения мощности дозы излучения, прошедшее после аварии (разрушения) ЯЭР:

$$t_{изм} = T_{изм} - t_{ав}. \quad (21)$$

2. По табл. 1.3 (прил. 1) для соответствующего типа ЯЭР определяют коэффициент $K_{т1}$ учитывающий изменение мощности дозы излучения по времени.
3. Рассчитывают значения мощностей доз излучения на 1 ч после аварии (разрушения) ЯЭР по формуле (3).

В штабах принято наносить на карту мощности доз излучения, приведенные к 1 ч после аварии (разрушения) ЯЭР. При этом на карте цвет точки, где была измерена мощность дозы излучения, синий, если разрушена АЭС противника, черный – если разрушена наша АЭС. Рядом с точкой этим же цветом делается надпись с указанием мощности дозы излучения, приведенной к 1 ч после аварии (разрушения) ЯЭР. В одной из точек загрязненного района (обычно в районе расположения командного пункта или в начальной точке загрязненного участка маршрута) эта подпись сопровождается указанием (в знаменателе) времени, соответствующего 1 ч после аварии (разрушения) ЯЭР.

На карте точки с мощностями доз излучения, равными или близкими к их значениям на внешних границах зон «М», «А», «Б», «В» и «Г» на 1 ч после аварии (разрушения) ЯЭР (табл. 1.17, прил. 1), соединяются между собой плавными линиями соответствующего цвета – красного, синего, зеленого, коричневого и черного. Эти изолинии отображают конфигурацию и размеры фактических зон радиоактивного загрязнения местности.

9.3.4. Оценка фактической радиационной обстановки при разрушении (аварии) АЭС

При оценке фактической радиационной обстановки решаются те же задачи, что и при оценке прогнозируемой радиационной обстановки.

Основной информацией для оценки фактической радиационной обстановки является: выявленная радиационная обстановка; метеорологические условия; районы расположения (районы предстоящих действий подразделений и частей), степень их инженерного оборудования, продолжительность пребывания в этих районах; характер выполняемых боевых задач; намеченные маршруты и сроки перемещения; дозы излучения, полученные личным составом при предыдущем облучении.

Задачи (определение суммарной дозы излучения при расположении (действии) войск на загрязненной местности и определение допустимой продолжительности и времени начала действий (работ) на загрязненной местности) решаются аналогично оценке прогнозируемой радиационной обстановки при аварии (разрушении) ЯЭР.

Определение дозы излучения при преодолении загрязненного участка маршрута

Исходными данными для решения этой задачи являются:

- тип разрушенного реактора – РБМК или ВВЭР;
- астрономическое время аварии (разрушения) ЯЭР $T_{ав}$;
- мощности доз излучения на маршруте на 1 ч после аварии (разрушения) ЯЭР $P_{i(1)}$, где $i = 1, n$;
- время прохождения исходного пункта $T_{исх}$;
- расстояние до средней точки загрязненного маршрута l_{cp} ;
- длина загрязненного маршрута $l_{загр}$;
- скорость движения войск по маршруту U ;

- кратность ослабления излучения транспортным средством $K_{осл}$;
- остаточная доза излучения личного состава $D_{ост}$.

Доза излучения при преодолении загрязненного участка маршрута определяется в следующем порядке.

1. Рассчитывают время начала преодоления загрязненного участка местности после аварии (разрушения) ЯЭР:

$$t_{нач} = T_{исх} + l_{ср.м} / U - T_{ав}. \quad (22)$$

2. Определяют продолжительность облучения:

$$t_{обл} = l_{загр} / U. \quad (23)$$

3. Определяют среднюю мощность дозы излучения на маршруте:

$$P_{ср(1)} = \sum_{i=1}^n P_{i(1)} / n. \quad (24)$$

4. По табл. 1.12 (прил. 1) для найденных значений $t_{нач}$ и $t_{обл}$ определяют коэффициент $K_{доз}$.

5. Вычисляют дозу излучения за время преодоления загрязненного участка маршрута:

$$D_{преод} = P_{ср(1)} \times K_{доз} / K_{осл} + D_{ост}. \quad (25)$$

Пример 6. Определить дозу излучения, которую получит личный состав 1/3 *тгабр* при преодолении загрязненного участка маршрута. Время прохождения исходного пункта 12.00 • 23.03. Скорость движения 20 км/ч. Кратность ослабления излучения транспортными средствами равна 2. Остаточная доза излучения, полученная личным составом ранее, равна 45 рад.

Разведкой установлено, что в 11.45 • 23.03 разрушен реактор ВВЭР. Измерены мощности доз излучения на маршруте: $P_{1(1)} = 2,2$ рад, $P_{2(1)} = 4,5$ рад, $P_{3(1)} = 5,3$ рад, $P_{4(1)} = 5,8$ рад, $P_{5(1)} = 4,2$ рад, $P_{6(1)} = 2,1$ рад и расстояния: $l_{загр} = 21$ км, $l_{ср.м} = 16$ км.

Решение

1. Определяем время начала преодоления загрязненного участка маршрута по выражению (22):

$$t_{нач} = 12.00 + 16/20 - 11.45 = 3.03 \text{ ч } (3 \text{ ч})$$

2. Определяем продолжительность облучения по выражению (23):

$$t_{обл} = 21/20 = 1.03 \approx 1 \text{ ч.}$$

3. Определяем среднюю мощность дозы излучения на маршруте по выражению (24):

$$P_{cp(1)} = (2,2 + 4,5 + 5,3 + 5,8 + 4,2 + 2,1)/6 = 24,1 \text{ рад/ч.}$$

- По табл. 1.12 (прил. 1) для реактора типа ВВЭР, $t_{нач} = 3$ ч, $t_{обл} = 1$ ч определяем коэффициент $K_{доз} = 0,7$.
- Вычисляем дозу излучения, которую получит личный состав $1/3 \text{ тгабр}$ за время преодоления загрязненного участка маршрута, по формуле (25):

$$D_{преод} = (24,1 \cdot 7 \cdot 0,7)/2 + 45 = 53,4 \text{ рад.}$$

Вывод. В целях снижения дозы излучения до допустимых пределов целесообразно изменить время начала марша и увеличить скорость движения.

Определение допустимого времени начала преодоления загрязненного участка местности

Исходные данные для решения задачи те же, что и при определении дозы излучения при преодолении загрязненного участка маршрута. Дополнительно указывается допустимая доза излучения $D_{дон}$.

Определение допустимого времени начала преодоления загрязненного участка местности производят в следующем порядке.

- Определяют продолжительность облучения по формуле (23).
- Определяют среднюю мощность дозы излучения на маршруте по формуле (24).
- Определяют коэффициент $K_{доз}$:

$$K_{доз} = (D_{дон} - D_{осм}) K_{осл} / P_{cp(1)}. \quad (26)$$

- По табл. 1.12 (прил. 1) для соответствующего типа реактора, найденного значения продолжительности облучения $t_{обл}$ и коэффициента $K_{доз}$ определяют время начала преодоления загрязненного участка местности $t_{нач}$.
- Определяют допустимое время начала преодоления загрязненного участка местности:

$$T_{исх} = t_{нач} - l_{cp.m} / U + T_{ав}. \quad (27)$$

Пример 7. В условиях примера 6 определить время прохождения исходного пункта $1/3 \text{ тгабр}$, если допустимая доза излучения равна 50 рад.

Решение

- Определяем продолжительность облучения по формуле (23):

$$t_{обл} = 21/20 = 1,03 \approx 1 \text{ ч.}$$

2. Определяем среднюю мощность дозы излучения на маршруте по формуле (24):

$$P_{cp(l)} = (2,2 + 4,5 + 5,3 + 5,8 + 4,2 + 2,1)/6 = 24,1 \text{ рад/ч.}$$

3. Рассчитываем коэффициент $K_{доз}$ по формуле (26):

$$K_{доз} = (50 - 45) \times 2/24,1 = 0,42.$$

4. По табл. 1.12 (прил. 1) для реактора ВВЭР, найденных значений $t_{обл} = 1 \text{ ч}$, $K_{доз}$ = определяем время начала преодоления загрязненного участка местности $t_{нач} = 15 \text{ ч}$.

5. Определяем допустимое время прохождения исходного пункта по формуле (27):

$$T_{исх} = 15,00 - 16/20 + 11,45 = 1,57 - 24,03.$$

Вывод. Чтобы личный состав 1/3 *тгабр* за время преодоления загрязненного участка маршрута не получил дозу излучения более 50 рад, необходимо исходный пункт пройти не ранее $1,57 \cdot 24,03$.

9.3.5. Выявление химической обстановки при разрушении (аварии) объектов с сильнодействующими ядовитыми веществами

Исходными данными для выявления химической обстановки при разрушении (аварии) объектов со СДЯВ являются:

- характеристики объекта (координаты, тип СДЯВ, его количество на объекте, способ хранения, время аварии);
- метеорологические условия (скорость и направление ветра в приземном слое атмосферы, температура воздуха и почвы, облачность, степень вертикальной устойчивости атмосферы);
- топографические условия местности (вид рельефа, растительность).

Выявление химической обстановки при разрушении (аварии) объектов со СДЯВ производится в следующей последовательности.

1. Определяют радиус R_a (км) района разрушения (аварии), который для сжиженных газов и низкокипящих жидких СДЯВ общим количеством до 100 т, составляет 0,5 км, а в остальных случаях – 1 км.

К низкокипящим относят СДЯВ, которые в данных условиях имеют температуру кипения ниже температуры окружающего воздуха. Температура кипения некоторых СДЯВ приведена в табл. 2.1 (прил. 2).

В случае возникновения пожара значение R_a необходимо увеличить в 1,5–2 раза.

2. Определяется глубина распространения первичного облака (км) по формуле

$$\Gamma_1 = \Gamma^m K_{t1} K_k K_m, \quad (28)$$

где Γ^m – табличное значение глубины распространения первичного облака СДЯВ на относительно ровной местности при температурах воздуха от $+20 \pm$ до $+40 \pm$ С, км; K_{t1} – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на глубину распространения первичного облака СДЯВ; K_k – коэффициент пропорциональности, учитывающий реальное количество СДЯВ по отношению к типовому резервуару; K_m – коэффициент, учитывающий влияние местности.

Значение табличной глубины распространения первичного облака СДЯВ Γ^m определяют по табл. 2.2 (прил. 2), входными данными в которую являются: тип СДЯВ, емкость хранения СДЯВ, степень вертикальной устойчивости атмосферы, скорость ветра.

Значение коэффициента K_{t1} определяют по табл. 2.3 (прил. 2), входными данными в которую являются: тип СДЯВ, реальная температура воздуха $t_{возд}$.

Значение коэффициента K_k определяют по табл. 2.4 (прил. 2), входными данными в которую являются: степень вертикальной устойчивости атмосферы и величина отношения Q_z/Q_m , где Q_z – реальное количество СДЯВ в разрушенном резервуаре (общее количество СДЯВ), т; Q_m – табличное значение количества СДЯВ, для которого представлены данные о глубинах распространения, т.

Значение коэффициента K_m определяют по табл. 2.6 (прил. 2), входными данными в которую являются: значение комплексного показателя K_p , характеризующего интенсивность рассеивания паров СДЯВ в приземном слое атмосферы, и степень вертикальной устойчивости атмосферы.

Значение комплексного показателя K_p определяют по табл. 2.5 (прил. 2), входными данными в которую являются вид растительности (тип лесов) и вид рельефа местности.

3. Определяют глубину Γ_2 (км) распространения вторичного облака СДЯВ:

$$\Gamma_2 = \Gamma^m K_{t2} K_k K_m, \quad (29)$$

где Γ^m_2 – табличное значение глубины распространения вторичного облака СДЯВ на относительно ровной местности при температурах воздуха от $+20\pm$ до $+40\pm$ С, км; K_{t2} – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на глубину распространения вторичного облака СДЯВ.

Значение Γ^m_2 определяют по табл. 2.7 (прил. 2), входными данными в которую являются: тип СДЯВ, емкость хранения СДЯВ (т), степень вертикальной устойчивости атмосферы.

Значение коэффициента K_{t2} определяют по табл. 2.3 (прил. 2), входными данными в которую являются тип СДЯВ и реальная температура воздуха.

4. По табл. 2.8 (прил. 2) определяют значение угла $\varphi_{1(2)}$ (град) – половины сектора, в пределах которого возможно распространение первичного (вторичного) облака СДЯВ. Входными данными в таблицу являются степень вертикальной устойчивости атмосферы и значение доверительной вероятности P_e , определяемой характером решаемых задач.

Значение доверительной вероятности P_e равно 0,5 – при наличии всего объема исходных данных (КШУ, КШВИ и т. п.) и 0,75 – в остальных случаях.

При определении угла φ_2 учитывается время испарения СДЯВ $\tau_{исп}$ (м, сут, ч), которое определяется по формуле

$$\tau_{исп} = \tau^m_{исп} / (0,44 V + 0,56), \quad (30)$$

где $\tau^m_{исп}$ – табличное значение времени испарения СДЯВ с площади разлива при скорости ветра 1 м/с на высоте 2 м.

Значение $\tau^m_{исп}$ определяют по табл. 2.9 (прил. 2), входными данными в которую являются емкость хранения СДЯВ и температура воздуха.

5. Определяют значение глубины (км) зоны распространения СДЯВ, в пределах которой будут наблюдаться поражения незащищенного личного состава не менее легкой степени тяжести по формулам:

$$\Gamma_{1,zn} = \Gamma_1 K_n, \quad (31)$$

$$\Gamma_{2,zn} = \Gamma_2 K_n, \quad (32)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий долю глубины зоны распространения СДЯВ, в пределах которой будут наблюдаться поражения личного состава не менее легкой степени.

Значение коэффициента K_n определяют по табл. 2.10 (прил. 2) для легкой степени тяжести, входными данными в которую является тип СДЯВ.

По результатам выявления обстановки на карте отображают зону химического заражения в следующем порядке:

- по координатам наносят синим цветом центр с условным обозначением разрушенного (аварийного) объекта, если разрушен объект противника, черным – если наш;
- район разрушения (аварии) ограничивают окружностью с радиусом R_a синим цветом;
- из центра разрушенного объекта по направлению ветра проводят ось зоны возможного распространения первичного и вторичного облаков СДЯВ синим цветом;
- рядом с окружностью делают надпись тем же цветом, что и условное обозначение объекта, в которой в числителе указывают тип СДЯВ, его количество, в знаменателе – время и дату разрушения;
- в соответствии с глубинами распространения $\Gamma_{1(2)}$ и значениями углов $\varphi_{1(2)}$ сплошной линией синего цвета наносят зоны распространения первичного и вторичного облаков СДЯВ;
- глубины распространения первичного и вторичного облаков обозначают стрелкой по оси зоны с цифрами 1 и 2 синего цвета;
- глубину зоны первичного и вторичного облаков, в пределах которой ожидается поражение личного состава не менее легкой степени, наносят на карту пунктирной линией синего цвета;
- район разрушения (аварии) объекта с СДЯВ внутри закрашивают желтым цветом;
- границы зоны возможного распространения облака СДЯВ, в пределах которой ожидается поражение личного состава, обозначают желтым цветом.

Пример 8. В 16.40–20.06 от удара с применением обычного оружия произошло разрушение объекта с хлором ($x = 06500$; $y = 41000$) емкостью 1000 т, хранящегося в сжиженном состоянии под давлением.

Метеорологические условия: ветер западный, скорость ветра 2 м/с, температура воздуха $+10^\circ \text{C}$, облачность 5 баллов, инверсия. Местность степная, рельеф равнинный, холмистый.

Выявить химическую обстановку.

Решение

1. $R_a = 1$ км.

2. Определяем глубину распространения первичного облака Γ_1 :

- по табл. 2.2 (прил. 2) определяем значение табличной глубины распространения первичного облака $\Gamma^{m_2} = 24$ км;
- по табл. 2.3 (прил. 2) определяем значение коэффициента $K_{t1} = 0,9$;
- по табл. 2.4 (прил. 2) определяем значение коэффициента $K_k = 1,0$;
- по табл. 2.5 (прил. 2) определяем значение комплексного показателя $K_p = 0,7$;
- по табл. 2.6 (прил. 2) определяем значение коэффициента $K_m = 0,4$;
- по формуле (28):

$$\Gamma_1 = 24 \times 0,9 \times 1,0 \times 0,4 = 8,6 \text{ км.}$$

3. Определяем глубину распространения вторичного облака Γ_2 :

- по табл. 2.7 (прил. 2) определяем значение табличной глубины распространения вторичного облака $\Gamma^{m_2} = 8,7$ кг;
- по табл. 2.3 (прил. 2) определяем значение коэффициента $K_{t2} = 0,9$;
- по формуле (29)

$$\Gamma_2 = 8,7 \times 0,9 \times 1,0 \times 0,4 = 3,1 \text{ км.}$$

4. По табл. 2.8 (прил. 2) для $P_z = 0,75$ определяем значение угла $\varphi_1 = 15^\circ$.

По табл. 2.9 (прил. 2) определяем время испарения хлора $\tau_{исп} = 7,0$ сут.

По табл. 2.8 (прил. 2) для $P_z = 0,75$ определяем значение угла $\varphi_2 = 50^\circ$.

5. Определяем глубину зоны распространения хлора, в пределах которой будут наблюдаться поражения незащищенного личного состава не менее легкой степени $\Gamma_{1(2)м}$:

по табл. 2.10 (прил. 2) определяем значение коэффициента $K_n = 0,7$;

по формулам (31) и (32):

$$\Gamma_{1м} = 8,6 \cdot 7 \cdot 0,7 = 6 \text{ км; } \Gamma_{2м} = 3,1 \cdot 7 \cdot 0,7 = 2,2 \text{ км.}$$

6. По результатам расчетов на карте отображаем зону химического заражения СДЯВ.

9.3.6. Оценка химической обстановки при разрушении (аварии) объектов с сильнодействующими ядовитыми веществами

Исходными данными для оценки химической обстановки при разрушении (аварии) объектов со СДЯВ являются:

- прогнозируемая зона химического заражения, нанесенная на карту (схему);

– сведения о частях (подразделениях), которые попадают в зону химического заражения (линейные размеры районов, занимаемых войсками, их удаление от разрушенного объекта, степень защищенности личного состава, его обученность и психофизическое состояние).

Оценка химической обстановки при разрушении (аварии) объектов со СДЯВ производится в такой последовательности.

1. Определяют потери личного состава в районе разрушения (аварии) P_a (%) объекта с СДЯВ по формуле

$$P_{ав} = P_{ав}^m \alpha_{лс}, \quad (33)$$

где $P_{ав}^m$ – табличное значение возможных потерь личного состава в районе разрушения (аварии), %; $\alpha_{лс}$ – доля личного состава, находящаяся в районе разрушения (аварии).

Значение $P_{ав}^m$ определяют по табл. 2.11 (прил. 2), входным данным в которую является величина обеспеченности личного состава изолирующими противогазами.

2. Определяют относительные потери P_o (%) личного состава в зоне распространения СДЯВ по формуле

$$P_o = (S_{ин} / S_{ав}) \times (100 - \alpha_{сз}), \quad (34)$$

где $S_{ин}$ – площадь района, занимаемого частью (подразделением), на которой личный состав будет поражаться не менее легкой степени, км²; $S_{ав}$ – площадь района, занимаемого частью (подразделением), км²; $\alpha_{сз}$ – доля личного состава, обеспеченная специальными средствами защиты, %.

3. Определяют количество Z_3 зараженных объектов вооружения, техники, комплектов обмундирования и средств защиты по формуле

$$Z_3 = \alpha_3 N, \quad (35)$$

где α_3 – доля подразделения (части), находящаяся в районе разрушения (аварии) объекта с СДЯВ; N – количество техники, личного состава и т. п. в подразделении (части), шт.

4. Определяют время подхода $t_{нод}$ облака к району, занимаемому подразделением (частью), по табл. 2.12 (прил. 2).

Входными данными в таблицу являются: расстояние от разрушенного объекта до района, занимаемого войсками, степень вертикальной устойчивости атмосферы, скорость ветра V и тип местности.

5. Определяют продолжительность $t_{ноп}$ (μ , $сут$) химического заражения приземного слоя атмосферы в зоне распространения СДЯВ графическим методом по вспомогательной сетке (рис. 9.8).

Для этого необходимо знать глубину Γ_2 распространения вторичного облака, время испарения СДЯВ $\tau_{исп}$ (сут) и удаление района, занимаемого войсками, от разрушенного объекта.

Пример 9. Определить продолжительность химического заражения атмосферы на удалении 2 км от района разрушения емкости с хлором массой в 2000 т, если $\Gamma_2 = 10$ км, а время испарения СДЯВ 6,6 суток.

Решение

Используя графический метод (рис. 9.9), определяем продолжительность химического заражения атмосферы на удалении 2 км от района разрушения емкости с хлором. Она равна 5,3 суток.

Пример 10. В условиях примера 8 оценить химическую обстановку в интересах *3/32 табр*, находящегося на огневых позициях в 6 км от разрушенного объекта с хлором с 15.30 до 20.06.

Личный состав дивизиона обеспечен специальными противогазами на 25%. Количество техники в дивизионе на огневых позициях — 80 ед.

Решение

1. По карте определяем общую площадь объекта и площадь легких поражений:

$$S_{об} = 1,5 \text{ км}^2, \quad S_{лп} = 0,7 \text{ км}^2.$$

По формуле (34) определяем потери личного состава в зоне распространения СДЯВ:

$$P_o = (0,7/1,5) \times (100 - 25) = 35 \text{ \%}.$$

2. По формуле (35) определяем количество техники и вооружения, которые будут подвержены заражению:

$$Z_3 = 0,47 \times 80 = 38 \text{ ед}.$$

3. По табл. 2.12 (прил. 2) определяем время подхода облака СДЯВ к району ОП: $t_{под} = 24$ мин.

Выводы

1. ОП дивизиона окажутся в зоне химического заражения.
2. Возможные потери личного состава могут составить до 35%, количество зараженной техники и вооружения — до 38 единиц.
3. Время подхода облака СДЯВ к району ОП составляет 24 минуты.
4. Необходимо немедленно с разрешения старшего начальника сменить район ОП.

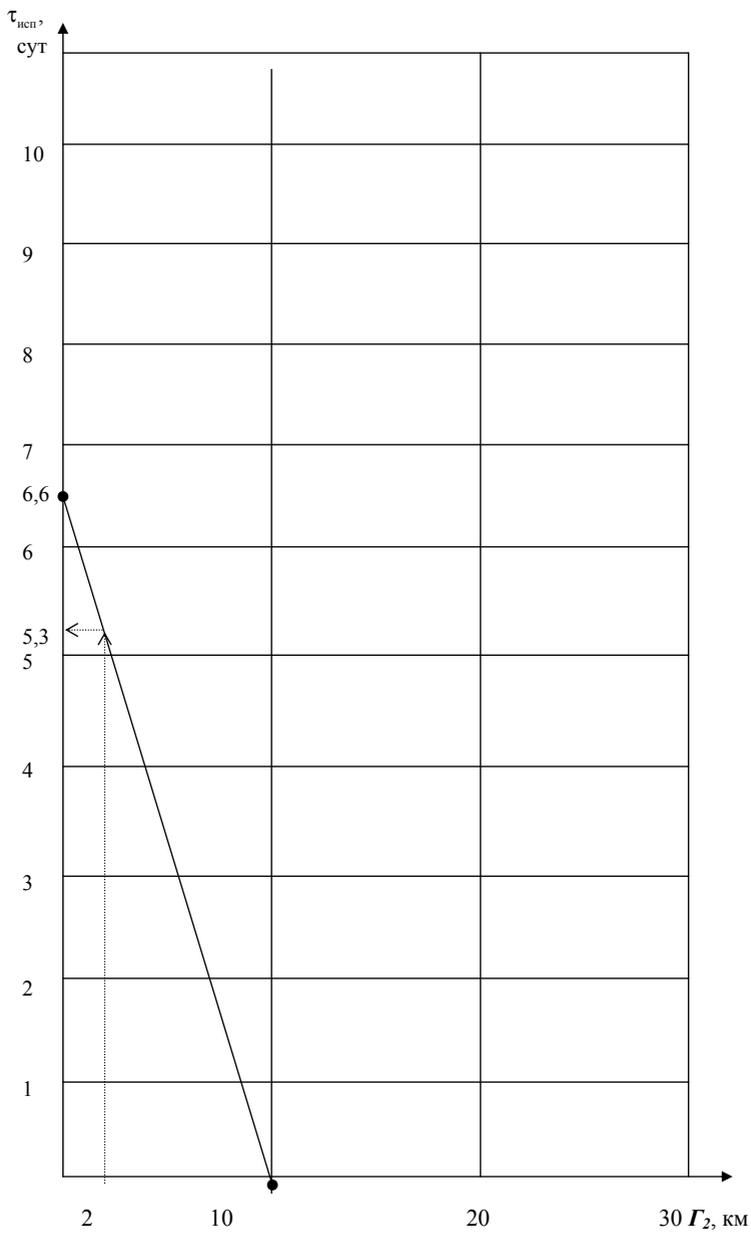


Рис. 9.9. Вспомогательная сетка для определения продолжительности химического заражения в зоне распространения облака СДЯВ

Библиографический список

1. А. С. 1331552 СССР, МКИ В01J 2/02. Устройство для гранулирования расплавов / А.Л. Каплан, В.В. Вейлерт, И.А. Каплан, В.В. Сорокин, Ю.А. Калинин, В.С. Соколов. — Заяв. 21.11.84. — Бюлл. № 31. — 1987.
2. А. С. 623328 СССР, МКИ С23G 1/02, НП. Способ определения остаточных напряжений в образцах при травлении / А.Л. Каплан, В.В. Петросов, А.Н. Петросова. — Заяв. 06.05.78. — Бюлл. № 32. — 1978.
3. А. С. 233612 СССР, МКИ В01D 2/01. Способ очистки газов от окислов азота с помощью органического поглотителя / А.Л. Каплан, А.Н. Патрин, О.Г. Воробьев, И.С. Мельникова, М.Н. Плугин, Н.А. Кирсанов, С.В. Герасимов. — Заяв. 16.09.67. — Бюлл. № 3. — 1969.
4. А. С. 245489 СССР, МКИ А01 n 9/38. Протравитель семян / А.Л. Каплан, О.Г. Воробьев, А.В. Патрин, Э.А. Линяева, А.А. Орешина. — Заяв. 14.03.68. — Бюлл. № 19. — 1969.
5. А. С. 290885 СССР, МКИ С02В 1/18. Смесь для обработки воды в системе водоснабжения / А.Л. Каплан, И.М. Белгородский, А.В. Фомин, В.С. Петерсон. — Заяв. 25.12.68. — Бюлл. № 3. — 1971.
6. А. С. 425515 СССР, МКИ С23f 11/10. Способ защиты металлов от коррозии и образования накипи / А.Л. Каплан, В.С. Петерсон, И.М. Белгородский, А.В. Фомин. — Заяв. 27.08.71. — Бюлл. № 15. — 1974.
7. А. С. 592170 СССР, МКИ С23F 11/00, НП. Штамм ЧТ-1, используемый для ингибирования процессов коррозии / А.Л. Каплан, Л.П. Басова, Л.В. Булгакова. — Заяв. 02.06.75. — Бюлл. № 5. — 1978.
8. Артеменко, В.Ф. Возможные масштабы и последствия разрушения объектов атомной энергетики и химической промышленности / В.Ф. Артеменко. — М. : УНХВ МО СССР, ИТБ ХВ № 39. — 1992. — С. 35.
9. Артеменко, В.Ф. Состояние и перспективы развития атомной энергетики в СССР / В.Ф. Артеменко. — М. : УНХВ МО СССР, ИТБ ХВ № 39. — 1992. — С. 71.
10. Безопасность жизнедеятельности / под ред. О.Н. Русака — СПб. : ЛТА, 1996. — 270 с.

11. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности — наука о выживании в техносфере / С.В. Белов // Безопасность жизнедеятельности : материалы НМС по дисциплине. — М. : МГТУ, 1996. — 170 с.
12. Гигиена труда при воздействии электромагнитных полей / под ред. В.Е. Ковшило. — М. : Медицина, 1983. — С. 27.
13. Золотницкий, Н.Д. Охрана труда в строительстве / Н.Д. Золотницкий, В.А. Пчелинцев. — М. : Высш. шк., 1978. — С. 51.
14. Каплан, А.Л. Нормирование выбросов загрязняющих веществ : учеб. пособие / А.Л. Каплан, О.Г. Воробьев, В.М. Филенков. — Тольятти : ТВВКИСУ, 1996. — С. 30.
15. Каплан, А.Л. Поиск новых источников хитина и хитозана / А.Л. Каплан, Ш.Ф. Галиулин // Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области : сб. трудов. — Самара, 1998. — С. 36.
16. Каплан, А.Л. Разработка методов очистки промышленных стоков / А.Л. Каплан, В.М. Филенков. — Тольятти : ТВВКИСУ, 1997. — С. 38.
17. Каплан, А.Л. Анализ факторов, влияющих на формирование поверхностного стока с промплощадок / А.Л. Каплан, В.М. Филенков, О.Г. Воробьев // Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области : сб. трудов. — Самара, 1998. — С. 3—4.
18. Каплан, А.Л. Технология очистки почвы и сточных вод от пролитых нефтепродуктов с помощью гранулированного ила / А.Л. Каплан, В.М. Филенков, О.Г. Воробьев // Региональный научно-практический семинар : сб. трудов. — Тольятти, 1998. — С. 4—5.
19. Каплан, А.Л. Улучшение экологических параметров стоков нефтехимических предприятий / А.Л. Каплан, В.М. Филенков, О.Г. Воробьев // Безопасность транспортных систем : сб. тр. I междунар. науч.-практ. конф. — Самара, 1998. — С. 57—58.
20. Каплан, А.Л. Использование очищенных стоков в охлаждаемых системах / А.Л. Каплан, В.М. Филенков, В.Т. Плицин // Юбилейная науч.-техн. конф. ТолПИ : сб. статей. — Тольятти, 1997. — С. 3—4.
21. Корсаков, Г.А. Комплексная оценка обстановки и управление предприятием в чрезвычайных ситуациях / Г.А. Корсаков. — СПб., 1993. — С. 52.
22. Лавочкин, Н.Н. Инженерные расчеты по охране труда / Н.Н. Лавочкин. — Красноярск : Изд-во Красноярского ун-та, 1986. — С. 52.

23. Лапин, В.Л. Безопасное взаимодействие человека с техническими системами / В.Л. Лапин [и др.]. – Курск : КГТУ, 1995. – С. 57–61.
24. Маршалл, В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл. – М. : Мир, 1989. – 210 с.
25. Матвеев, Л.П. Почти все о ядерном реакторе / Л.П. Матвеев. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – С. 53–54.
26. Рахманов, Б.Н. Безопасность при эксплуатации лазерных установок / Б.Н. Рахманов, Е.Д. Чистов. – М. : Машиностроение, 1981. – 273 с.
27. Сильнодействующие ядовитые вещества и защита от них / под ред. В.А. Владимирова. – М. : ВИ, 1989. – 152 с.
28. Шевченко, В.Ф. Методика оценки эффективности мероприятий РХБ защиты в условиях радиоактивного и химического заражения при авариях на ПОО / В.Ф. Шевченко // Материалы межвузовского НПС кафедр РХБ защиты. – СПб., 1994. – С. 53.
29. Шевченко, В.Ф. РХБ защита частей технического обеспечения в условиях разрушений (аварий) потенциально опасных объектов : дис. ... канд. воен. наук / В.Ф. Шевченко – СПб. : МАА, 1996. – С. 23.
30. Шевченко, В.Ф. Особенности поражающего действия заражения и выявления последствий при разрушении объектов с ядерными компонентами и СДЯВ : учеб.-метод. пособие / В.Ф. Шевченко, Е.А. Жарков. – СПб. : ВАА, 1995. – С. 17.
31. Тимонин, Л.А. Письма из зоны. Атомный век в судьбах тольяттинцев / Л.А. Тимонин. – Самара : Самарское книжное изд-во, 2006. – 272 с.
32. Глазко, Т.Т. Популяционно-генетические последствия экологических катастроф на примере Чернобыльской аварии : монография / Т.Т. Глазко, Н.П. Архипов, В.И. Глазко. – М. : ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2008. – 556 с.

Справочные данные для расчетов по выявлению последствий при разрушении (аварии) АЭС

Таблица 1.1

Категория устойчивости атмосферы

Скорость ветра V_{10} на высоте 10 м, м/с	Время суток				
	День			Ночь	
	Наличие облачности				
	Отсутствует	Средняя	Сплошная	Отсутствует	Сплошная
$V_{10} < 2$	А	А	А	А	А
$2 < V_{10} < 3$	А	А	А	Ф	Ф
$3 < V_{10} < 5$	А	Д	Д	Д	Ф
$V_{10} > 10$	Д	Д	Д	Д	Д

Обозначения:
 А – сильно неустойчивая (конвекция);
 Д – нейтральная (изотермия);
 Ф – очень неустойчивая (инверсия).

Таблица 1.2

Средняя скорость ветра V в слое от поверхности земли до высоты перемещения центра облака, м/с

Категория устойчивости атмосферы	Скорость ветра V_{10} на высоте 10 м, м/с					
	<2	2	3	4	5	>5
А	2	2	5	5	–	–
Д	–	–	5	5	5	10
Ф	–	5	10	10	–	–

Таблица 1.3

Коэффициент K_{II} для перерасчета мощности дозы излучения на 1 час после аварии

Тип реактора	Время $t_{изм}, t_{нач}$ после аварии, на которое измерена мощность дозы излучения, ч											
	1	2	3	5	7	9	12	15	18	1 сут	3 сут	
РБМК-1000	1,0	1,19	1,33	1,54	1,71	1,86	2,05	2,22	2,37	2,64	4,11	
ВВЭР-1000	1,0	1,20	1,35	1,58	1,76	1,92	2,13	2,32	2,48	2,78	4,45	

Таблица 1.4

Мощность дозы на оси следа P(1), рад/ч
(на время – 1 час после аварии реактора при h = 10%)

Тип реактора	Расстояние от АЭС, км	Категория устойчивости атмосферы:				
		А	Д		F	
		Средняя скорость ветра V_{cp} , м/с				
		2	5	10	5	10
РБМК-1000	5	1,89	4.50	2,67	$2 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
	10	0,643	2,62	1,60	$2,12 \cdot 10^{-2}$	$1,36 \cdot 10^{-2}$
	20	0,212	1,01	0,64	0,213	0,142
	40	$8,49 \cdot 10^{-2}$	0,351	0,236	0,302	0,221
	60	$4,92 \cdot 10^{-2}$	0,196	0,14	0,181	0,144
ВВЭР-1000	5	1,24	0,803	0,475	$4 \cdot 10^{-2}$	-
	10	0,723	0,466	0,285	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$
	20	0,289	0,189	0,119	$3,72 \cdot 10^{-2}$	$2,48 \cdot 10^{-2}$
	40	0,121	0,03	$6,67 \cdot 10^{-2}$	$5,27 \cdot 10^{-2}$	$3,85 \cdot 10^{-2}$
	60	$7,22 \cdot 10^{-2}$	$5,93 \cdot 10^{-2}$	$4,03 \cdot 10^{-2}$	$3,16 \cdot 10^{-2}$	$2,51 \cdot 10^{-2}$

Таблица 1.5

Размеры прогнозируемых зон загрязнения местности
на следе облака при аварии АЭС, км

Выход активности, %	Индекс зоны	Тип реактора			
		РБМК-1000		ВВЭР-1000	
		Длина	Ширина	Длина	Ширина
10/30/50		Категория устойчивости А, $V_{cp} = 2$ м/с			
	«М»	140 / 249 / 324	30 / 62 / 82	185 / 338 / 438	40 / 83 / 111
	«А»	28 / 62,6 / 88,3	6 / 12 / 18	40 / 83 / 123	7 / 15 / 25
	«Б»	6,9 / 14 / 18,3	0,8 / 3 / 4	- / 17 / 20	- / 3 / 4
	«В»	- / 7 / 9,2	- / 0,9 / 2	- / - / 9	- / - / 1
	«Г»	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -
10/30/50		Категория устойчивости Д, $V_{cp} = 5$ м/с			
	«М»	270 / 418 / 583	18 / 31 / 43	155 / 284 / 379	9 / 18 / 25
	«А»	75 / 145 / 191	4 / 8 / 12	30 / 74 / 100	1,2 / 3,5 / 5
	«Б»	17 / 34 / 47	0,7 / 2 / 2,4	- / 10 / 17	- / 0,3 / 0,6
	«В»	6 / 18 / 24	0,1 / 0,7 / 1,1	- / - / -	- / - / -
	«Г»	- / - / 9,5 / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -
10/30/50		$V_{cp} = 10$ м/с			
	«М»	272 / 482 / 612	14 / 28 / 37	110 / 274 / 369	5,3 / 13 / 10
	«А»	60 / 135 / 184	2,5 / 6 / 8,7	19 / 53 / 79	0,6 / 1,9 / 3
	«Б»	11 / 25 / 36	0,3 / 1 / 1,5	- / 5 / 10	- / 0,1 / 0,3
	«В»	- / 12 / 17	- / 0,3 / 0,6	- / - / -	- / - / -
	«Г»	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -

Выход актив-ности, %	Индекс зоны	Тип реактора			
		РБМК-1000		ВВЭР-1000	
		Длина	Ширина	Длина	Ширина
10/30/50	Категория устойчивости F, $V_{cp} = 5$ м/с				
	«М»	241 / 430 / –	8 / 14 / –	76 / 172 / 204	2,6 / 5 / 7
	«А»	52 / 126 / –	2 / 4 / –	- / 17 / 47	- / 0,6 / 1,5
	«Б»	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -
	«В»	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -
«Г»	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -	
10/30/50	$V_{cp} = 10$ м/с				
	«М»	139 / 441 / 579	6,9 / 12 / 17	73 / 162 / 224	2,1 / 4,4 / 6
	«А»	42 / 115 / 156	1,2 / 3 / 4,2	- / - / 33	- / - / 1
	«Б»	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -
	«В»	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -
«Г»	- / - / -	- / - / -	- / - / -	- / - / -	

Таблица 1.6

Время начала формирования следа t_{ϕ} , после аварии АЭС, ч

Расстояние от АЭС, км	Категория устойчивости атмосферы				
	А		Д	F	
	Средняя скорость ветра V_{cp} , м/с				
	2	5	10	5	10
5	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1
10	1,0	0,5	0,3	0,5	0,3
20	2,0	1,0	0,5	1,0	0,5
30	3,0	1,5	0,8	1,5	0,8
40	4,0	2,0	1,0	2,0	1,0
50	5,0	2,5	1,2	2,5	1,3
60	6,5	3,0	1,5	3,0	1,5
80	8,0	4,0	2,0	4,0	2,0
100	9,5	5,0	2,5	5,0	3,0

Таблица 1.7

Доза излучения на местности от проходящего облака $D_{обл}^m$, рад

Тип реактора	Расстояние от АЭС	Категория устойчивости атмосферы				
		А	Д		F	
		Средняя скорость ветра $V_{cp} = 5$ м/с				
		2	5	10	5	10
РБМК, ВВЭР (1000 МВт)	5	5,16 / 3,5	21,9 / 3,84	16,2 / 2,83	29,7 / 5,18	21,2 / 3,71
	10	1,37 / 1,55	7,92 / 1,4	6,15 / 1,09	11,9 / 2,07	8,57 / 1,5
	20	0,14 / 0,47	2,26 / 0,46	1,85 / 0,37	4,9 / 0,86	3,59 / 0,63
	30	0,16 / 0,24	1,03 / 0,28	0,88 / 0,23	2,87 / 0,5	2,14 / 0,37
	40	0,1 / 0,15	0,59 / 0,21	0,52 / 0,17	1,93 / 0,34	1,46 / 0,26
	50	0,07 / 0,1	0,39 / 0,14	0,36 / 0,12	1,4 / 0,25	1,06 / 0,19
	60	0,04 / 0,07	0,28 / 0,1	0,26 / 0,09	1,07 / 0,19	0,81 / 0,14
	80	0,03 / 0,04	0,16 / 0,06	0,15 / 0,05	0,7 / 0,12	0,52 / 0,09
	100	0,02 / 0,03	0,1 / 0,04	0,11 / 0,04	0,5 / 0,09	0,38 / 0,37

Таблица 1.8

Коэффициент K_y для определения мощности дозы излучения в стороне от оси следа

Категория устойчивости атмосферы	X, км	Удаление от оси следа Y, км		
		0,5	1	2
А / Д / F	5	0,86 / 0,17 / -	0,56 / - / -	0,10 / - / -
	7	0,92 / 0,38 / 0,10	0,72 / 0,02 / -	0,27 / - / -
	10	0,95 / 0,60 / 0,12	0,83 / 0,13 / -	0,49 / - / -
	14	0,97 / 0,75 / 0,31	0,90 / 0,32 / -	0,67 / 0,01 / -
	20	0,98 / 0,86 / 0,51	0,94 / 0,55 / 0,08	0,80 / 0,09 / -
	40	1,00 / 0,86 / 0,83	0,98 / 0,55 / 0,48	0,93 / 0,09 / 0,05
	60	1,00 / 0,97 / 0,91	1,00 / 0,91 / 0,70	0,96 / 0,71 / 0,24
	80	1,00 / 0,98 / 0,94	1,00 / 0,35 / 0,81	0,97 / 0,81 / 0,43
	100	1,00 / 1,00 / 0,96	1,00 / 0,96 / 0,86	0,98 / 0,87 / 0,57
Категория устойчивости атмосферы	X, км	Удаление от оси следа Y, км		
		4	6	10
А / Д / F	5	- / - / -	- / - / -	- / - / -
	7	- / - / -	- / - / -	- / - / -
	10	0,06 / - / -	- / - / -	- / - / -
	14	0,20 / - / -	- / - / -	- / - / -
	20	0,42 / - / -	0,03 / - / -	- / - / -
	40	0,76 / - / -	0,34 / - / -	0,19 / - / -
	60	0,87 / 0,26 / -	0,58 / 0,04 / -	0,41 / - / -
	80	0,92 / 0,44 / -	0,72 / 0,16 / -	0,60 / - / -
	100	0,94 / 0,58 / 0,03	0,79 / 0,29 / 0,10	0,70 / 0,08 / -

Таблица 1.9

Доза излучения, получаемая личным составом
в середине зон, $D'_{зоны}$, рад

Время начала облучения после аварии, $t_{нач}$	Продолжительность пребывания в зоне $t_{раб}$											
	1 час				2 часа				3 часа			
	«А»	«Б»	«В»	«Г»	«А»	«Б»	«В»	«Г»	«А»	«Б»	«В»	«Г»
1 ч	0,4	2,2	7,1	23,1	0,8	4,1	13,2	43,3	1,1	5,0	18,7	61,7
2 ч	0,4	1,9	6,1	20,1	0,7	3,7	11,7	38,5	1,0	5,3	16,9	55,5
3 ч	0,3	1,8	5,6	18,3	0,6	3,4	10,7	35,3	0,9	4,9	15,6	51,3
5 ч	0,3	1,5	4,9	16,0	0,5	3,0	9,5	31,1	0,8	4,4	13,9	45,6
7 ч	0,3	1,4	4,4	14,5	0,5	2,7	8,6	28,4	0,7	3,7	11,8	38,9
9 ч	0,2	1,3	4,1	13,4	0,5	2,5	8,0	26,3	0,7	3,7	11,8	38,9
12 ч	0,2	1,2	3,7	12,2	0,4	2,3	7,3	24,1	0,6	3,4	10,8	35,7
15 ч	0,2	1,1	3,4	11,3	0,4	2,2	6,8	22,3	0,6	3,2	10,1	32,2
18 ч	0,2	1,0	3,2	10,6	0,4	2,0	6,4	21,0	0,5	3,0	9,6	31,2
1 сут.	0,2	0,9	2,9	9,6	0,3	1,8	5,8	18,9	0,5	2,7	8,6	28,2
3 сут.	0,1	0,6	1,9	6,2	0,2	1,2	3,7	12,3	0,3	1,8	5,6	18,4

Время начала облучения после аварии, $t_{нач}$	Продолжительность пребывания в зоне $t_{раб}$											
	7 часов				1 сутки				10 суток			
	«А»	«Б»	«В»	«Г»	«А»	«Б»	«В»	«Г»	«А»	«Б»	«В»	«Г»
1 ч	2,2	11,9	37,8	124	5,6	3,4	96,3	316	25,1	137	436	1433
2 ч	2,0	11,0	35,0	115	5,3	29,1	92,1	302	24,8	136	430	1413
3 ч	1,9	10,4	32,9	106	5,1	28,1	88,8	292	24,5	134	425	1397
5 ч	1,7	9,5	29,9	98,5	4,8	26,4	83,6	274	24,0	130	416	1368
7 ч	1,6	8,8	27,8	91,4	4,6	25,1	79,5	261	23,6	129	409	1344
9 ч	1,5	8,3	26,1	85,9	4,4	24,0	76,1	250	23,2	127	402	1323
12 ч	1,4	7,7	24,2	79,5	4,2	22,7	71,9	236	22,7	124	394	1294
15 ч	1,3	7,2	22,6	74,5	4,0	21,6	68,5	225	22,3	122	386	1269
18 ч	1,2	6,8	21,4	70,5	3,8	20,7	65,5	215	21,9	119	379	1246
1 сут.	1,1	6,2	19,9	64,1	3,5	19,2	60,8	199	21,1	116	367	1206
3 сут.	0,7	4,1	12,9	42,4	2,4	13,4	42,4	139	17,5	96,3	304	1001

Примечание. При определении коэффициента $K_{зоны}$ учитывается, что дозы излучения на внутренней границе зон: «А» в 3,2 раза, «Б» в 1,7 раза, «В» и «Г» в 1,8 раза больше, а на внешней – соответственно на эти же величины меньше указанных в таблице.

Таблица 1.10

Значение коэффициента $C_r, K_u, \text{ч/м}^3$

Тип реактора	X, км	Категория устойчивости атмосферы		
		А	Д	
		Средняя скорость ветра $U_{др}, \text{м/с}$		
		2	5	10
РБМК / ВВЭР (1000 МВт)	5	0,048 / 0,029	0,135 / 0,024	0,09 / 0,16
	10	0,014 / 0,015	0,069 / 0,012	0,048 / $8 \cdot 10^{-3}$
	20	$4 \cdot 10^{-3} / 5 \cdot 10^{-3}$	0,24 / $4 \cdot 10^{-3}$	0,017 / $3 \cdot 10^{-3}$
	30	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-3}$	0,012 / $3 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 10^{-3}$
	40	$1,4 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3} / 1,5 \cdot 10^{-3}$
	50	$1,1 \cdot 10^{-3} / 1,4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-3}$
	60	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-4}$
	80	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-4}$
100	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-4}$	

Тип реактора	X, км	Категория устойчивости атмосферы	
		F	
		Средняя скорость ветра $U_{др}, \text{м/с}$	
		5	10
РБМК / ВВЭР (1000 МВт)	5	$6 \cdot 10^{-7} / 1,2 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7} / 8 \cdot 10^{-8}$
	10	$5 \cdot 10^{-4} / 9 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-4} / 7 \cdot 10^{-5}$
	20	$5 \cdot 10^{-3} / 8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3} / 6 \cdot 10^{-4}$
	30	$6,5 \cdot 10^{-3} / 1,1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3} / 9 \cdot 10^{-4}$
	40	$6 \cdot 10^{-3} / 1,1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3} / 9 \cdot 10^{-4}$
	50	$5 \cdot 10^{-3} / 8 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3} / 7 \cdot 10^{-4}$
	60	$3 \cdot 10^{-3} / 6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3} / 5 \cdot 10^{-4}$
	80	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3} / 3 \cdot 10^{-4}$
100	$1,3 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 10^{-4}$	

Таблица 1.11

Значения коэффициентов K_y и K_o для определения радиационной опасности воздушных фильтров

Наименование образца вооружения и техники	K_y	K_o
Противогаз:		
– большого габарита	1	3
– малого габарита	2	6

Наименование образца вооружения и техники	K_y	K_o
ФВУ:		
– на объектах с внутренним объемом до 7 м	3	0,43
– с производительностью до 15 м	0,6	1,2
Танки	36	1
БТР	16	0,1
Грузовые автомобили	33	0,4
Легковые автомобили	30	0,3

Таблица 1.12

Коэффициент $K_{доз}$ для определения дозы излучения по значению мощности дозы на 1 час после аварии

Тип реактора	$t_{нач}$, сут, ч	Продолжительность пребывания в зоне $t_{раб}$, сут, ч									
		1	2	3	5	7	12	18	1 сут	3 сут	60 сут
РБМК	1	0,9	1,7	2,42	2,71	4,38	7,43	10,0	12,4	26,4	56,2
	2	0,79	1,51	2,17	3,4	4,51	6,99	9,57	11,8	25,7	55,4
	3	0,71	1,36	2,01	3,17	4,25	6,25	9,19	11,4	25,2	54,8
	5	0,62	1,22	1,79	2,86	3,86	6,14	8,57	10,7	24,3	53,6
	7	0,56	1,11	1,64	2,64	3,58	5,76	8,11	10,2	23,5	52,7
	9	0,52	1,03	1,52	2,47	3,37	5,45	7,73	9,81	22,9	51,9
	12	0,47	0,94	1,4	2,27	3,12	5,09	7,26	9,27	22,0	50,7
	15	0,44	0,87	1,3	2,12	2,92	4,8	6,88	8,83	21,3	49,7
	18	0,41	0,82	1,22	2,0	2,76	4,56	6,57	8,45	20,7	48,8
	1 сут	0,37	0,74	1,1	1,82	2,51	4,18	6,06	7,83	19,6	47,3
	3 сут	0,24	0,48	0,72	1,19	1,66	2,81	4,16	5,46	14,8	39,2
ВВЭР	1	0,9	1,68	2,39	3,66	4,79	7,26	9,78	12,0	25,1	52,0
	2	0,79	1,49	2,14	3,33	4,41	6,8	9,27	11,4	24,4	51,3
	3	0,7	1,36	1,97	3,1	4,14	6,45	8,87	11,0	23,8	50,6
	5	0,61	1,19	1,74	2,78	3,74	5,93	8,25	10,8	22,9	49,5
	7	0,55	1,08	1,59	2,55	3,46	5,54	7,77	9,8	22,2	48,5
	9	0,5	0,99	1,47	2,38	3,24	5,23	7,39	9,36	21,5	47,7
	12	0,46	0,9	1,34	2,18	2,98	4,86	6,92	8,81	21,3	46,6
	15	0,42	0,84	1,24	2,03	2,79	4,57	6,64	8,36	20,7	45,6
	18	0,39	0,78	1,16	1,91	2,63	4,33	6,22	7,98	19,9	44,7
	1 сут	0,35	0,7	1,05	1,72	2,38	3,94	5,71	7,37	18,2	43,2
	3 сут	1,22	0,44	0,66	1,1	1,53	2,59	3,83	5,02	1,3,5	38,4

Таблица 1.13

Вероятность потери боеспособности при облучении, %

Доза излучения, рад	Длительность облучения, сут			
	7	15	30	60
200	0	0	0	0
300	70	60	43	10
400	100	86	60	20

Таблица 1.14

Значения коэффициента $K_{осл}$

Условия расположения войск	$K_{осл}$
Открыто на местности	1
В зараженных окопах, траншеях	3
В дезактивированных окопах, траншеях	20
В перекрытых щелях	50
В БТР	4
В автомобилях	2
Артиллерийские подразделения на марше	2
При расположении в районе, оборудованном в течение 2 ч	5
При расположении в районе, оборудованном в течение 6 ч	10

Таблица 1.15

Значения коэффициента K_i

Тип реактора	$t_{нач}$, сут, ч	Угол между осью следа и маршрутом β , град			
		10	30	60	90
РБМК / ВВЭР (1000 МВт)	0,5	6,72 / 6,77	2,33 / 2,35	1,34 / 1,35	1,16 / 1,17
	1	5,75 / 5,75	2,0 / 2,0	1,15 / 1,15	1,0 / 1,0
	2	4,28 / 4,79	1,67 / 1,66	0,96 / 0,96	0,83 / 0,83
	3	4,32 / 4,26	1,5 / 1,48	0,86 / 0,85	0,75 / 0,74
	5	3,72 / 3,63	1,29 / 1,26	0,74 / 0,72	0,64 / 0,63
	8	3,2 / 3,1	1,11 / 1,07	0,64 / 0,62	0,55 / 0,53
	12	2,79 / 2,69	0,97 / 0,93	0,56 / 0,53	0,48 / 0,46
	18	2,47 / 2,11	0,81 / 0,8	0,48 / 0,46	0,42 / 0,4
	1 сут	2,17 / 2,06	0,75 / 0,71	0,43 / 0,41	0,37 / 0,35
	3 сут	1,39 / 1,29	0,48 / 0,44	0,28 / 0,45	0,24 / 0,22

Таблица 1.16

Доза излучения, получаемая личным составом
при преодолении прогнозируемой зоны загрязнения $D'_{пред}$, мрад

Тип реактора	X, км	Категория устойчивости атмосферы				
		А	Д		Г	
		средняя скорость ветра v_{cp} , м/с				
		2	5	10	5	10
РБМК / ВВЭР (1000 МВт)	5	222 / 145	151 / 26,9	89,7 / 15,9	- / -	- / -
	10	136 / 153	163 / 29	99,6 / 17,7	0,64 / 011	0,41 / 0,07
	20	89,9 / 110	116 / 21,8	73,8 / 13,7	12,0 / 21	8,02 / 1,4
	30	65,7 / 92,6	90,3 / 21	58,7 / 13,4	24,5 / 4,28	17,1 / 3,0
	40	58,4 / 83,2	75 / 20	50,4 / 13,2	31,6 / 5,52	23,1 / 4,03
	50	52,5 / 76,1	66,7 / 19,9	46,1 / 13,1	31,3 / 5,45	23,8 / 4,15
	60	47,7 / 70,1	60,1 / 18,1	42,9 / 12,3	27,2 / 4,74	21,6 / 3,77
	80	40,1 / 60,5	49,5 / 15,4	37,5 / 10,9	19,8 / 3,43	18,1 / 3,16
100	34,4 / 53	42 / 13,5	33,4 / 9,95	18,2 / 3,11	25,6 / 2,72	

Таблица 1.17

Среднее значение мощности дозы излучения, приведенное к 1 ч после аварии на внешних границах зон загрязнения цветности, рад/ч

Время после аварии $t_{нач}$, ч	Зона загрязнения				
	«М»	«А»	«Б»	«В»	«Г»
1	0,014	0,14	1,42	4,2	14,2

**Справочные данные для расчетов по выявлению последствий
при разрушении (аварии) объектов со СДЯВ**

Таблица 2.1

Значение температуры кипения СДЯВ

Тип СДЯВ	Температура кипения, °С
Амил	20,1
Аммиак	-33,4
Сернистый ангидрид	-10,1
Фосген	8,2
Фтористый водород	19,9
Хлор	-34,6
Цианистый водород	25,65

Таблица 2.2

Табличная глубина L' , распространения первичного облака СДЯВ, км

Тип СДЯВ	Типовая емкость, т	Конвекция			Изотермия			Инверсия		
		Скорость ветра на высоте 2 м, м/с								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Амил	10	0,8	0,6	0,5	3,6	2,4	1,6	7,5	4,9	3,2
	30	1,3	0,9	0,9	6,5	4,4	3,0	14,8	9,7	6,3
	50	1,7	1,2	1,2	8,8	5,9	4,0	20,0	13,3	3,6
	100	2,3	1,7	1,6	13,1	8,8	5,9	31,1	20,0	13,3
Аммиак	100	0,9	0,7	0,6	3,5	2,4	1,6	6,7	4,4	3,4
	300	1,6	1,1	0,9	6,6	4,4	3,0	13,7	8,6	6,7
	1000	2,8	2,0	1,6	13,1	8,8	6,0	28,0	18,3	14,2
	2000	3,9	2,8	2,3	20,0	13,5	9,1	44,8	29,1	22,6
	10000	3,1	2,3	1,9	15,4	10,4	7,0	33,7	22,0	17,0
	30000	5,3	3,8	3,1	29,0	19,5	13,1	67,0	43,6	34,0
Сернистый ангидрид	50	0,8	0,5	0,5	1,5	1,0	0,7	2,3	1,5	1,2
	100	1,1	0,8	0,7	4,4	2,9	2,0	8,5	5,5	4,3
	200	1,5	1,1	1,0	6,6	4,4	3,0	12,8	8,3	6,5
Фосген	50	2,6	1,0	0,8	6,4	4,3	2,9	11,1	7,2	5,6
	100	3,6	2,6	2,2	10,0	6,5	4,4	16,7	11,0	8,4
	250	5,0	3,6	3,6	18,5	12,0	8,1	32,0	20,5	15,5

Тип СДЯВ	Типовая емкость, т	Конвекция			Изотермия			Инверсия		
		Скорость ветра на высоте 2 м, м/с								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Фтористый водород	50	0,7	0,5	0,5	1,2	0,6	0,6	1,8	1,2	0,9
	100	0,9	0,7	0,6	3,6	2,4	1,6	6,7	4,4	3,4
	200	1,2	1,0	0,9	5,6	3,9	2,8	11,7	7,5	5,9
Хлор	50	1,8	1,3	0,9	10,1	6,8	4,6	24,0	15,4	10,0
	100	2,9	2,0	1,7	14,1	9,5	6,4	30,0	20,0	15,4
	300	5,0	3,5	2,9	26,0	17,8	12,0	60,0	39,0	30,0
	1000	3,4	2,5	2,0	16,9	11,4	7,7	37,0	24,0	18,7
	2000	4,8	3,5	2,9	26,0	17,0	12,0	59,0	38,0	30,0
Цианистый водород	50	0,5	0,5	0,5	1,8	1,2	0,8	3,7	2,4	1,5
	100	0,7	0,5	0,5	2,7	1,8	1,2	5,6	3,7	2,4
	250	0,9	0,7	0,6	4,5	3,0	2,0	9,8	6,3	4,1
Остальные	Любая	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Примечание. При разрушении резервуаров с акрилонитрилом, азотной кислотой, гидразином, гептилом, дихлорэтаном, сероуглеродом, хлорпикрином и тетраэтилсвинцом опасность поражения личного состава сохраняется, как правило, лишь в районе разрушения (аварии).

Таблица 2.3

Значения коэффициентов влияния температуры воздуха на глубину распространения первичного (вторичного) облака СДЯВ

Наименование СДЯВ	K_{11}, K_{12}							
	Температура воздуха, °С							
	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	
Амил	0/0,3	0/0,4	0/0,5	0/0,5	0/0,8	0/1,0	1,0/1,3	
Аммиак и хлор ¹	0,3/0,6	0,5/0,6	0,7/0,7	0,8/0,8	0,6/0,9	1,0/1,0	1,1/1,1	
Аммиак и хлор ²	0,1/0,5	0,2/0,6	0,4/0,7	0,6/0,8	0,8/0,9	1,0/1,0	1,2/1,2	
Сернистый ангидрид	0/0,5	0/0,6	0/0,7	0,6/0,8	0,8/0,9	1,0/1,0	1,2/1,1	
Фосген	0/0,4	0/0,5	0/0,6	0/0,7	0,4/0,9	1,0/1,0	1,5/1,2	
Фтористый водород	0/0,4	0/0,4	0/0,5	0/0,6	0/0,7	1,0/1,8	1,3/1,0	
Цианистый водород	0/0,3	0/0,4	0/0,5	0/0,6	0/0,7	0/0,8	1,0/1,0	
Остальные	0	0	0	0	0	0	0	

Примечание.
1. Хранение в сжатом состоянии (под давлением).
2. Хранение в жидком (охлажденном) состоянии (изотермический способ хранения).

Таблица 2.4

Значение коэффициента K_k , учитывающего реальное количество СДЯВ по отношению к типовому резервуару

Вертикальная устойчивость атмосферы	Величина отношения Q_s/Q_m								
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2	4	6	8
Конвекции	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,4	1,9	2,4	2,7
Изотермия	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,5	2,2	2,8	3,3
Инверсия	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,6	2,6	3,4	4,0

Таблица 2.5

Значение коэффициента K_p , характеризующего интенсивность рассеивания паров СДЯВ в приземном слое атмосферы

Вид растительности	Тип лесов	Вид рельефа				
		Равнинный плоский	Равнинный волнистый	Равнинный холмистый	Овражно-балочный	Холмистый
Таежная	Хвойный	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6
	Лиственный	0,9/0,6	1,0/0,7	1,1/0,9	1,3/1,0	1,5/1,3
Лесистая (лесисто-озерная)	Хвойный	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4
	Лиственный	0,6/0,4	0,3/0,6	0,9/0,7	1,0/1,8	1,0/0,9
Лесисто-степная (лесисто-болотистая)	Хвойный	0,6/0,5	0,8/0,7	1,0/0,8	1,0/0,9	1,2/1,0
	Лиственный	0,4/0,2	0,6/0,3	0,8/0,5	0,9/0,6	0,9/0,7
Степная (озерно-болотистая)		0,1/0,3	0,4/0,2	0,7/0,4	0,8/0,6	0,8/0,6
Полупустынная (тундровая)		0,1/0,05	0,2/0,1	0,4/0,3	0,5/0,5	0,6/0,6
Пустынная		0,01	0,1	0,3	0,9	0,6

Примечание. В числителе приведены значения при наличии листвы, в знаменателе – при отсутствии листвы и наличии снежного покрова.

Таблица 2.6

Значение коэффициента K_m , учитывающего влияние типа местности

Значение параметра K_p	Вертикальная устойчивость атмосферы		
	Конвекция	Изотермия	Инверсия
0,01	2,0	1,9	1,6
0,05	1,0	1,0	1,0
0,1	0,8	0,8	0,9
0,2	0,5	0,6	0,6

Значение параметра K_p	Вертикальная устойчивость атмосферы		
	Конвекция	Изотермия	Инверсия
0,3	0,4	0,5	0,5
0,4	0,3	0,4	0,в
0,5	0,3	0,4	0,4
0,7	0,2	0,3	0,4
0,9	0,2	0,2	0,3
1,0	0,1	0,2	0,3
1,4	0,05	0,05	0,06
1,7	0,03	0,02	0,05
1,9	0,02	0,02	0,03
2,0	0,02	0,01	0,03

Таблица 2.7

Табличная глубина L_2 распространения вторичного облака СДЯВ, км

Наименование СДЯВ	Типовая емкость, т	Вертикальная устойчивость атмосферы		
		Конвекция	Изотермия	Инверсия
Амил	10	0,5	1,4	2,0
	30	0,6	2,5	3,9
	50	0,8	3,2	5,2
	100	0,6	2,2	4,0
Аммиак	100	0,5	0,5	0,5
	300	0,5	0,5	0,8
	1000	0,5	0,8	1,4
	2000	0,5	1,0	1,6
	10000	0,7	2,7	3,5
	30000	0,8	4,0	5,4
Сернистый ангидрид	50	0,5	0,6	0,7
	100	0,5	0,5	0,6
	200	0,5	0,6	0,8
Фосген	50	0,9	3,3	5,2
	100	0,6	2,1	3,8
	250	1,0	3,8	7,1

Наименование СДЯВ	Типовая емкость, т	Вертикальная устойчивость атмосферы		
		Конвекция	Изотермия	Инверсия
Фтористый водород	50	0,5	1,3	1,3
	100	0,5	0,8	1,3
	250	0,5	1,4	2,5
Хлор	50	0,5	1,8	3,6
	100	0,5	1,2	2,0
	300	0,6	2,2	3,8
	1000	1,2	4,6	8,7
	2000	1,5	6,7	13,0
Цианистый водород	50	0,5	1,1	1,5
	100	0,5	0,7	1,1
	250	0,5	1,3	2,1

Таблица 2.8

Значение угла $\varphi_{1(2)}$ – половины сектора, в пределах которого возможно распространение первичного (вторичного) облака СДЯВ, град

Значение $\varphi_{1(2)}$	Вертикальная устойчивость атмосферы	Значение P_z	
		0,5	0,75
φ_1	Инверсия	9	15
	Изотермия	12	20
	Конвекция	15	25
φ_2 1) при времени испарения $\varphi_{исп}$ от 0 до 6 ч	Инверсия	12	20
	Изотермия	15	25
	Конвекция	20	35
2) при времени испарения $\varphi_{исп}$ от 6 до 12 ч		22	37
3) при времени испарения $\varphi_{исп}$ более 12 ч		30	50
<i>Примечание.</i> Если время испарения $\varphi_{исп}$ СДЯВ менее 2 ч, то значение $\varphi_2 = \varphi_1$.			

Таблица 2.9

Время испарения $\tau_{исп}$ СДЯВ (ч – часы, с – сутки, м – месяцы)

Типовая емкость	Температура воздуха, с								
	-40	-30	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
Амил									
10	5,8 с	4,4 с	3,1 с	2,5 с	1,8 с	1,4 с	25 с	21 с	16 с
30	6,1 с	4,7 с	3,3 с	2,6 с	1,9 с	1,5 с	1,1 с	22 с	17 с
50	6,3 с	4,8 с	3,4 с	2,7 с	2,0 с	1,6 с	1,2 с	1,0 с	18,5 с
100	1,0 м	1,0 м	1,0 м	1,0 м	26 с	21 с	15,7 с	14,3 с	11 с
Аммиак									
100	18,3 с	15,4 с	12,6 с	11,4 с	9,3 с	7,6 с	6,3 с	5,5 с	4,7 с
300	24,0 с	20,3 с	16,7 с	14,3 с	11,7 с	10,0 с	8,4 с	7,3 с	6,2 с
1000	1,0 м	26,4 с	21,5 с	18,3 с	15,2 с	13,1 с	11,0 с	9,5 с	5,0 с
2000	>1,0 м	1,0 м	24,6 с	21,0 с	17,5 с	15,1 с	12,6 с	11,0 с	9,40 с
10000	>1,0 м	>1,0 м	1,0 м	28,4 с	23,5 с	20,3 с	17,6 с	15,0 с	13,0 с
20000	>1,0 м	>1,0 м	>1,0 м	1,0 м	28,2 с	24,3 с	20,4 с	17,8 с	15,4 с
Сернистый ангидрид									
50	1,3 с	1,1 с	21,3 с	16,6 с	14,2 с	11,8 с	9,4 с	8,2 с	7,0 с
100	17,5 с	14,4 с	11,3 с	9,6 с	7,8 с	6,5 с	5,3 с	4,5 с	3,7 с
200	21,5 с	17,8 с	13,9 с	11,9 с	9,7 с	8,0 с	6,5 с	5,6 с	4,5 с
Фосген									
50	21,1 ч	16,9 ч	12,7 ч	10,6 ч	8,5 ч	7,4 ч	6,3 ч	5,0 ч	3,8 ч
100	13,6 с	11,0 с	8,1 с	6,6 с	5,2 с	4,4 с	3,4 с	2,9 с	2,3 с
150	16,6 с	13,4 с	10,0 с	8,3 с	6,3 с	5,2 с	4,1 с	3,5 с	2,9 с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хлор									
50	15,5 ч	13,3 ч	11,1 ч	8,9 ч	7,8 ч	6,7 ч	6,1 ч	5,0 ч	4,4 ч
100	8,6 с	7,3 с	6,3 с	5,3 с	4,7 с	4,1 с	3,4 с	3,1 с	2,6 с
300	11,3 с	9,6 с	8,3 с	7,0 с	6,2 с	5,2 с	4,5 с	4,1	3,4 с
1000	14,7 с	12,5 с	10,9 с	9,2 с	8,1 с	7,0 с	6,0 с	5,3 с	4,5 с
2000	16,8 с	14,4 с	12,5 с	10,5 с	9,2 с	7,9 с	6,6 с	6,0 с	5,3 с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цианистый водород									
50	3,9 с	3,1 с	2,5 с	1,9 с	1,5 с	1,2 с	21,8 ч	17,8 ч	15,8 ч
100	>1 м	>1 м	1 м	26,1 с	20,3 с	16,7 с	13,2 с	10,9 с	9,0 с
250	>1 м	>1 м	1 м	28,6 с	22,1 с	18,4 с	14,4 с	11,8 с	9,8
Хлористый водород									
50	8,5	6,8 с	5,1 с	3,9 с	3,0 с	2,5 с	1,0 с	1,6 с	1,3 с
100	>1 м	>1 м	>1 м	>1 м	>1 м	>1 м	1 м	24,2 с	19,4 с
250	>1 м	>1 м	>1 м	>1 м	>1 м	>1 м	>1 м	1 м	25,6 с

Таблица 2.10

Значение коэффициента K_n , учитывающего долю глубины зоны распространения СДЯВ, в пределах которой будут наблюдаться поражения личного состава до определенной степени тяжести

Наименование СДЯВ	Степень тяжести поражения незащищенного, л/с			
	Смертельная	Средняя	Легкая	Пороговая
Амил	0,3	0,5	0,7	1,0
Аммиак	0,4	0,5	0,7	1,0
Сернистый ангидрид	0,5	0,6	0,7	1,0
Фосген	0,2	0,4	0,6	1,0
Хлор	0,3	0,5	0,7	1,0
Цианистый водород	0,3	0,5	0,7	1,0
Сернистый водород	0,3	0,4	0,6	1,0

Таблица 2.11

Табличное значение возможных потерь $P_{ав}^m$ в районе разрушения (аварии), %

Тип СДЯВ	Обеспеченность л/с изолирующими противогазами, %				
	0	25	50	15	100
Все СДЯВ	До 100	70	50	30	до 10*

* Потери обусловлены техническими неисправностями средств защиты и задержками в системе оповещения.

Таблица 2.12

Значение времени подхода $t_{\text{под}}$ облака СДЯВ к заданному рубежу

Расстояние от подветренной стороны, км	Инверсия			Изотермия			Конвекция		
	Скорость ветра V , м/с								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
а) Лесистая местность									
1	8 мин	4 мин	3 мин	11 мин	6 мин	4 мин	12 мин	6 мин	4 мин
2	16 мин	8 мин	5 мин	22 мин	11 мин	8 мин	23 мин	12 мин	8 мин
3	24 мин	12 мин	7 мин	32 мин	16 мин	11 мин	33 мин	17 мин	12 мин
4	32 мин	16 мин	10 мин	41 мин	21 мин	14 мин	44 мин	22 мин	15 мин
6	48 мин	24 мин	14 мин	58 мин	29 мин	20 мин	1,0 ч	32 мин	22 мин
8	1,1 ч	32 мин	20 мин	1,3 ч	37 мин	25 мин	1,5 ч	41 мин	28 мин
10	1,4 ч	40 мин	25 мин	1,5 ч	45 мин	30 мин	1,7 ч	50 мин	34 мин
15	2,0 ч	47 мин	36 мин	2,1 ч	1,1 ч	43 мин	2,4 ч	1,2 ч	48 мин
20	2,5 ч	1,2 ч	48 мин	2,8 ч	1,4 ч	55 мин	3,1 ч	1,5 ч	1,0 ч
25	3,1 ч	1,5 ч	1,0 ч	3,4 ч	1,7 ч	1,2 ч	3,8 ч	1,9 ч	1,3 ч
30	3,6 ч	1,8 ч	1,2 ч	5,0 ч	2,9 ч	1,7 ч	5,8 ч	3,0 ч	2,0 ч
50	5,5 ч	2,8 ч	1,8 ч	6,0 ч	1,0 ч	2,0 ч	7,0 ч	3,6 ч	2,4 ч
б) Местность без леса (степная, полупустынная)									
1	6 мин	3 мин	2 мин	7 мин	4 мин	3 мин	8 мин	4 мин	3 мин
2	10 мин	5 мин	4 мин	13 мин	7 мин	5 мин	14 мин	7 мин	5 мин
3	14 мин	7 мин	5 мин	18 мин	9 мин	6 мин	20 мин	10 мин	7 мин
4	17 мин	9 мин	6 мин	22 мин	11 мин	8 мин	25 мин	13 мин	9 мин
6	24 мин	12 мин	8 мин	30 мин	15 мин	10 мин	35 мин	18 мин	12 мин
8	30 мин	15 мин	10 мин	33 мин	19 мин	13 мин	44 мин	22 мин	15 мин
10	35 мин	18 мин	12 мин	45 мин	23 мин	15 мин	52 мин	26 мин	18 мин
15	53 мин	27 мин	18 мин	1,1 ч	31 мин	21 мин	1,2 ч	36 мин	24 мин
20	1,1 ч	33 мин	22 мин	1,3 ч	39 мин	26 мин	1,5 ч	45 мин	30 мин
25	1,3 ч	39 мин	26 мин	1,6 ч	46 мин	31 мин	1,8 ч	54 мин	36 мин

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
Раздел 1. ВРЕДНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	6
1.1. Основные потенциальные опасности технологических процессов.....	6
1.2. Правовые и нормативно-технические основы охраны окружающей среды и безопасных условий труда.....	9
Раздел 2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ.....	15
2.1. Характеристика выделения вредных веществ различными технологическими процессами.....	15
2.2. Нормирование состава воздушной среды.....	18
2.3. Расчет количества вредных веществ по удельным показателям.....	25
2.4. Методы контроля и приборы для измерения концентрации вредных примесей в газовых потоках и атмосферном воздухе.....	32
2.5. Рассеивание вредных веществ в атмосферном воздухе.....	35
2.6. Пути снижения загрязнений воздушной среды.....	36
2.7. Технические средства очистки отходящих газов.....	38
Раздел 3. БЕЗОПАСНОЕ ОБРАЩЕНИЕ ОТХОДОВ.....	41
3.1. Классификация отходов.....	41
3.2. Нормирование образования и лимитирование размещения отходов.....	42
3.3. Экология захоронения отходов.....	46
3.4. Безотходные и малоотходные технологии.....	47
3.5. Утилизация отходов.....	48
Раздел 4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	52
4.1. Защита от электромагнитных полей.....	52
4.2. Защита от ионизирующих излучений.....	53
Раздел 5. ВИБРАЦИЯ И АКУСТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ.....	56
5.1. Источники вибрационного воздействия. Методы измерения и средства защиты от вибрации.....	56

5.2. Шумовые характеристики предприятий. Методы измерений и защита от акустических колебаний.....	57
Раздел 6. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАВМОБЕЗОПАСНОСТИ.....	61
6.1. Пожаробезопасность.....	61
6.2. Взрывозащита.....	68
6.3. Электробезопасность.....	71
6.4. Защита от механического травмирования.....	77
6.5. Средства автоматического контроля и сигнализации.....	77
Раздел 7. МИКРОКЛИМАТ.....	80
7.1. Параметры микроклимата и их нормирование.....	80
7.2. Основные направления и приемы снижения неблагоприятного воздействия микроклимата.....	81
7.3. Средства контроля климатических характеристик.....	82
Раздел 8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	83
8.1. Концепция архитектуры.....	83
8.2. Охрана окружающей среды.....	84
8.3. Природоохранные мероприятия при строительстве зданий и сооружений.....	84
8.4. Охрана труда в строительстве.....	88
Раздел 9. ЯДЕРНАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	94
9.1. Общие положения.....	94
9.2. Особенности поражающего действия заражения при разрушении объектов с ядерными компонентами и сильнодействующими ядовитыми веществами.....	96
9.3. Методика выявления последствий при разрушении (аварии) объектов с ядерными компонентами и СДЯВ (радиационно и химически опасных объектов).....	124
Библиографический список.....	150
Приложения.....	153

Учебное издание

Арон Лейбович *КАПЛАН*

ПРИРОДНАЯ, ТЕХНОГЕННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ
И БЫТОВЫХ ОБЪЕКТАХ

Учебное пособие

Редактор *Т.Д. Савенкова*

Технический редактор *З.М. Малявина*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 06.05.2010. Формат 60×84/16.
Печать оперативная. Усл. п. л. 10,75. Уч.-изд. л. 10,0.
Тираж 100 экз. Заказ № 1-17-10.

Тольяттинский государственный университет
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14