

Федеральное агентство по образованию  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

**Приоритетный национальный проект «Образование»**

**Инновационная образовательная программа  
Санкт-Петербургского государственного политехнического  
университета**

В.Г. Басенко В.И. Гуменюк М.И. Танчук

**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.  
ЗАЩИТА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ  
СИТУАЦИЯХ**

Санкт-Петербург  
Издательство Политехнического университета  
2008

УДК 355.58: 614.8.084 (075.8)

ББК 68.9я73

Б 271

*Басенко В. Г. , Гуменюк В. И., Танчук М. И.* Безопасность жизнедеятельности. Защита в чрезвычайных ситуациях: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2008. 259 с.

Учебное пособие соответствует содержанию дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» (раздел «Защита в чрезвычайных ситуациях») федерального компонента общепрофессиональных дисциплин государственного образовательного стандарта группы направлений подготовки специальностей «Техника и технологии».

Учебное пособие содержит теоретический материал в соответствии с программой учебной дисциплины «Защита в чрезвычайных ситуациях», расчетные соотношения для оценки обстановки в зонах чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, справочные данные, рассмотрены примеры решения типовых задач.

Пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, изучающих раздел «Защита в чрезвычайных ситуациях» дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

Работа выполнена в рамках реализации Инновационной образовательной программы Санкт-Петербургского государственного политехнического университета «Развитие политехнической системы подготовки кадров в инновационной среде науки и высокотехнологичных производств Северо-Западного региона России».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

© Санкт-Петербургский государственный  
политехнический университет, 2008

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<b>1. Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера</b> .....	8
1.1. Основные понятия и определения .....	8
1.2. Классификация чрезвычайных ситуаций .....	12
1.3. Обстановка в Российской Федерации и Северо-Западном регионе .....	16
1.4. Чрезвычайные ситуации природного характера .....	18
1.4.1. Землетрясения .....	18
1.4.2. Наводнения .....	25
1.5. Чрезвычайные ситуации техногенного характера .....	33
1.5.1. Пожары .....	33
1.5.2. Техногенные взрывы .....	42
1.5.3. Аварии на радиационно опасных объектах .....	61
1.5.4. Аварии на химически опасных объектах .....	94
<b>2. Прогнозирование обстановки при чрезвычайных ситуациях</b> .....	107
2.1. Общие положения .....	107
2.2. Прогнозирование последствий пожаров .....	110
2.3. Прогнозирование последствий техногенных взрывов .....	118
2.4. Прогнозирование радиационной обстановки при авариях на АЭС .....	126
2.4.1. Общие положения .....	126
2.4.2. Последовательность прогнозирования радиационной обстановки .....	130
2.5. Прогнозирование химической обстановки при авариях на химически опасных объектах .....	138
2.5.1. Общие положения .....	138
2.5.2. Последовательность прогнозирования химической обстановки .....	129
<b>3. Защита населения в чрезвычайных ситуациях</b> .....	148
3.1. Нормативная правовая база обеспечения защиты населения .....	148
3.2. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций .....	151
3.2.1. Задачи единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций .....	152
3.2.2. Организационная структура единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций .....	153
3.2.3. Система управления единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций .....	155
3.2.4. Силы и средства единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций .....	157
3.3. Гражданская оборона .....	158
3.3.1. Задачи гражданской обороны .....	158
3.3.2. Организация гражданской обороны Российской Федерации .....	163

3.4. Мероприятия защиты в чрезвычайных ситуациях.....	167
3.4.1. Оповещение .....	168
3.4.2. Эвакуация.....	170
3.4.3. Радиационная и химическая защита.....	171
<b>4. Устойчивость функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях.....</b>	<b>188</b>
4.1. Основы устойчивости функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях.....	188
4.2. Основы оценки устойчивости функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях.....	189
4.3. Основные мероприятия по повышению устойчивости функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях.....	194
4.4. Методика выбора мероприятий по повышению устойчивости функционирования объектов .....	207
4.5. Организация работы по исследованию и повышению устойчивости функционирования объектов экономики.....	208
<b>5. Ликвидация чрезвычайных ситуаций.....</b>	<b>211</b>
5.1. Основы организации аварийно-спасательных и других неотложных работ.....	211
5.2. Организация всестороннего обеспечения аварийно-спасательных и других неотложных работ .....	216
5.3. Особенности организации аварийно-спасательных и других неотложных работ в зонах стихийных бедствий, радиоактивного и химического заражения .....	220
5.4. Меры безопасности при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ .....	226
Библиографический список.....	229
Приложение 1. Поражающее действие землетрясений .....	230
Приложение 2. Характеристика степеней разрушения зданий .....	232
Приложение 3. Значения избыточных давлений во фронте воздушной ударной волны, приводящих к разрушениям зданий и сооружений, транспорта, оборудования.....	233
Приложение 4. Структура возможных поражений людей в зонах разрушений зданий и сооружений городской застройки .....	236
Приложение 5. Прогнозирование радиационной обстановки .....	237
Приложение 6. Прогнозирование химической обстановки .....	251
Приложение 7. Сигналы оповещения гражданской обороны.....	258

## ВВЕДЕНИЕ

Человечество на всем протяжении своей истории постоянно подвергается воздействию неблагоприятных факторов среды обитания: наводнений, землетрясений, пожаров, ураганов, смерчей, засухи, эпидемий и др. Сначала стихийные бедствия были проявлением естественной природной среды, однако по мере увеличения антропогенного воздействия человека на нее опасные природные явления стали в ряде случаев инициироваться самим человеком.

Начиная со второй половины XX века стали широко использоваться новые технологии и производства, связанные с риском возникновения аварий и катастроф, негативные последствия которых сравнимы, а иногда и превосходят потери от стихийных бедствий. Их опасность растет вследствие концентрации производства и повышения плотности населения на потенциально опасных территориях.

Стихийные бедствия и производственные аварии сопровождаются гибелью людей, огромными материальными потерями и в целом замедляют ход развития цивилизации на нашей планете. Людские потери и материальный ущерб при крупных чрезвычайных ситуациях (ЧС) сравнимы с последствиями локальных военных конфликтов.

Динамика нарастания последствий катастрофических процессов за длительный период времени такова:

- ежегодно число пострадавших на планете от стихийных бедствий увеличивается приблизительно на 6 %;

- количество катастроф с высоким экологическим ущербом возросло с 60-х до 90-х годов XX века более чем в 4 раза;

- в 60-х годах от опасных явлений чрезвычайных ситуаций страдал один человек из 62 живущих на Земле, а в 90-х годах – уже один из 29.

В России с 1991 по 1997 годы наблюдался почти шестикратный (209 – 1174) рост числа техногенных аварий и катастроф. Это было обусловлено снижением внимания и вложения средств на обеспечение безопасности, значительным прогрессирующим износом основных производственных фондов, достигающим в ряде отраслей 80...100 %, снижением профессионального уровня работников и производственной дисциплины.

Такой нарастающий поток стихийных бедствий, аварий, катастроф

заставил на уровне Правительства РФ заняться этой проблемой: выработать единый подход в области знаний о происхождении, развитии чрезвычайных ситуаций, ликвидации их последствий, а одной из основных задач государства сделать защиту населения от чрезвычайных ситуаций. Результатом этой работы явилось замедление роста количества ЧС, однако их общее число остается недопустимо большим:

- 2004 г. – 863 ЧС;
- 2005 г. – 2464 ЧС;
- 2006 г. – 2541 ЧС;
- 2007 г. – 2211 ЧС.

Одним из направлений государственной политики в области обеспечения безопасности жизнедеятельности является обучение населения на всех уровнях. В системе высшего профессионального образования вопросы защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций или включены в содержание общепрофессиональной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» в виде раздела или изучаются как отдельная дисциплина «Защита в чрезвычайных ситуациях».

Цель изучения дисциплины «Защита в чрезвычайных ситуациях» (соответствующего раздела дисциплины «Безопасность жизнедеятельности») – сформировать сознательное и ответственное отношение человека к вопросам личной и коллективной безопасности и безопасности окружающей среды. В результате изучения дисциплины выпускник должен иметь следующие знания, умения и навыки:

- знание основных опасностей и их характеристик;
- умение распознавать и оценивать опасности;
- навыки прогнозирования чрезвычайных ситуаций;
- умение осуществлять защиту от опасностей;
- умение оказывать само- и взаимопомощь;
- умение организовывать и осуществлять ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций.

Учебное пособие подготовлено на основе лекций и практических занятий, проводимых при изучении дисциплины «Защита в чрезвычайных ситуациях» на факультетах СПбГПУ.

В учебном пособии рассмотрены чрезвычайные ситуации природно-

го и техногенного характера, основное внимание уделено последним. Для каждого вида чрезвычайных ситуаций приведены основные характеристики поражающих воздействий и действующие методики прогнозирования обстановки. На конкретных примерах показано их применение при оценке обстановки. Рассмотрены вопросы защиты населения и объектов экономики от чрезвычайных ситуаций.

Базовые дисциплины: математика, физика, химия, экология. Знания, полученные при изучении дисциплины «Защита в чрезвычайных ситуациях», должны использоваться при дипломном проектировании для обоснования инженерно-технических мероприятий повышения устойчивости объектов в чрезвычайных ситуациях.

Авторы выражают искреннюю признательность коллегам по кафедре «Управление и защита в чрезвычайных ситуациях» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета за полезные советы и помощь в подборе материала при подготовке учебного пособия.

# 1. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

## 1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Остановимся сначала на понятийном аппарате проблемы чрезвычайных ситуаций. Центральным понятием изучаемой дисциплины является *опасность*. Опасности рассматриваются как факторы, оказывающие неблагоприятное воздействие на здоровье человека, окружающую природную среду. Такие факторы возникают как результат действия природных сил и деятельности человека.

Рассматривают следующие виды опасностей.

*Природная опасность* – это состояния определенных частей литосферы, гидросферы, атмосферы или космоса, представляющие угрозу для людей, объектов экономики.

*Техногенная опасность* – состояние, при котором в зонах технологических процессов имеются факторы, способные оказать негативное воздействие на людей, объекты экономики, природную среду.

*Антропогенная опасность* – состояние, при котором негативные факторы формируются отходами хозяйственной деятельности и жизнедеятельности человека.

*Опасность территории* – состояние территории, характеризующееся наличием природной, техногенной, антропогенной опасностей.

Возникновение того или иного вида опасности обусловлено началом действия или превышением некоторого уровня действия источника опасности.

*Источник опасности* – это процессы в некоторой области пространства, которые могут привести к негативным явлениям.

В природе опасности несут опасные природные явления, стихийные бедствия, в техногенной сфере опасности сосредоточены на потенциально опасных объектах.

*Потенциально опасный объект* – объект, на котором производят, используют, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, опасные химические или биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника ЧС.



Природные и техногенные опасности обычно выступают в форме вызовов и угроз.

*Вызов* – форма опасности, которая является гипотетической (в принципе возможной) и в перспективе может превратиться в непосредственную опасность. Например: астероидная опасность, глобальное потепление.

*Угроза* – форма непосредственной опасности, которая при дальнейшем развитии негативных процессов может привести к ЧС.

Такое деление условно, так как нет точной границы вероятности, которой оценивается вызов и угроза. Примерный порядок вероятности для вызова  $10^{-15} \dots 10^{-20}$ , для угрозы –  $10^{-5} \dots 10^{-10}$ . Соотношение между формами опасности: вызов может перерасти в угрозу, которая в неблагоприятном случае реализуется в виде чрезвычайной ситуации.

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

*Источники чрезвычайных ситуаций:*

- опасное природное явление;
- авария, техногенное происшествие;
- широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных, растений;
- применение современных средств поражения.

В источнике ЧС можно выделить опасное явление, процесс, определяющий специфику чрезвычайной ситуации – поражающий фактор источника ЧС.

Поражающие факторы (ПФ) делятся на первичные и вторичные. Первичный ПФ дает начало чрезвычайной ситуации. Первичный ПФ может инициировать другой – вторичный ПФ. Например, пожар на предприятии, перерабатывающем токсичные вещества, может привести к химическому заражению территории. Виды воздействия поражающих факторов:

- механическое;
- химическое;

- радиационное;
- тепловое;
- биологическое.

Технический прогресс, численный рост и урбанизация населения в целом улучшают качество жизни человека, но с другой стороны – это объективные причины увеличения опасностей для него. В связи с этим возникает ряд практически важных вопросов. Как оценивать опасность и сравнивать опасности между собой? При каких условиях опасность является неприемлемой, недопустимой? Что такое безопасность человека? Где находится граница между опасностью и безопасностью? Является ли безопасность полным отсутствием каких-либо опасностей?

В настоящее время общепринятой является оценка опасности с помощью *риска*. Под термином «риск» в общем случае понимают многокомпонентную величину, включающую показатели ущерба и возможности возникновения рассматриваемого негативного фактора. Наиболее часто для оценки риска используются статистические методики. Показателем риска считается среднее значение ущерба от опасного события за год:  $R = PU$ , где  $P$  – вероятность события в течение года (частота событий),  $U$  – средний ущерб от события. Численная оценка опасности с помощью риска дает возможность решать задачу *управления риском* – его прогнозированием и разработкой мер по снижению.

Совершенно очевидно, что снижение риска увеличивает затратную часть для любого вида деятельности, а она имеет предел. Поэтому решения, принимаемые в области снижения риска, должны быть основаны на балансе между опасностями и выгодами от деятельности. Равновесию между негативными последствиями и пользой от вида деятельности соответствует уровень *приемлемого риска*. Определение приемлемого риска предусматривает помимо экономических также учет социальных, психологических и других аспектов, т. е. комплексное рассмотрение проблемы. Это исключительно сложная задача. Например, в каких общих единицах измерять экономические выгоды (затраты), социальную напряженность, психологические травмы? Как разрешить проблему того, что затраты могут нести одни социальные группы населения, а выгоду получать – другие?

*Безопасность в ЧС* рассматривают как состояние защищенности че-

ловека (населения), объектов народного хозяйства и окружающей природной среды от опасностей в ЧС. Как и при рассмотрении опасности возникает необходимость оценивания безопасности. Защищенность определенным образом влияет на качество жизни человека. Для человека обобщенным показателем качества жизни может служить ее продолжительность. Тогда количественным показателем уровня безопасности может быть средняя ожидаемая продолжительность жизни.

Оценивание защищенности природной среды оказывается еще более сложным процессом, так как экосистемы в широких пределах изменяют свои параметры в ответ на внешние воздействия, не утрачивая способности к устойчивому существованию. В некоторых странах защищенность природной среды определяется близостью экологических нагрузок к пропускной способности экологического пространства.

Учитывая большие неопределенности таких показателей, в настоящее время защищенность человека и окружающей среды от опасностей оценивается не по показателям качества жизни, а по предельным величинам, характеризующим надежность и эффективность технических систем безопасности. Нормируются и контролируются уровни негативных воздействий, например, концентрации и выбросы в окружающую среду токсических и радиоактивных веществ. Поэтому процесс повышения безопасности носит чисто инженерный характер и основывается на узком подходе к учету экологических последствий развития рассматриваемого сектора экономики. В соответствии с этим безопасность принято классифицировать:

- по видам (промышленная безопасность, радиационная, химическая, пожарная, биологическая, сейсмическая, экологическая);
- по объектам (безопасность населения, объекта экономики, окружающей природной среды);
- по основным источникам (опасные природные явления, аварии и техногенные катастрофы).

Несмотря на недостатки такого технократического подхода к оценке защищенности человека, он в настоящее время является единственно приемлемым, позволяющим контролировать и снижать опасность возникновения чрезвычайных ситуаций.

## 1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Для установления единого подхода к оценке ЧС и адекватного реагирования на них ЧС классифицируются по нескольким признакам.

В первую очередь, всю совокупность ЧС можно разделить на *конфликтные* и *бесконфликтные*. К конфликтным ЧС относятся военные столкновения, экономические кризисы, экстремистская политическая борьба, социальные взрывы, национальные и религиозные конфликты, терроризм, разгул уголовной преступности, широкомасштабная коррупция и др.

Будем рассматривать бесконфликтные ЧС и только невоенного времени. Они могут быть классифицированы по многим признакам, которые характеризуют явления с различных сторон (рис. 1.1). Остановимся на трех наиболее часто используемых классификациях.



Рис. 1.1. Классификация чрезвычайных ситуаций

Первая – классификация ЧС в зависимости от сферы возникновения, построена по типам и видам чрезвычайных событий, инициирующих ЧС (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Типы и виды чрезвычайных событий, инициирующих ЧС

Чрезвычайные ситуации природного характера вызваны неблагоприятными и опасными природными явлениями и процессами. Их спектр для территории России чрезвычайно широк. Около 20 % территории страны –

это зона повышенной сейсмической опасности. Площадь зон затопления при наводнениях может достигать 400 тысяч квадратных километров, на ней находятся 750 городов и несколько тысяч населенных пунктов. Ежегодно на территории России возникает до 25...30 тысяч лесных пожаров. Большой ущерб хозяйству страны наносят засухи, сильные дожди, град, смерчи, снежные заносы, сели, оползни.

Статистика ЧС, вызванных на территории России опасными природными явлениями и процессами за последние годы, показывает, что на землетрясения, ураганы, бури, тайфуны приходится 54 % всех явлений, лесные пожары составляют около 23 %, наводнения – 10 %, сильные и длительные дожди – 6 %, засуха – 5 %, на все остальные природные явления приходится не более 2 %.

Из зарегистрированных на территории России за последнее годы происшествий техногенного характера каждая вторая авария происходила на сетях теплоснабжения, каждая пятая – на сетях водоснабжения и канализации.

Считается, что человеческими ошибками обусловлены 45 % экстремальных ситуаций на АЭС, 60 % – при авиакатастрофах, 80 % – при катастрофах на море. С другой стороны, анализ ЧС техногенного характера показывает, что они в значительной степени возникают под влиянием неблагоприятных природных процессов.

Для практических нужд (планирование мероприятий защиты, обучение населения) наиболее важной является классификация ЧС по поражающим воздействиям. Она раскрывает сущность процессов и явлений при ЧС, специфику мер защиты и ликвидации последствий.

Классификация ЧС по масштабам распространения чрезвычайных событий и тяжести последствий (табл. 1.1) является важной для структур управления, министерств, ведомств при планировании выделения средств на ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций. Эта классификация введена постановлением Правительства Российской Федерации “О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” от 13 сентября 1996 г. № 1094.

**Классификация чрезвычайных ситуаций по масштабам  
распространения и тяжести последствий**

Вид ЧС	Показатели, характеризующие ЧС			
	Численность пострадавших	Количество человек с нарушенными условиями жизнедеятельности	Размер материального ущерба на день возникновения ЧС, тыс. мрот*	Размер зоны ЧС
Локальная	Не более 10	Не более 100	Не более 1	Объект производственного или социального назначения
Местная	10...50	100...300	1...5	Населенный пункт, город, район
Территориальная	50...500	300...500	5...500	Субъект РФ
Региональная	50...500	500...1000	500...5000	2 субъекта РФ
Федеральная	Свыше 500	Свыше 1000	Свыше 5000	Более 2 субъектов РФ
Трансграничная	Чрезвычайная ситуация, поражающие факторы которой выходят за пределы РФ, либо чрезвычайная ситуация, которая произошла за рубежом, но затрагивает территорию РФ			

Примечания: 1. Ликвидация чрезвычайных ситуаций производится силами и средствами: локальной – объекта, местной – органов местного самоуправления, территориальной, региональной, федеральной – субъекта РФ, трансграничной – правительства РФ. При недостаточности собственных сил и средств для ликвидации локальной, местной, территориальной, региональной и федеральной ЧС соответствующие комиссии по ЧС могут обращаться за помощью к вышестоящим комиссиям по ЧС.

2. К ликвидации ЧС могут привлекаться ВС РФ, войска ГО РФ, другие войска и воинские формирования.

3. \*мрот – минимальный размер оплаты труда.

### **1.3. ОБСТАНОВКА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ**

На территории России, обладающей большим разнообразием геологических, климатических и ландшафтных условий, наблюдается более 30 видов опасных природных явлений. Наибольший ущерб наносится наводнениями и землетрясениями.

В России насчитывается около 45 тысяч потенциально опасных объектов, аварии на которых могут привести к возникновению ЧС. На такой территории проживает около 80 млн. человек, или 55 % населения страны. Высокая степень риска возникновения ЧС в целом по стране связана с моральным старением оборудования, недостатком средств на его обслуживание, своевременный ремонт и замену, подготовку высококвалифицированного обслуживающего персонала. Наибольшую опасность в техногенной сфере представляют транспортные и радиационные аварии, аварии с выбросом химически и биологически опасных веществ, взрывы и пожары.

В стране функционирует 10 атомных станций с 31 ядерным энергетическим реактором, 9 судов гражданского назначения с 15 ядерными силовыми установками, 113 исследовательских ядерных реактора в 30 научно-исследовательских организациях, 12 предприятий ядерного топливного цикла, 16 специальных комбинатов по переработке и захоронению радиоактивных отходов.

В Российской Федерации действуют более 3600 хозяйственных объектов, располагающих суммарным запасом около 1 млн. тонн опасных химических веществ. Из них около 50 % имеют запасы аммиака, 35 % – хлора, 5 % – соляной кислоты.

В РФ насчитывается свыше 8000 взрывопожароопасных объектов в различных отраслях народного хозяйства. Наиболее часто аварии, сопровождающиеся взрывами и пожарами, происходят на предприятиях химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, а также на объектах жилого и социального назначения.

В настоящее время в эксплуатации находится около 150 тысяч километров магистральных газопроводов, 62 тысячи километров нефтепроводов и 25 тысяч километров продуктопроводов. При среднем сроке службы трубопроводов 20 лет около 12 % протяженности трубопроводов находят-



ся в эксплуатации 35 и более лет, 32 % – более 20 лет, 30 % – 15...20 лет.

Подавляющая часть транспортных аварий приходится на автомобильный транспорт. Число жертв в дорожно-транспортных происшествиях значительно превышает число жертв на других видах транспорта. При среднегодовом числе жертв в транспортных авариях 20...40 тыс. человек число погибших на 1 млрд. пассажиро-километров составляет: на автомобильном транспорте 30...35, на авиационном – несколько более 1, на железнодорожном – 0,02-0,03.

В России около 150 тысяч километров магистральных железных дорог, из них 20 тысяч километров выработали свой ресурс. Учитывая, что основной объем перевозимых опасных грузов приходится на железнодорожный транспорт, изношенность технических систем железных дорог является определяющим фактором, влияющим на количество ЧС при транспортных авариях.

Северо-Западный регион – один из крупнейших экономических районов России – занимает всю северную часть Европейской территории страны. Площадь – 1690 тыс. км<sup>2</sup> (около 10 % территории РФ). В составе его 7 областей, Республика Карелия, Республика Коми. Население 15 млн. чел., плотность – 12 чел/км<sup>2</sup>. В регионе 130 городов, 159 поселков городского типа. Административный центр региона – г. Санкт-Петербург (около 5 млн. жителей).

Возможные источники ЧС природного характера: наводнения, штормовые ветры, смерчи, ливни, град, торфяные и лесные пожары и другие опасные природные явления.

Потенциальных источников ЧС техногенного характера – около 3100. АЭС – 2 (Ленинградская и Кольская), 7 крупных радиационно опасных объектов, 300 организаций имеют радиоактивные вещества и источники ионизирующих излучений.

В регионе размещено более 300 химически опасных объектов. На зараженной территории может оказаться от 15 до 70 % населения.

В Санкт-Петербурге имеется 66 химически опасных объектов, пострадать в результате аварий может около 3,6 млн. человек.

На территории региона расположено более 2350 взрывопожароопасных объектов.

Распределение населения по площади региона и потенциальных опасностей таковы, что плотность населения в потенциальных зонах ЧС оказывается высокой.

Вывод: В целом Северо-Западный регион относится к районам повышенной опасности воздействия поражающих факторов на население и окружающую среду при авариях и опасных природных явлениях.

## **1.4. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА**

### **1.4.1. Землетрясения**

Землетрясения – это толчки и колебания земной поверхности, обусловленные смещением горных пород и распространением по грунтовой среде упругих сейсмических волн. При сильных землетрясениях, происходящих на густонаселенной местности, образуются обширные очаги поражения, в которых разрушаются и повреждаются здания, сооружения, техника, погибают и получают травмы люди.

Основная причина гибели людей при землетрясениях – обрушение зданий.

Ежегодно на планете происходит до 100000 землетрясений, из них 100...120 способны вызвать разрушения и 10...20 оказываются достаточно сильными.

Наиболее разрушительные землетрясения на территории бывшего СССР: 5 октября 1948 г. – г. Ашхабад – за 20 секунд был разрушен почти весь город, погибло около 100 тыс. человек; 25 апреля 1964 г. – г. Ташкент – разрушена почти вся центральная часть города; 7 декабря 1988 г. разрушены города: Спитак, Ленинакан, Кировакан (Армения), погибло более 25 тыс. человек, сотни тысяч остались без крова; 27 мая 1995 г. пос. Нефтегорск (Сахалин) был полностью разрушен, погибло около 2 тыс. человек.

По механизму возникновения землетрясения подразделяются на тектонические, обвальные, наведенные, вулканические и вызванные падением космических тел.

*Тектонические* землетрясения возникают в результате перемещения масс земной коры под влиянием внутренних напряжений. Это основной вид землетрясений на нашей планете. Земная кора и верхняя часть мантии представляют собой твердую наружную оболочку – литосферу, которая не

является сплошной, а состоит из плит с различным горизонтальным размером: от нескольких сотен до нескольких тысяч километров. Под действием сил, обусловленных глубинными тепловыми процессами и вращением Земли, литосферные плиты, лежащие на горячей мантии, движутся со скоростью до нескольких сантиметров в год. В результате этого на границах сталкивающихся плит возникают огромные механические напряжения сжатия, сопровождающиеся разрушением пород, подземным ударом, это и приводит к тектоническим землетрясениям.

Наиболее часто такие землетрясения наблюдаются в определенных зонах. Около 90 % всех землетрясений происходит в зоне, окружающей Тихий океан – в Тихоокеанском поясе. Около 5...6 % землетрясений происходит в Средиземноморском поясе, протянувшемся от Португалии на востоке через Турцию, Иран и Северную Индию до Малайского архипелага.

Область возникновения подземного удара – *очаг землетрясения*, в пределах которого происходит высвобождение накопившейся энергии напряжения среды. Очаг землетрясения находится обычно на глубинах от нескольких километров до нескольких десятков километров. Область выделения энергии может иметь значительные размеры – до нескольких десятков километров. В очаге условно выделяется точка удара – *гипоцентр*, в которой начинается разрушение земной породы. Проекция гипоцентра на поверхность земли называется *эпицентром*.

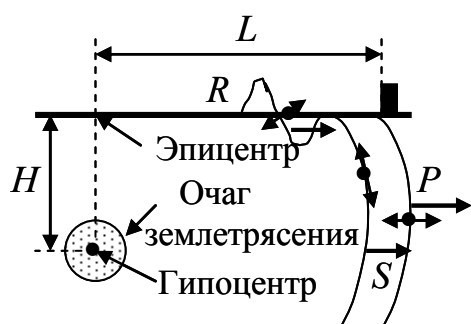


Рис. 1.3. Схема землетрясения

От гипоцентра во все стороны распространяется возмущение грунтовой среды в виде упругих сейсмических волн: продольной ( $P$ ) и поперечной ( $S$ ) (рис. 1.3). По поверхности земли во все стороны от эпицентра расходится поверхностная волна ( $R$ ). В поверхностной волне частицы грунта имеют как продольное, так и поперечное смещение. Скорости распространения продольной  $v_P$  и поперечной  $v_S$  упругих волн определяются характеристиками среды, причем  $v_P > v_S$ , скорость поверхностной волны  $v_R \approx 0,9 v_S$ . Так, например, для гранита значения этих скоростей состав-

ляют:  $v_P = 4,6 \cdot 10^3$  м/с,  $v_S = 3,0 \cdot 10^3$  м/с,  $v_R = 2,7 \cdot 10^3$  м/с. Высокие скорости распространения сейсмических волн исключают возможность оповещения населения о случившемся землетрясении.

Основными характеристиками землетрясения являются: глубина очага землетрясения, магнитуда и интенсивность на поверхности земли.

*Магнитуда* характеризует энергию землетрясения, которая определяется через параметры сейсмических волн. Этот способ измерения энергии землетрясения был предложен американским сейсмологом Рихтером и основан на измерении смещения грунта:

$$M = \lg \frac{A}{A_0}, \quad (1.1)$$

где  $M$  – магнитуда землетрясения;  $A$  – смещение грунта на определенном расстоянии (100 км) от эпицентра рассматриваемого землетрясения;  $A_0$  – смещение грунта при очень слабом землетрясении, принятом за начало отсчета.

Измерение смещения грунта производится с помощью сейсмографов. По Рихтеру магнитуда тектонических землетрясений составляет  $0 \leq M \leq 9$ .

В средствах массовой информации часто приводят интенсивность землетрясения в баллах по девятибалльной шкале Рихтера. Шкала Рихтера – это шкала магнитуд; баллы этой шкалы – величина магнитуды землетрясения.

Магнитуда землетрясения определяет его энергию:

$$Q = 10^{5,32+1,42M}, \quad (1.2)$$

где  $Q$  – энергия землетрясения, Дж.

При самых сильных землетрясениях ( $M = 9$ ) выделяется энергия более  $10^{18}$  Дж.

Наряду с оценкой силы землетрясения с помощью его магнитуды и энергии в настоящее время используется и оценка *интенсивности* землетрясения на поверхности земли в баллах ( $1 \leq J \leq 12$ ) – по величине колебаний грунта на поверхности земли и по размерам причиненного ущерба.

Значение магнитуды землетрясения – одно для данного толчка, а интенсивность землетрясения зависит от магнитуды, удаления от эпицентра,

характера грунтовой среды.

К настоящему времени разработан ряд специальных цифровых шкал для сравнительной оценки землетрясений по их интенсивности. Получаемые с их помощью результаты близки между собой. В России принята рекомендованная ЮНЕСКО международная шкала MSK-64 (шкала Медведева, Шпонхойера, Карника) – табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1.2

**Шкала MSK-64 интенсивности землетрясений**

Балл	Землетрясение	Параметры движения грунта			Последствия
		Ускорение, $a / g^*$	Скорость, см/с	Смещение, мм	
1	Незаметное	0,001-0,002	0,06-0,12	0,03-0,06	Ощущается только приборами.
2	Очень слабое	0,002-0,003	0,12-0,25	0,06-0,12	Ощущается отдельными людьми на верхних этажах домов.
3	Слабое	0,003-0,006	0,25-0,5	0,12-0,25	Ощущается некоторыми людьми в помещениях. Слабое покачивание висячих предметов.
4	Умеренное	0,006-0,012	0,5-1,0	0,25-0,5	Ощущается в помещениях многими, а вне помещений - немногими людьми. Отмечается вибрация, такая же, как от проходящего мимо грузовика.
5	Среднее	0,012-0,025	1-2	0,25-0,5	Общее сотрясение зданий, сдвиги мебели. Трещины в штукатурке, оконных стеклах. Пробуждение спящих.
6	Сильное	0,025-0,05	2-4	1-2	Ощущается всеми, многие люди напуганы. Откалываются куски штукатурки, легкие повреждения зданий.

Продолжение табл. 1.2

Балл	Землетрясение	Параметры движения грунта			Последствия
		Ускорение, $a / g^*$	Скорость, см/с	Смещение, мм	
7	Очень сильное	0,05-0,1	4-8	2-4	Повреждаются здания; трещины в стенах каменных домов, выпадают кирпичи, штукатурка. Людям трудно стоять на ногах.
8	Разрушительное	0,1-0,2	8-16	4-8	Частичное разрушение плохо построенных зданий; падают дымовые трубы; обрушиваются лестницы и пролеты.
9	Опустошительное	0,2-0,4	16-32	8-16	Общая паника. Разрушаются каменные здания. Лопаются подземные трубопроводы. Большие трещины в грунте.
10	Уничтожающее	0,4-0,8	32-64	16-32	Общее разрушение зданий. Происходят большие оползни. Серьезные повреждения плотин, набережных.
11	Катастрофа	0,8-1,6	64-128	32-64	Катастрофические разрушения. Подземные трубопроводы полностью выходят из строя; рельсы сильно искривляются.

Балл	Землетрясение	Параметры движения грунта			Последствия
		Ускорение, $a/g^*$	Скорость, см/с	Смещение, мм	
12	Сильная катастрофа	>1,6	>128	>64	Значительное изменение ландшафта; смещение крупных скальных массивов; многочисленные трещины, обвалы, оползни. Возникновение водопадов, подпруд, отклонения течения рек. Ни одно сооружение не выдерживает.

Примечание. \*  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

Общая качественная картина воздействия землетрясения на различные объекты видна из табл. 1.2, зависимость степени разрушения различных объектов от интенсивности землетрясения приведена в табл. П. 1.

При оценочных расчетах интенсивности землетрясения в баллах по известной магнитуде для расстояний от эпицентра  $L > H$  можно пользоваться формулами:

$$J = J_0 - 6 \lg \frac{\sqrt{L^2 + H^2}}{H} + \Delta, \quad J_0 = 1,5M - 3,5 \lg H + 3,0, \quad (1.3)$$

где  $J_0$  – интенсивность землетрясения в эпицентре, балл;  $M$  – магнитуда;  $H$  – глубина очага, км;  $L$  – расстояние до эпицентра, км;  $\Delta$  – поправка, учитывающая вид грунта:  $\Delta = 0$  для скального грунта,  $\Delta = 0...1$  для песчаников и известняков,  $\Delta = 1...2$  для песчаных грунтов и глинистых толщ,  $\Delta = 2...3$  для рыхлых насыпных грунтов.

Опасные последствия землетрясений делятся на природные и связанные с деятельностью человека. Природные: сотрясения грунта, нарушение грунта (трещины и смещения), оползни, сели, лавины, цунами. Связанные с деятельностью человека: разрушение зданий, мостов и других сооружений, наводнения при прорывах плотин, пожары при повреждении газопроводов, хранилищ ГСМ, нарушение электроснабжения, водоснабже-

ния, канализации.

Типовые здания и сооружения без антисейсмической защиты по сейсмостойкости делятся на три группы.

Группа А: здания со стенами из местных строительных материалов – саманные, глинобитные, из сырцового кирпича без фундамента –  $J = 4$  балла; то же с бетонным фундаментом –  $J = 4,5$  балла.

Группа Б: здания с деревянным каркасом –  $J = 5$  баллов, из жженого кирпича с фундаментом –  $J = 5,5$  балла.

Группа В: деревянные дома, рубленные «в лапу» или «в обло» –  $J = 6$  баллов; типовые железобетонные, каркасные, крупнопанельные дома –  $J = 6,5$  балла.

При использовании антисейсмических мероприятий сейсмостойкость зданий и сооружений может быть повышена до 7...9 баллов.

Людские потери при землетрясении могут быть оценены на основе данных о степени разрушения зданий (различают 6 степеней: от отсутствия видимых повреждений до обвала) и вероятности общих и безвозвратных потерь в зависимости от степени разрушения здания.

При отображении на карте или схеме очага поражения при землетрясении наносятся линии равной интенсивности – изосейсты. Обычно очаг поражения ограничен изосейстой  $J = 6$  баллов, что соответствует слабым разрушениям зданий, сооружений.

Очаг поражения в плане, как правило, представляет собой сложную фигуру, что связано с влиянием местных геологических условий на распространение сейсмических волн, в ряде случаев форма очага приближается к эллипсообразной.

*Обвальные* землетрясения происходят при разрушении сводов подземных карстовых пустот, заброшенных шахт, рудников, а также обвалах горных пород. Возникающие при этом толчки и колебания земной поверхности относительно слабы.

*Наведенные* землетрясения вызваны изменением давления в земной коре, обусловленного техногенной деятельностью человека – строительством крупных плотин и водохранилищ, закачкой воды в скважины или, наоборот, при интенсивном отборе воды из скважин.

*Вулканические* землетрясения возникают при извержении вулканов,



обычно охватывают небольшие районы и сопровождаются потоками лавы, выбросами пепла и газов, которые и причиняют основной ущерб.

Падение космических тел и инициирование ими землетрясений представляют редкие явления.

Основным способом снижения потерь и ущерба при землетрясениях является строительство сейсмостойких зданий и сооружений.

### **1.4.2. Наводнения**

Наводнение – это значительное затопление местности в результате подъема уровня воды в реке, озере, прибрежном районе моря. В России наводнения занимают первое место среди других стихийных бедствий по площади распространения, повторяемости и суммарному среднему годовому ущербу.

Начиная с конца XX века, в возникновении наводнений все большее значение приобретают антропогенные факторы. Основные среди них — вырубка лесов и нерациональное ведение сельского хозяйства. Исчезновение лесов приводит к росту максимального поверхностного стока в 2,5...3 раза. Использование тяжелой техники ведет к переуплотнению почвы полей и, следовательно, к снижению инфильтрационных свойств почвы и увеличению поверхностного стока. К этому же ведет и неправильная распашка полей.

Примерно в 3 раза увеличился ущерб от паводков на урбанизированных территориях, так как при этом растет площадь водонепроницаемых покрытий и застроек. Хозяйственное освоение пойм рек также ведет к нарушению природного регулирования водостока.

В России эти факторы усугубляются негативными последствиями процесса перестройки хозяйственной деятельности: резким старением основных фондов водного хозяйства из – за невложения средств, несогласованностью деятельности различных хозяйствующих субъектов на территориях, подверженных наводнениям, изменением размещения хозяйственных объектов и жилья людей на паводкоопасных территориях.

В зависимости от причины, вызвавшей подъем уровня воды, различают следующие виды наводнений: половодье, паводок, подпорное, нагонное, при действии подводного источника большой энергии, прорыва.

Первые пять видов явлений – это источники ЧС природного характера. Половодье, паводок и подпорное наводнение возникают на реках, нагонное – в прибрежных районах заливов морей, устьях рек. Подводные землетрясения и извержения вулканов могут сопровождаться образованием волн цунами, которые затапливают прибрежную местность.

Наводнение прорыва – источник техногенной ЧС, обусловлено гидродинамической аварией.

Наводнения в большей или меньшей степени периодически наблюдаются на большинстве рек России.

По размерам затапливаемой территории и наносимому материальному ущербу наводнения подразделяют на 4 группы:

– низкие (малые) – случаются раз в 5...10 лет и затапливается менее 10 % сельскохозяйственных угодий:

– высокие – существенно нарушают хозяйственную деятельность, нередко вызывают необходимость частичной эвакуации населения:

– выдающиеся – повторяются примерно раз в 50...100 лет, сопровождаются большим материальным ущербом, необходима массовая эвакуация населения;

– катастрофические – не чаще раза в 100...200 лет и реже, полностью парализуется хозяйственная деятельность, временно изменяется жизненный уклад населения, сопровождаются гибелью людей.

Половодье и паводок связаны с прохождением большего, чем обычно, объема воды по руслу реки.

*Половодье* – ежегодно повторяющееся в один и тот же сезон относительно длительное увеличение расхода воды (весеннее таяние снега, продолжительные дожди). Длится половодье от 15...20 дней до 2...3 месяцев, подъем воды до 2...5 метров на малых реках, до 10...20 метров – на больших.

Один из основных параметров течения реки – расход – это объем воды  $Q(t)$ , проходящий через поперечное сечение русла в единицу времени:

$$Q = v S, \quad (1.4)$$

где  $v$  – средняя скорость потока в рассматриваемом поперечном сечении, м/с;  $S$  – площадь этого сечения, м<sup>2</sup>.

Средняя скорость потока находится по формуле Шези:

$$v = C\sqrt{Ri}, \quad (1.5)$$

где  $C$  – коэффициент Шези;  $R$  – гидравлический радиус, м;  $i$  – уклон дна реки. Для широких русел можно принять  $R \approx h$ , где  $h$  – глубина потока, м. Величина  $C$  для открытых русел оценивается с помощью выражения  $C = R^{1/6} / n \approx h^{1/6} / n$ , где  $n$  – коэффициент шероховатости русла. Тогда средняя скорость потока:

$$v = \frac{h^{2/3} i^{1/2}}{n}. \quad (1.6)$$

Значения уклона  $i$  дна реки:

- равнинные реки  $i = (5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4})$ ;
- предгорные реки  $i = (5 \cdot 10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-3})$ ;
- горные реки  $i > 5 \cdot 10^{-3}$ .

Средние значения коэффициента шероховатости  $n$  для естественных русел зависят от засоренности русла, неправильности в рельефе дна, извилистости русла:

- $n = 0,025$  для чистых прямых русел;
- $n = 0,033$  для русел больших и средних рек равнинного типа в благоприятных условиях состояния ложа;
- $n = 0,040$  для сравнительно чистых русел равнинных рек в обычных условиях;
- $n = 0,050$  для русел больших и средних рек, значительно засоренных, извилистых и частично заросших;
- $n = 0,067$  для значительно заросших, неровных русел с заводами;
- $n = 0,133$  для рек болотистого типа.

Изменение расхода воды во времени  $Q(t)$  (гидрограф) в период половодья показано на рис. 1.4, где  $Q_0$  – бытовой (обычный) расход,  $Q_m$  – максимальный расход. При половодье имеет место относительно медленное изменение параметров потока.

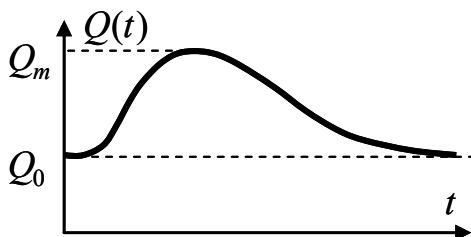


Рис. 1.4. Гидрограф половодья

Наибольший подъем уровня воды в реке при половодье определяется максимальным расходом  $Q_m$ , который зависит от ряда факторов: запасов снежной массы в бассейне реки, температуры воздуха и ско-

рости ее повышения, выпадения осадков, ускоряющих сход снежного покрова. Максимальный подъем уровня  $h$  воды может быть рассчитан по формуле:

$$h = h_0 \left[ \left( \frac{Q_m}{Q_0} \right)^{\frac{3}{3m+2}} - 1 \right], \quad (1.7)$$

где  $Q_0 = S_0 v_0$  – бытовой расход;  $S_0$ ,  $v_0$ ,  $h_0$  – соответственно площадь сечения, скорость потока, уровень воды в реке при бытовом расходе;  $m$  – параметр, характеризующий форму русла. Для частных случаев (рис. 1.5): прямоугольное русло –  $m = 1$ , треугольное русло –  $m = 2$ , трапециевидальное русло –  $m = 2b_0 / (b_0 + b_1)$ .

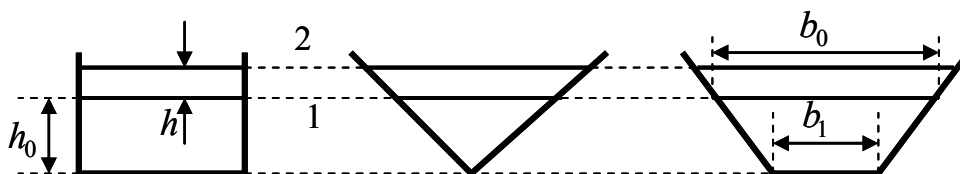


Рис. 1.5. Формы русел ( $h_0$  - уровень (1) воды от дна русла при бытовом расходе,  $h$  - максимальный подъем уровня (2) воды при половодье,  $b_0$  - ширина русла реки по урезу воды при бытовом расходе,  $b_1$  - ширина дна русла)

Скорость потока  $v_m$  при максимальном подъеме уровня воды ( $h_0 + h$ ) рассчитывается по формуле (1.6):

$$v_m = \frac{(h_0 + h)^{2/3} i^{1/2}}{n} = \left( 1 + \frac{h}{h_0} \right)^{\frac{2}{3}} \frac{h_0^{2/3} i^{1/2}}{n} = v_0 \left( 1 + \frac{h}{h_0} \right)^{\frac{2}{3}}. \quad (1.8)$$

Размеры зоны затопления зависят от подъема уровня воды в реке и топографических особенностей прилегающей к руслу местности (табл.1.3).

Т а б л и ц а 1.3

**Размеры зон затопления в зависимости от уровня подъема воды  
для равнинных рек**

Максимальный подъем уровня воды, м	1,5...2	2...4	4...6	6...14
Зона затопления, км <sup>2</sup>	10	10...100	100...1000	>1000

Поражающее действие половодья определяется глубиной затопления. При этом различают прямой и косвенный ущерб.

Виды прямого ущерба:

- повреждение и разрушение жилых и производственных зданий, железных и автомобильных дорог, линий электропередач, связи, гибель скота и урожая сельскохозяйственных культур;

- уничтожение и порча материальных ценностей (продукты питания, корма, топливо, удобрения);

- смыв плодородного слоя почвы и занесение почвы песком и илом;

- затраты на эвакуацию населения и вывоз материальных ценностей.

Виды косвенного ущерба:

- затраты на приобретение и доставку в пострадавшие районы продуктов питания, строительных материалов, кормов для скота;

- ухудшение условий жизни населения;

- замедление темпов развития пострадавших районов;

- увеличение затрат на поддержание инфраструктуры территории.

Часто косвенный ущерб превышает прямой.

*Паводок* – быстрый кратковременный (1...2 суток) подъем воды в реке, вызванный ливневыми дождями или бурным таянием снега. Паводки могут повторяться несколько раз в год. Опасность паводкового наводнения заключается в его неожиданности. Форма гидрографа паводка подобна гидрографу половодья (но он сжат по оси времени  $t$ ) – имеется восходящий участок, гребень (соответствует максимальному уровню воды) и нисходящий участок. Максимальный подъем уровня воды в реке и скорость потока при паводке рассчитываются по формулам (1.7), (1.8). Максимальный расход  $Q_m$  определяется выражением:

$$Q_m = \frac{kJF}{3,6} + Q_0, \quad (1.9)$$

где  $Q_m$  и  $Q_0$  – расход максимальный и до выпадения осадков соответственно, м<sup>3</sup>/с;  $J$  – интенсивность осадков, мм/час;  $F$  – площадь района выпадения осадков в бассейне реки, км<sup>2</sup>;  $k$  – коэффициент, учитывающий долю стока выпавших осадков в реку  $0 < k \leq 1$  (в приближенных расчетах для оценки максимального подъема воды принимают  $k = 1$ ); коэффициент “3,6” учитывает переход от размерности  $J$  – мм/час,  $F$  – км<sup>2</sup> к размерно-

сти  $Q_m$  – м<sup>3</sup>/с. Высота паводка по мере удаления от места, где он максимален, уменьшается.

Скорость  $v_2$  движения гребня паводка рассчитывается по формуле:

$$v_2 = 1,5v_0 \left( 1 + \frac{h}{h_0} \right)^{2/3}, \quad (1.10)$$

где  $v_0$  – скорость течения реки до выпадения осадков, м/с.

Поражающее действие паводка помимо глубины затопления определяется и максимальной скоростью потока затопления.

*Подпорное* наводнение возникает из-за резкого увеличения сопротивления стоку воды при загромождении русла реки льдом во время ледохода (заторы) или внутриводным льдом (зажоры).

*Нагонные* наводнения создаются ветровыми нагонами воды в заливах, бухтах, устьях крупных рек. Для Санкт-Петербурга, где такие наводнения разной интенсивности наблюдаются ежегодно, можно выделить три их основные причины: прохождение циклонов, образование стоячих волн (сейши) и собственно ветровой нагон.

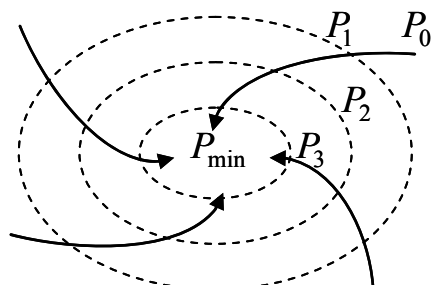


Рис. 1.6. Движение воздуха в циклоне ( $P_0 > P_1 > P_2 > P_3$ )

*Циклон* – это атмосферный вихрь большого размера (диаметр от сотен до нескольких тысяч километров) с пониженным давлением в центре. Воздух в циклоне циркулирует против часовой стрелки в северном полушарии (рис.1.6), помимо этого движется к центру  $P_{min}$  и вверх. Циклоны постоянно образуются естественным образом в атмосфере из-за вращения Земли (сила Кориолиса) и обычно перемещаются с запада на восток.

Пониженное атмосферное давление в центре циклона может опуститься до  $P_{min} = (0,92...0,95) \cdot 10^5$  Па и вызывает подъем уровня воды –  $h_y$ :

$$h_y = \frac{P_0 - P_{min}}{\rho g}, \quad (1.11)$$

где  $P_0$  и  $P_{min}$  – нормальное атмосферное давление (периферия циклона) и давление в центре циклона соответственно, Па;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения.

Перемещающийся подъем уровня воды в циклоне формирует длинную волну с высотой в центре несколько десятков сантиметров. В возникновении наводнений в Санкт-Петербурге опасны циклоны, пересекающие Балтийское море с юго-запада на северо-восток, т. е. в том направлении, в котором вытянуто само море. При мощных циклонах высота длинной волны в горле Финского залива обычно 40...60 см, а скорость ее движения 40...60 км/час. С подходом волны к вершине залива ее высота возрастает, так как залив становится мелководнее и уже (площадь сечения уменьшается). Длинная волна пробегает залив за 7...9 часов и может вызвать подъем уровня воды в устье р. Невы на 200...250 см. После прихода длинной волны в вершину Финского залива она отражается от берегов и в результате интерференции волн возникают *сейши* – стоячие волны большого периода. Сейши возникают в более или менее замкнутых водоемах (морях, озерах, заливах) при интерференции волн, возникающих под действием внешних сил (циклоны, ветер и др.) и волн, отраженных от берегов. В зависимости от внешнего воздействия (направление и интенсивность) и формы водоема могут формироваться сейши с одним, двумя и более узлами (одноузловые, двухузловые и т. д.) – рис. 1.7.

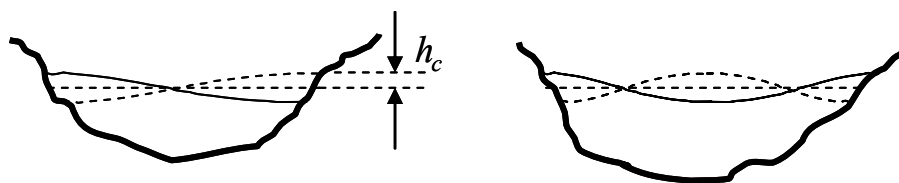


Рис. 1.7. Одно- и двухузловые сейши

Сейши Балтийского моря имеют период около 26 часов, узел располагается в районе о. Готланд, а пучности – в оконечностях моря: у Датских проливов и в вершинах Ботнического и Финского заливов. Поэтому после прохождения циклона с запада в устье р. Невы с периодом примерно в сутки наблюдается несколько подъемов уровня воды  $h_c \leq 50$  см. В случаях, когда циклоны с запада движутся «семействами» с интервалами около 24...28 часов, возможно наложение колебаний и тогда подъем уровня воды в устье р. Невы за счет сейши достигает 100...150 см. Кроме этого, в пре-

делах Финского залива иногда образуются сейши с периодом 7...9 часов.

Третья причина нагонного наводнения – *ветровой нагон* (рис. 1.8) –

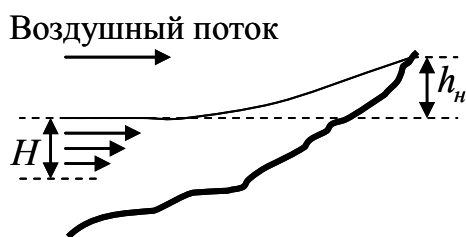


Рис. 1.8. Ветровой нагон

возможен в любое время года. Движущийся воздушный поток передает энергию водной среде, создавая в ее толще  $H$  течения, которые могут длиться часами и более продолжительным временем. Кинетическая энергия течения у береговой черты преобразуется в потенциальную энергию подъема

уровня воды. Высота нагонного подъема уровня  $h_n$  зависит от скорости ветра, состояния водной поверхности (высота волн), длины поверхности энергообмена между средами.

Особенно опасна ситуация, когда действие всех трех факторов суммируется.

*Наводнение прорыва* возникает при гидродинамической аварии – разрушении плотин, дамб и образовании волны прорыва. Авария на гидротехническом сооружении может произойти вследствие воздействия опасных природных процессов (землетрясения, оползни, обвалы, ураганы), проявления конструктивных дефектов, нарушения правил эксплуатации, а также при ведении боевых действий.

При разрушении плотин изливающаяся через проран вода образует волну прорыва – типа мощного паводка (рис. 1. 9).

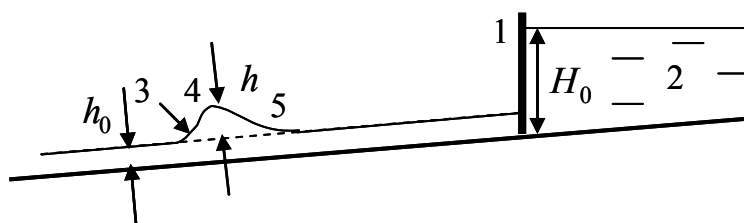


Рис. 1.9. Волна прорыва (1 – плотина, 2 – водохранилище, 3 – фронт волны прорыва, 4 – гребень волны, 5 – хвост волны,  $H_0$  - высота плотины,  $h_0$  - уровень воды в реке,  $h$  - высота гребня волны)

Высота гребня волны прорыва и скорость движения гребня могут быть рассчитаны по соответствующим формулам для паводка при заданных характеристиках прорана в теле плотины. В качестве примера в



табл. 1.4 приведены параметры волны прорыва для двух характерных гидроузлов: равнинного ( $H_0 = 20$  м, уклон дна  $i = 10^{-4}$ ) и предгорного ( $H_0 = 100$  м,  $i = 10^{-3}$ ), в обоих случаях отношение ширины прорана к длине плотины принималось равным 0,5. Считалось, что русло имеет прямоугольную форму.

Т а б л и ц а 1.4

**Параметры волны прорыва**

Гидроузел	$x$ , км	$h$ , м	$v_m$ , м/с	$t_\phi$ , час	$t_2$ , час
Равнинный $H_0 = 20$ м, $i = 10^{-4}$	10	7,5	1,8	1,3	4
	50	7,0	1,2	12	22
	100	6,5	0,9	27	45
	250	5,5	0,55	84	120
Предгорный $H_0 = 100$ м, $i = 10^{-3}$	10	34	9,2	0,25	0,5
	50	29	7,0	1,70	2,9
	100	25	6,0	3,80	6,0
	250	20	4,5	11,0	15,0

Примечание:  $x$  – расстояние от плотины,  $h$  – высота гребня,  $v_m$  – максимальная скорость течения,  $t_\phi$  – время прихода фронта волны,  $t_2$  – время прихода гребня волны прорыва.

Поражающее действие волны прорыва определяется ее высотой, скоростью движения и длительностью затопления. Разрушительное действие волны прорыва обусловлено как действием непосредственно массы воды, движущейся с большой скоростью, так и размывом и перемещением значительных масс грунта и обломков разрушенных зданий и сооружений – таранное действие

Для защиты от наводнений наиболее эффективно строительство гидротехнических сооружений: плотин, дамб, водохранилищ, укрепление берегов, подсыпка территорий.

## 1.5. ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

### 1.5.1. Пожары

Среди чрезвычайных событий, инициирующих ЧС техногенного характера, пожары занимают особое место, поскольку происходят часто и на

самых различных объектах и что, может быть, самое главное – являются источником последующих катастрофических событий – взрывов на химически и радиационно опасных объектах, морском и воздушном транспорте, трубопроводах и т. д. С другой стороны, взрывы часто сопровождаются пожарами.

Пожаром принято называть неконтролируемое горение вне специального очага, сопровождающееся уничтожением материальных ценностей и создающее угрозу для жизни людей. Горение – основной процесс пожара, это относительно быстропротекающая экзотермическая реакция соединения или разложения веществ, сопровождающаяся выделением значительного количества тепла и свечением.

Пространство, в котором развивается пожар и проявляется его поражающее действие, в общем случае условно можно разделить на три зоны:

- зона горения (очаг пожара);
- зона теплового воздействия;
- зона задымления.

*Зона горения* включает поверхность горящего вещества и пламя. *Пламя* – видимая область зоны горения, в которой интенсивно протекают реакции, происходит выделение тепла и которая является источником светового излучения.

В подавляющем большинстве случаев при горении взаимодействующие вещества находятся в газообразном состоянии. При горении газа граница зоны горения – это фронт пламени толщиной доли миллиметра. Зоной горения горючей жидкости является некоторый объем над ней, куда поступают пары испаряющейся жидкости и кислород из воздуха. При горении большинства твердых веществ они или плавятся и испаряются (сера, стеарин и др.), или разлагаются (газифицируются) с выделением газообразных продуктов (древесина, каменный уголь, торф и др.).

Линейные размеры зоны горения зависят от вида пожара и могут составлять от единиц до десятков метров.

Для возникновения горения необходимо наличие горючего вещества, окислителя и источника воспламенения. Окислителем обычно является кислород воздуха, в ряде случаев – это хлор, фтор, бром и др.; источник воспламенения – пламя другого горящего тела, искры, нагретые тела.

Горение может быть полным и неполным. Полное горение происходит при достаточном количестве кислорода в очаге горения, в результате образуются инертные продукты (пары воды  $H_2O$ , диоксид углерода  $CO_2$ , сернистый ангидрид  $SO_2$  и др.). Неполное горение имеет место при недостатке кислорода, образующиеся продукты (оксид углерода  $CO$ , пары кислот, спиртов, альдегидов и др.) токсичны, могут в дальнейшем гореть.

По горючести – способности к горению все вещества и материалы подразделяются на три группы:

– *негорючие* – вещества и материалы, не способные гореть в воздухе (применяемые в строительстве природные и искусственные неорганические материалы, металлы);

– *трудно горючие* – способны возгораться в воздухе от источника воспламенения, но не способны самостоятельно гореть после его удаления (асфальтобетон, бетонно-стружечные детали, пропитанная антипиренами древесина и др.);

– *горючие* – способны самовозгораться, а также воспламеняться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления (различные органические материалы).

Среди горючих веществ выделяют легковоспламеняющиеся вещества, они способны воспламеняться от кратковременного воздействия источника с низкой энергией (пламени спички, искры и т. п.).

Пожарная опасность горючих материалов определяется их способностью возгораться и может быть охарактеризована температурой воспламенения и температурой самовозгорания.

Температура воспламенения – минимальная температура материала, при которой скорость выделения горючих паров и газов такова, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение.

Горение при достижении температуры самовозгорания может протекать в виде тления или с образованием пламени, в последнем случае характеристикой процесса является температура самовоспламенения.

Одной из основных характеристик горючих материалов является теплота их сгорания – энергия, выделяющаяся при сгорании единицы массы материала в атмосфере кислорода.

Длительность горения заданной массы твердых материалов или го-

рючих жидкостей определяется их массовой скоростью выгорания – массой вещества, выгорающего в единицу времени с единицы площади.

При горении газо- или паровоздушной смеси важной характеристикой горения является скорость распространения пламени по объему горючей смеси. По величине этой скорости горение разделяют на “простое” (со скоростью фронта пламени до единиц метров в секунду) и “взрывное”, которое протекает с большей скоростью. Ниже в этом разделе рассматривается “простое” горение в атмосферном воздухе.

Характеристики пожароопасности некоторых материалов приведены в табл. 1.5.

Т а б л и ц а 1.5

**Характеристики пожарной опасности некоторых материалов**

Материал	Теплота сгорания, МДж/кг	Температура воспламенения, °С	Температура самовоспламенения, °С	Массовая скорость выгорания, кг/(м <sup>2</sup> ·с)
Бумага	13,4	238	360	0,08
Древесина сосны	18,4-20,9	255	399	0,015
Фанера клееная	20,3	238-255	360-427	0,017
Плиты ДСП, ДВП	17,4-20,9	222	345	0,003-0,51
Каменный уголь	31,4-36,8	350	500	-
Толь, рубероид	15,7-29,5	210-303	420	0,24
Резина	33,4	270	400	0,0112
Линолеум ПВХ	14,2-18,0	300	450-600	-
Бензин	43,7	>-36	230	0,0383
Керосин	44	-	-	0,04
Нефть	42	-	-	0,04
Мазут	37,9	-	240	0,035

Максимальная температура в очаге пожара составляет около 1250 °С при горении твердых материалов, 1200...1350 °С – горючих газов, 1100...1300 °С – горючих жидкостей.

*Зона теплового воздействия* прилегает к зоне горения, в ней происходит теплообмен между зоной горения и окружающей средой посредством излучения, конвекции и теплопроводности, причем основная роль принадлежит излучению. Граница зоны проходит там, где тепловое воз-

действие приводит к заметному изменению состояния материалов, конструкций и делает невозможным пребывание людей без средств противопожарной защиты. Размеры зоны теплового воздействия значительно превышают размеры зоны горения и могут достигать сотен метров.

*Зона задымления* примыкает к зоне горения и формируется под действием ветра. На границе зоны задымления плотность дыма составляет  $(1...6) \cdot 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup>, видимость 6...12 м, концентрация кислорода не менее 16 % и концентрация токсичных газов не представляет опасности для людей без средств защиты органов дыхания. Размеры зоны задымления по направлению ветра – до нескольких десятков метров.

По данным статистики причинами пожаров являются: неосторожное обращение с огнем (50...70 %), неисправности в электрооборудовании (17...19 %), неисправности промышленного оборудования (3...5 %), несоблюдение правил при ведении сварочных работ (2,5...4 %), самовозгорание, грозы, поджоги и др. (3 %).

При авариях на пожароопасных объектах выделяют виды пожаров:

- пожар огневой загрузки;
- пожар разлития (пролития);
- пожар огненный шар.

*Пожар огневой загрузки* – наиболее часто встречающийся вид пожара (до 90 % всех пожаров) в зданиях, сооружениях бытового и производственного назначения, в местах хранения твердых горючих веществ.

Пожары огневой загрузки в населенных пунктах и на объектах экономики в зависимости от масштабов подразделяются на отдельные (огнем охвачено одно или несколько зданий), массовые (более 25 % зданий) и сплошные (более 90 % зданий). Особым видом пожара является огненный шторм, характеризующийся мощными восходящими потоками воздуха на высоту до нескольких километров и не поддающийся тушению. Огненный шторм может возникнуть при ведении боевых действий или в естественных условиях при быстром распространении пожара на значительной территории, содержащей большое количество горючих материалов. Войти в район после такого пожара можно только через несколько суток.

Возникновение и развитие пожаров в населенных пунктах и на производственных объектах зависит от следующих основных факторов:

- взрывопожароопасности помещений производств, объектов;
- степени огнестойкости зданий и сооружений;
- плотности застройки территории;
- метеорологических условий.

Категория *взрывопожароопасности* помещения объекта устанавливается исходя из наличия (массы) и характеристик взрывопожароопасных веществ в помещении (табл. 1.6).

Т а б л и ц а 1.6

**Категории взрывопожароопасности помещений**

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
<b>А</b> - взрывопожароопасные	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки* не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва превышает 5 кПа.
<b>Б</b> – взрывопожароопасные	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление в помещении, превышающее 5 кПа.
<b>В1 – В4</b> – пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые вещества и материалы. Вещества и материалы, способные только гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом при условии, что это помещение не относится к категориям А и Б. (деление на В1 – В4 в зависимости от количества горючих материалов)
<b>Г</b>	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени. Горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

Примечание: \*температура вспышки смеси – это наименьшая температура, при которой возможна вспышка смеси от внешнего источника зажигания.

В помещениях категорий А и Б пожары могут возникать при разрушении технологических систем.

*Огнестойкость* зданий и сооружений оценивается временем, в течение которого сохраняется устойчивость материалов их конструкции к воздействию высоких температур при пожаре.

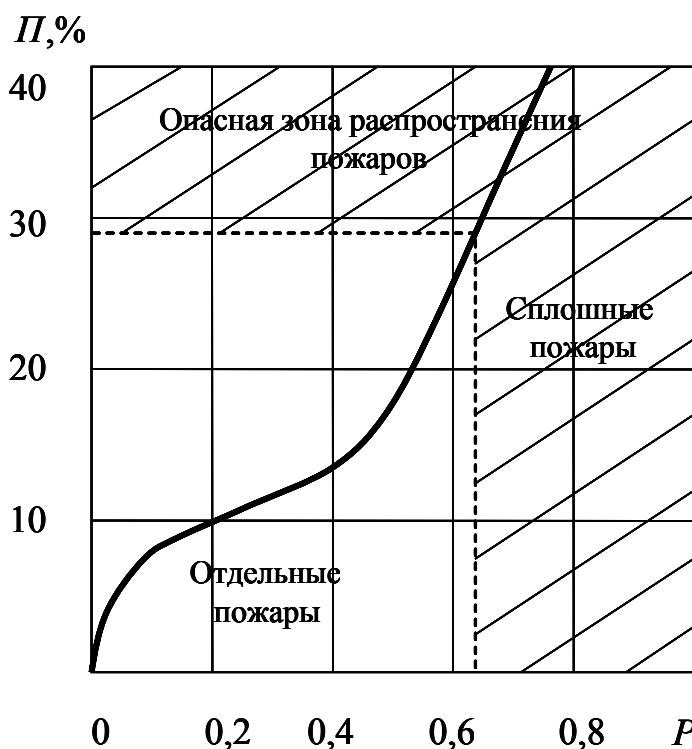
Согласно СНиП 21 – 01 – 97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» для зданий установлено пять степеней огнестойкости:

- I степень – предел огнестойкости несущих элементов (ПОНЭ) не менее 2 часов;
- II степень – ПОНЭ не менее 1,5 часов;
- III степень – ПОНЭ не менее 45 минут;
- IV степень – ПОНЭ не менее 15 минут;
- V степень – ПОНЭ не нормируется.

Плотность застройки в процентах объекта, населенного пункта  $P$  определяется выражением:

$$P = 100 \frac{S_{зд}}{S_o}, \quad (1.12)$$

где  $S_{зд}$  – площадь, занимаемая зданиями,  $m^2$ ;  $S_o$  – площадь объекта, населенного пункта,  $m^2$ .



Вероятность распространения пожара  $P$  возрастает с увеличением плотности застройки (рис. 1.10).

Скорость распространения пожара зависит от погодных условий, топографических особенностей местности, характера строений. В среднем при скорости ветра 3...4 м/с при

Рис. 1.10. Связь плотности застройки  $P$  с вероятностью распространения пожара  $P$

деревянной застройке она составляет 150...300 м/ч, при застройке каменными зданиями – 60...120 м/ч.

*Пожар разлития* наиболее характерен для объектов хранения ГСМ и аварий при транспортировке ГСМ, предприятий нефтепереработки; возникает при нарушении целостности емкостей для хранения горючих жидкостей или трубопроводов для их транспортировки, когда горючее вещество разливается свободно или в пределах ограниченной области (в поддон) по горизонтальной поверхности.

*Пожар огненный шар* возникает при разрушении емкостей для хранения и транспортировки сжатых или сжиженных горючих газов, а также легковоспламеняющихся жидкостей, когда горящее газовое облако поднимается над поверхностью земли.

**Поражающее действие пожаров.** Опасными факторами пожара (ОФП), воздействующими на людей, являются: открытый огонь и искры, повышенная температура воздуха и предметов, токсичные продукты горения, дым, пониженная концентрация кислорода, обрушение и повреждение зданий, сооружений. Предельные значения ОФП, определяющие границу зоны поражения, приведены в табл. 1.7.

Т а б л и ц а 1.7

**Предельные значения ОФП**

Опасный фактор пожара	Предельное значение ОФП
Температура среды, °С	70
Тепловое излучение, Вт/м <sup>2</sup>	500
Содержание, % (объемное)	
оксида углерода (угарный газ)	0,1
диоксида углерода (углекислый газ)	6
кислорода	<17
Показатель ослабления света дымом на единицу длины *	2,4

Примечание: \* показатель ослабления света  $D = \lg(E_0 / E)$ , где  $E_0, E$  – начальная освещенность и освещенность за слоем дыма соответственно.

При пожарах в зданиях и сооружениях гибель людей происходит, главным образом, вследствие задымления и образования токсичных продуктов горения: оксида углерода, хлористого водорода, метана, формальдегида, фенола, цианистого водорода, фосгена и др. Особенно опасны про-



дукты горения полимерных материалов. Причиной гибели людей при пожарах в 70 % случаев является удушье, причем в 50 % – отравление оксидом углерода.

Если начавшийся в здании пожар своевременно не потушен, он через некоторое время превращается в открытый пожар, когда пламя охватывает всю поверхность здания. В этом случае основным далекодействующим поражающим фактором является тепловое излучение.

Тепловое излучение приводит к повышению температуры облучаемого объекта. При превышении некоторого критического значения  $T > T_{кр}$  объект перестает нормально функционировать. У человека возникают болевые ощущения – ожог, у материалов существенно изменяются их характеристики, горючие материалы могут воспламениться.

Результат воздействия теплового излучения на объекты в целом зависит от следующих факторов:

- интенсивности излучения;
- продолжительности действия излучения;
- теплофизических характеристик материалов объекта и характеристик объекта.

Интенсивность излучения  $J$  (мощность излучения, приходящаяся на единицу площади облучаемой поверхности) и время его действия  $\Delta t$  определяют полную энергию  $Q$ , подведенную к объекту:

$$Q = \int_0^{\Delta t} J(t) dt.$$

Для заданного объекта поражение тепловым излучением зависит как от полной энергии  $Q$ , так и от интенсивности излучения  $J$ . Для оценки степени поражения объекта пользуются пороговой кривой (рис. 1.11) – зависимостью, которая связывает величины  $Q$  и  $J$  при заданном уровне поражения объекта.

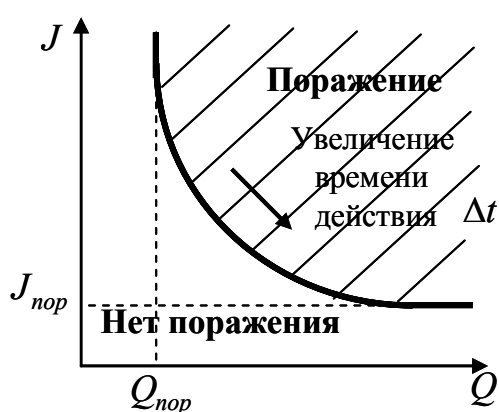


Рис. 1.11. Пороговая кривая

При большом времени теплового воздействия, превышающем время установления теплового равновесия, порог поражения определяется только пороговой интенсивностью излучения  $J_{пор}$ . При

импульсном облучении, когда перенос энергии от места воздействия незначителен, порог поражения определяется только полной энергией  $Q_{пор}$ . В промежуточном случае поражение зависит от обеих величин  $Q$  и  $J$ .

### 1.5.2. Техногенные взрывы

Аварии и катастрофы, связанные с взрывами, являются наиболее опасными и непредсказуемыми. Потенциально опасными объектами с точки зрения возможности взрыва являются:

- хранилища и склады взрывчатых веществ (ВВ), горюче-смазочных материалов (ГСМ), нефте-, газо- и продуктопроводы;
- различные производства на предприятиях химической, нефтеперерабатывающей, фармацевтической промышленности;
- мельничные элеваторы, деревообрабатывающие предприятия, ткацкое производство и т.п. (мучная, древесная, хлопковая пыль);
- средства транспортировки горючих веществ и ВВ железнодорожным, водным, автомобильным транспортом.

**Общие сведения о взрыве.** Взрыв – это кратковременное неуправляемое выделение большого количества энергии в незначительном объеме, в результате которого формируется ударная волна. В зависимости от процесса выделения энергии взрывы делят на виды:

- физические взрывы;
- химические взрывы;
- ядерные взрывы.

При физических взрывах выделяется уже накопленная веществом к моменту взрыва энергия, например, энергия сжатых или сжиженных газов при разрушении емкостей, в которых они хранятся, энергия нагретого вещества при выливании расплавленного металла в воду.

Источник энергии при химических взрывах – это быстропротекающие самоускоряющиеся (лавинные) экзотермические реакции окисления горючих веществ или термического разложения нестабильных соединений.

При ядерных взрывах энергия выделяется в процессе реакций деления тяжелых ядер и синтеза легких ядер.

Будем рассматривать химические взрывы в нормальной атмосфере ( $T_0 = 273 \text{ К}$ ,  $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ), как наиболее характерные для аварийных

ситуаций. Подводные и подземные взрывы обычно являются запланированными и используются в военных и мирных целях.

Взрывчатое вещество, участвующее в химическом превращении, может быть твердым или жидким (конденсированные ВВ), газообразным или аэрозолем жидкого или твердого горючего вещества в воздухе (газовоздушная, паровоздушная или пылевоздушная смеси). В последнем случае взрывы называются объемными.

Химическая реакция взрывного превращения запускается источником взрыва – это источник зажигания для смесей горючих веществ с воздухом или детонатор для конденсированных ВВ. От источника взрыва по исходному веществу со скоростью  $v$  распространяется волна взрывного превращения – зона реакции, за ней остаются нагретые газообразные продукты взрыва. В зависимости от величины этой скорости  $v$  различают два режима взрывного превращения: детонация и дефлаграция.

В режиме детонации происходит взрыв конденсированных ВВ и при некоторых условиях – взрыв смеси горючих веществ с воздухом.

При *детонации* движение зоны реакции управляется ударным сжатием исходного вещества. Плотность, давление и температура среды на фронте ударной волны меняются скачком. Перемещение зоны реакции происходит со скоростью ударной волны, они двигаются вместе, образуя детонационную волну. Ее скорость превышает скорость звука в исходной среде  $v > v_{зв}$  ( $v_{зв} \approx 300...400$  м/с в смесях горючих веществ с воздухом;  $v_{зв} \approx 2000...6000$  м/с в твердых веществах и жидкостях). Скорость детонационной волны – максимально возможная для данного взрывчатого вещества и является для него константой.

Режим дефлаграции (дефлаграционный взрыв) наблюдается при взрыве смесей горючих веществ с воздухом.

При *дефлаграции* движение зоны реакции по горючей смеси осуществляется за счет процессов переноса – диффузии и теплопроводности, определяемых скоростью теплового движения молекул газа. Скорость движения зоны горения – дозвуковая  $0,1v_{зв} < v < v_{зв}$ . Волна давления – воздушная ударная волна уходит вперед от зоны горения.

Взрыв смесей горючих веществ с воздухом в режиме детонации опаснее, чем дефлаграционный взрыв вследствие образования более ин-

тенсивной ударной волны.

Наиболее типичная картина взрыва в режиме детонации наблюдается при взрыве конденсированных взрывчатых веществ. Одна из основных характеристик конденсированных взрывчатых веществ – это удельная теплота взрыва  $Q$  – энергия, выделяющаяся при взрыве единицы массы ВВ (табл. 1.8).

Т а б л и ц а 1.8

**Характеристики конденсированных взрывчатых веществ**

Взрывчатое вещество	Плотность ВВ $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплота взрыва $Q$ , МДж/кг
Тринитротолуол (тротил) – ТНТ	1600	4,52
Амматол 80/20 (80 % нитрата аммония +20 % ТНТ)	1600	2,65
Гексоген	1650	5,36
Гремучая ртуть	4430	1,79
Нитроглицерин (жидкость)	1590	6,70
Октоген	1900	5,68
Октол (70 % октана + 30 % ТНТ)	1800	4,50
Тетрил	1730	4,52
ТЭН	1770	5,80
Пентолит (50 % ТЭН + 50 % ТНТ)	1660	5,11
Тринотал (80 % ТНТ + 20 % Al)	1720	7,41
Торпекс (42 % гексогена + 40 % ТНТ +18 % Al)	1760	7,54
60 %-ный нитроглицериновый динамит	1300	2,71
Пластит	1300	4,52

Давление во фронте детонационной волны и скорость ее фронта определяются соотношениями:

$$P_{\partial} = 2(\gamma - 1)\rho Q, \quad v_{\partial} = \sqrt{\frac{(\gamma + 1)P_{\partial}}{\rho}}, \quad (1.13)$$

где  $P_{\partial}$  – давление во фронте, Па;  $v_{\partial}$  – скорость фронта, м/с;  $\rho$  – плотность взрывчатого вещества, кг/м<sup>3</sup>;  $Q$  – теплота взрыва, Дж/кг;  $\gamma$  – показатель адиабаты продуктов взрыва.

Как показывают результаты эксперимента, значение показателя адиабаты для продуктов взрыва можно принять равным 3, тогда для три-

нитротолуола (ТНТ) получим давление во фронте детонационной волны  $P_0 \approx 2,9 \cdot 10^{10}$  Па и ее скорость  $v_0 \approx 8500$  м/с.

**Воздушная ударная волна.** Практически вся (>90 %) энергия взрыва конденсированных ВВ расходуется на образование воздушной ударной волны, которая способна разрушать объекты на значительном расстоянии от точки взрыва.

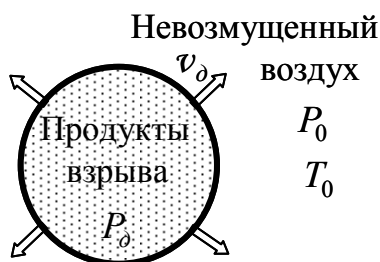


Рис. 1.12. Образование ВУВ

При выходе детонационной волны на границу “ВВ – невозмущенный воздух” (рис. 1.12) расширяющиеся продукты взрыва действуют на окружающий воздух как твердый сверхзвуковой поршень. В результате этого формируется воздушная ударная волна (ВУВ).

Образование воздушной ударной волны и ее отличие от продольной упругой волны в воздухе можно пояснить на следующем примере. Рассмотрим движение твердого поршня со скоростью  $v$  (рис. 1.13) в длинной трубе, содержащей воздух при нормальных условиях ( $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$  Па,  $T_0 = 273$  К,  $\rho_0 = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>).

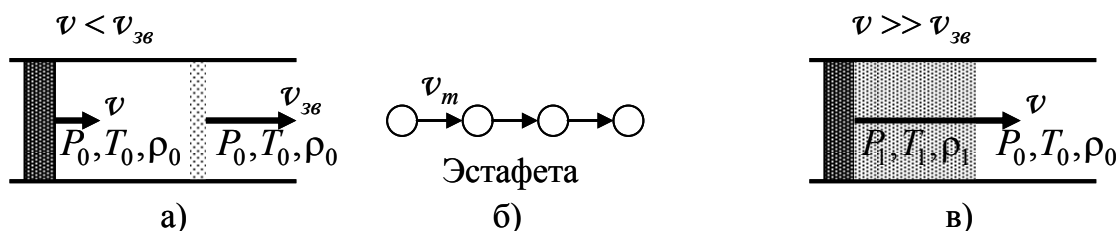


Рис. 1.13. Образование упругой и ударной волны в воздухе

1) Пусть скорость движения поршня  $v < v_{зв}$  (рис. 1.13-а). Скорость звука в воздухе  $v_{зв}$  одного порядка со средней скоростью теплового движения молекул  $v_m$ :

$$v_{зв} = \sqrt{\frac{\gamma RT_0}{M}}, \quad v_m = \sqrt{\frac{8RT_0}{\pi M}}, \quad (1.14)$$

где  $\gamma$  – постоянная адиабаты для воздуха ( $\gamma = 1,4$ );  $R = 8,31$  Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная;  $M = 0,029$  кг/моль – молярная масса воздуха. Сделав вычисления по формуле (1.14), получим:  $v_{зв} = 331$  м/с,

$$v_m = 446 \text{ м/с.}$$

Вызванное движением поршня возмущение воздуха посредством “эстафеты” (рис. 1.13-б) – от молекулы к молекуле за счет теплового движения будет перемещаться по трубе вправо – т. е. по трубе вправо будет распространяться продольная упругая волна сжатия – звуковая волна. При этом не будет массового движения воздуха, давление, температура и плотность воздуха не изменяются.

2) Пусть теперь скорость поршня  $v \gg v_{зв}, v_m$ . Поскольку скорость теплового движения молекул воздуха мала по сравнению со скоростью поршня, молекулы не могут “убежать” от поршня, а остаются перед ним, т. е. перед поршнем воздух сжимается (эффект “бульдозера”), давление, температура и плотность его повышаются:  $P_1 > P_0, T_1 > T_0, \rho_1 > \rho_0$ . Масса сжатого перед поршнем воздуха движется со скоростью поршня (рис. 1.13-в). Если поршень остановить, то эта масса сжатого воздуха по инерции будет двигаться вправо. На передней границе сжатой области будет наблюдаться, как описано выше, “сгребание” атмосферного воздуха. С тыльной же границы сжатой области будет отток воздуха в пространство между сжатой областью и поршнем – это область разрежения – пониженного давления.

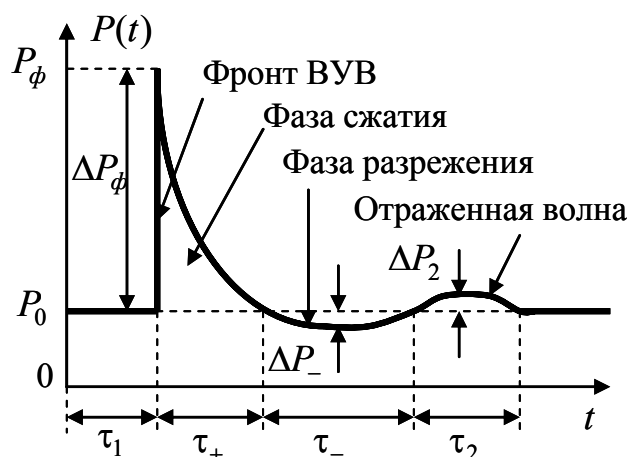


Рис.1.14. Параметры воздушной ударной волны ( $\Delta P_\phi$ - избыточное давление во фронте ВУВ,  $\Delta P_-$  - амплитуда волны разрежения,  $\tau_+$  - длительность фазы сжатия,  $\tau_-$  - длительность фазы разрежения,  $\Delta P_2$ ,  $\tau_2$  - вторичный подъем давления и его длительность)

Область сжатия воздуха, распространяющаяся со сверхзвуковой скоростью, называется *воздушной ударной волной* (пояснение названия “ударная” ниже). Изменение давления с течением времени  $P(t)$  в какой-то точке, находящейся на расстоянии  $R$  от взрыва, показано на рис. 1.14, время прихода ВУВ -  $\tau_1$ . Передняя граница области сжатия называется **фронтом ВУВ**.

Толщина фронта ВУВ порядка средней длины свободного пробега молекул в воздухе ( $\approx 10^{-7}$  м). Кроме первого – самого интенсивного изменения давления (в падающей ударной волне) могут наблюдаться повторные повышения давления, обусловленные отражением волны от преград. Максимальное давление, плотность, температура воздуха наблюдаются во фронте ВУВ.

Область пространства, в которой избыточное давление  $\Delta P = P(t) - P_0 > 0$  называется зоной сжатия, ее протяженность в направлении распространения волны  $\lambda$  – длина ВУВ. Область, в которой  $\Delta P < 0$ , называется зоной разрежения. Воздух в зоне сжатия движется в том же направлении, что и фронт ударной волны – от точки взрыва; в зоне разрежения – в обратном направлении – к точке взрыва.

Основной параметр ВУВ, характеризующий ее интенсивность – это *избыточное давление во фронте волны*  $\Delta P_\phi = P_\phi - P_0$ . Через величину  $\Delta P_\phi$  обычно выражают характеристики воздуха во фронте ударной волны: плотность  $\rho_\phi$ , скорость фронта волны  $v_\phi$ , массовую скорость воздуха  $v_m$ , движущегося за фронтом волны, давление скоростного напора  $\Delta P_{ск}$ , импульс давления в фазе сжатия  $I$  и др.:

$$\left. \begin{aligned} \rho_\phi &= \rho_0 \frac{1+kb}{1-kb}; \\ v_\phi &= v_{36} \sqrt{1+kb}; \\ v_m &= \frac{kv_{36}}{\gamma\sqrt{1+b}}; \\ \Delta P_{ск} &= \frac{\rho_\phi v_m^2}{2}; \\ I &= \int_0^{\tau_+} \Delta P(t) dt, \end{aligned} \right\} (1.15)$$

где  $k = \Delta P_\phi / P_0$ ;  $b = (\gamma + 1) / 2\gamma$ ,  $\gamma = C_P / C_V = 1,4$  – показатель адиабаты для воздуха.

Избыточное давление во фронте ВУВ  $\Delta P_\phi$  при взрыве в однородной атмосфере (воздушный взрыв) зависит от вида и массы  $G$  взрывчатого вещества (или общей энергии взрыва  $E = QG$ ) и расстояния  $R$  до точки взрыва. Исследования многих авторов показали, что для воздушных взрывов конденсированных ВВ справедлив закон подобия и величину  $\Delta P_\phi$  можно рассчитывать с помощью приведенного расстояния (переменная Садовского – Гопкинсона)  $R_* = R/G^{0,33}$ . Расчет избыточного давления  $\Delta P_\phi$  воздушных взрывов наиболее часто используемого взрывчатого вещества тринитротолуола (тротила) производят с помощью эмпирической формулы (формула Садовского):

$$\Delta P_\phi = 81 \cdot \frac{G^{0,33}}{R} + 280 \cdot \left( \frac{G^{0,33}}{R} \right)^2 + 707 \cdot \left( \frac{G^{0,33}}{R} \right)^3, \quad (1.16)$$

где  $\Delta P_\phi$  – избыточное давление, кПа,  $G$  – масса тротила (ТНТ), кг;  $R$  – расстояние до взрыва, м.

В случае воздушного взрыва его энергия распределяется во всем пространстве ( $4\pi$  телесного угла) и фронт ударной волны имеет форму сферы.

При наземном взрыве (подстилающая поверхность – абсолютно твердая) его энергия распределяется в верхнем полупространстве ( $2\pi$  телесного угла), фронт волны – полусфера. В этом случае вид зависимости  $\Delta P_\phi(G, R)$  сохраняется, но постоянные коэффициенты увеличиваются так, как было бы при замене величины  $G$  на  $2G$  (эксперимент дает от 1,6 до 2,0 в зависимости от вида подстилающей поверхности). Тогда для наземного взрыва принимают:

$$\Delta P_\phi = 101 \cdot \frac{G^{0,33}}{R} + 420 \cdot \left( \frac{G^{0,33}}{R} \right)^2 + 1410 \cdot \left( \frac{G^{0,33}}{R} \right)^3 \quad (1.17)$$

Второй параметр ВУВ, определяющий ее поражающе действие, – это импульс давления  $I$  в фазе сжатия. Для обоих видов взрывов он также зависит от  $G$  и  $R$  и для тротила рассчитывается по формуле:



$$I = 350 \frac{G^{0,66}}{R}, \quad (1.18)$$

где  $I$  - импульс давления, Па·с;  $G$  - масса ТНТ, кг;  $R$  - расстояние до взрыва, м.

Амплитуда давления в волне разрежения  $\Delta P_-$  значительно меньше величины  $\Delta P_+$ , поэтому в большинстве исследований отрицательная фаза не учитывается, однако она и вторичные волны могут быть важными факторами поражения при возникновении резонансных явлений.

**Отражение воздушной ударной волны от преграды.** Ударная волна, образуемая при воздушном взрыве ВВ – падающая ВУВ – распространяясь в воздухе, встречает на своем пути преграды – поверхность земли, здания, сооружения и т. п. При этом происходит отражение падающей ВУВ от преграды и образуется отраженная воздушная ударная волна. Учет отражения ударной волны важен, поскольку при этом происходит повышение избыточного давления.

Простейший случай формирования отраженной воздушной ударной волны имеет место при нормальном падении ВУВ на плоскую жесткую преграду – когда фронт падающей волны параллелен плоскости преграды (рис. 1.15).

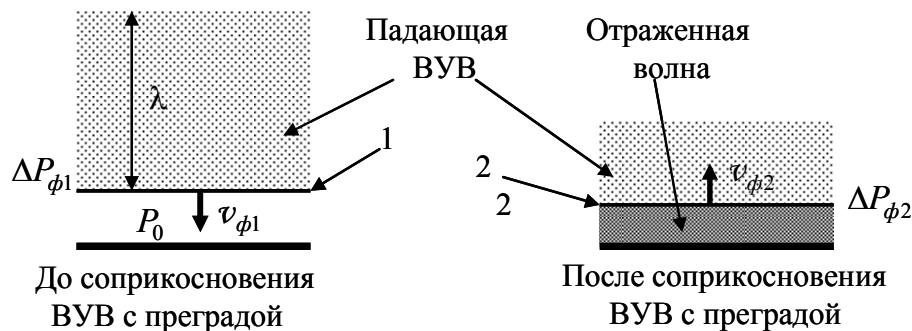


Рис. 1.15. Образование отраженной волны при нормальном падении ВУВ на преграду:  
1 – фронт падающей волны ( $\Delta P_{\phi 1}$ ), 2 – фронт отраженной волны ( $\Delta P_{\phi 2}$ )

После соприкосновения фронта падающей ВУВ с преградой воздух, движущийся за фронтом падающей ВУВ, начинает тормозиться преградой. В результате этого кинетическая энергия движущегося воздуха переходит в потенциальную энергию сжатия, давление воздуха у преграды возрастает и по падающей ВУВ вверх распространяется возмущение – отраженная ударная волна. Избыточное давление в ее фронте  $\Delta P_{\phi 2} > \Delta P_{\phi 1}$ . Отражение

ВУВ характеризуется коэффициентом отражения:  $k_{omp} = \frac{\Delta P_{\phi 2}}{\Delta P_{\phi 1}}$ . Для нор-

мального падения ударной волны, распространяющейся в идеальном газе:

$$k_{omp} = 2 + \frac{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1}}{1 + \frac{2\gamma}{\gamma - 1} \frac{P_0}{\Delta P_{\phi 1}}} = 2 + \frac{6}{1 + 7 \frac{P_0}{\Delta P_{\phi 1}}}, \quad (1.19)$$

где  $\gamma = 1,4$  – постоянная адиабаты для воздуха.

Из этой формулы видно, что давление  $\Delta P_{\phi 2}$  в отраженной волне превышает давление  $\Delta P_{\phi 1}$  в падающей волне в 2...8 раз (“2” – при  $\Delta P_{\phi 1} \ll P_0$  – “слабая” ВУВ, “8” – при  $\Delta P_{\phi 1} \gg P_0$  – “сильная” ВУВ). Для реального газа  $(k_{omp})_{max} \approx 11$ . Таким образом, явление отражения ВУВ приводит к увеличению избыточного давления, действующего на объект.

Если фронт падающей плоской волны образует некоторый угол  $\alpha > 0$  с отражающей поверхностью (косой удар), картина отражения усложняется (рис. 1.16). В зависимости от угла падения  $\alpha$  и значения избы-

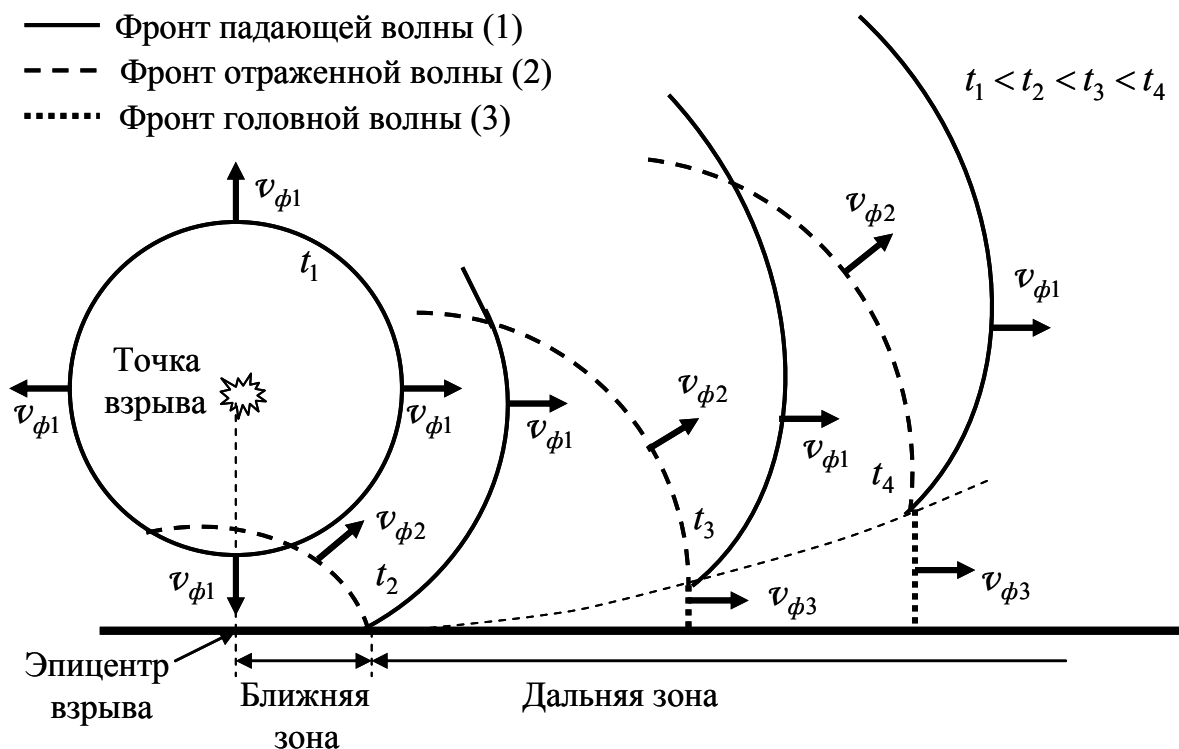


Рис. 1.16. Отражение ударной волны воздушного взрыва от поверхности земли

точного давления в падающей волне  $\Delta P_{\phi 1}$  возможны два режима отражения: регулярное отражение и нерегулярное.

Регулярное – имеет место при  $\alpha < \alpha_{кр}$ , линия соприкосновения падающей и отраженной волн лежит на отражающей поверхности – ближняя зона. При нерегулярном отражении (если  $\alpha \geq \alpha_{кр}$ ) кроме отраженной ВУВ образуется головная ударная волна, которая распространяется вдоль земной поверхности, ее фронт перпендикулярен отражающей поверхности – дальняя зона.

При распространении ударной волны от точки взрыва ее интенсивность уменьшается и на некотором расстоянии она вырождается в звуковую волну.

**Взрывы различных конденсированных ВВ.** Значение избыточного давления во фронте ВУВ при взрыве тротила определяется по формуле Садовского (1.16) или (1.17). Расчеты для других взрывчатых веществ проводятся на основе энергетического подхода – приравниваются энергии взрыва данного ВВ и тротила:  $GQ = G_m Q_m$ , где  $Q, Q_m$  – удельная теплота взрыва данного ВВ и тротила соответственно (табл. 1.8);  $G, G_m$  – масса ВВ и тротила. *Тропиловым эквивалентом взрыва* данного ВВ называется величина:

$$G_m = \frac{GQ}{Q_m}, \quad (1.20)$$

которая и используется при расчете избыточного давления по формуле Садовского.

**Повреждение объектов ударной волной.** Попадая за фронт ВУВ, объект испытывает ударные силовые нагрузки, связанные в общем случае, во-первых, с избыточным давлением за фронтом волны, и, во-вторых, с движущимся за фронтом волны воздухом. Нагрузки – ударные, так как толщина фронта ВУВ около  $10^{-7}$  м, а его скорость превышает скорость звука, и небольшой по линейным размерам объект при прохождении ВУВ оказывается за ее фронтом и начинает испытывать нагрузку практически мгновенно. Время, в течение которого действуют нагрузки, определяется длительностью фазы сжатия  $\tau_+$ , зависящей от энергии взрыва и расстоя-

ния до него. По порядку величины – это сотые доли секунды.

Избыточное давление воздуха за фронтом ВУВ вызывает всестороннее обжатие объекта (действует как гидростатическое давление при погружении в воду).

Движущийся за фронтом ВУВ сжатый воздух при торможении его преградой оказывает на нее давление – давление скоростного напора  $\Delta P_{ск}$  (аналог ветровой нагрузки). Оно обуславливает метательное действие ударной волны – объект смещается (отбрасывается) ударной волной.

В общем случае основные параметры, характеризующие поражающее действие ударной волны – это избыточное давление во фронте  $\Delta P_{\phi}$  (оно определяет и  $\Delta P_{ск}$ ) и импульс давления  $I$  в фазе сжатия.

Воздействие ударной волны на конструкцию вызывает ее деформацию; разрушение происходит, если величина деформация превышает пороговое значение. При расчете деформации необходимо учитывать соотношение между длительностью фазы сжатия  $\tau_+$  и периодом собственных колебаний конструкции  $T$ . Выделяют три типа отклика (режима нагружения) конструкции на действие ударной волны: статический, импульсный и динамический.

1) Статический тип отклика:  $\tau_+ \gg T$  (рис 1.17). В этом случае величина деформации определяется начальным перепадом давления во фронте волны и поражение пропорционально  $\Delta P_{\phi}$ . Квзистатическое воздействие имеет место при  $\tau_+ \geq 0,5T$ .

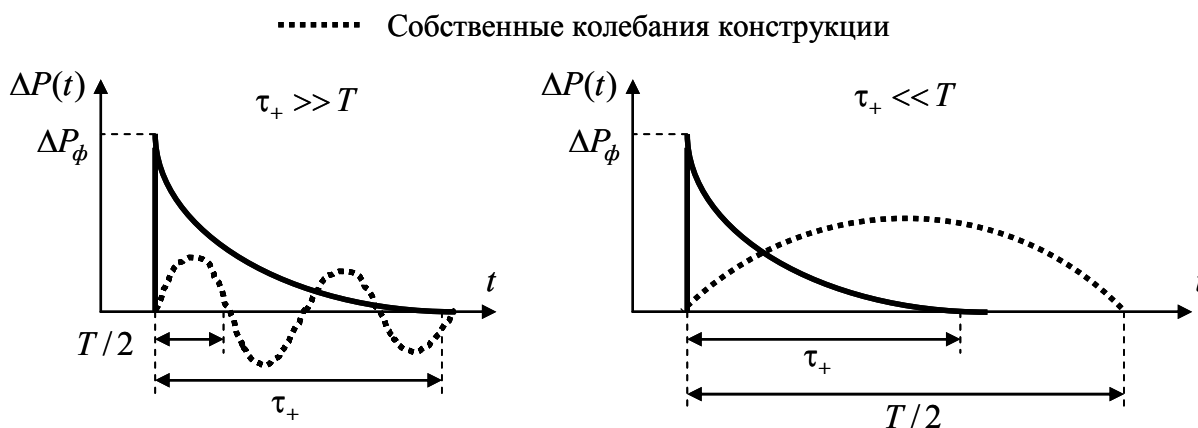


Рис. 1.17. Статический и импульсный типы отклика конструкции на воздействие ВУВ

2) Импульсный тип отклика:  $T \gg \tau_+$ . В этом случае величина деформации нарастает в течение фазы сжатия и поражение пропорционально импульсу давления в фазе сжатия  $I$ . На практике такое воздействие наблюдается при  $\tau_+ \leq 0,5T$ .

3) Динамический тип нагрузки – переходная область от статической к импульсной нагрузке:  $\tau_+ \approx T$ . Деформация зависит от обеих величин: избыточного давления во фронте волны  $\Delta P_\phi$  и импульса  $I$ .

Для различных взрывов длительность фазы сжатия  $\tau_+$  разная, поэтому и типы нагружения одного и того же объект могут отличаться. Например, для элементов зданий типа стен импульсный характер воздействия будет при  $\tau_+ < 2 \cdot 10^{-3}$  с, а статический – при  $\tau_+ > 0,1$  с; для оконных стекол: импульсный – при  $\tau_+ < 5 \cdot 10^{-3}$  с, а статический – при  $\tau_+ > 0,2$  с.

Совокупность параметров ударной волны избыточного давления  $\Delta P_\phi$  и импульса  $I$ , которые позволяют оценить поражение объекта, принято отображать на  $P-I$  - диаграмме (диаграмма поражения) – рис. 1.18.

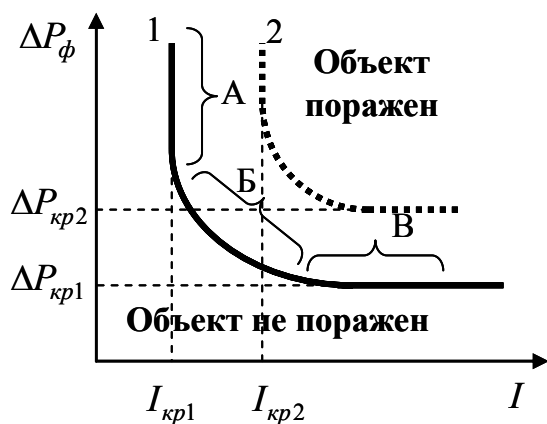


Рис. 1.18. Диаграмма  $P-I$  :

- А – импульсный режим нагрузки;
- Б – динамический; В – статический;
- 1 – слабые разрушения;
- 2 – полные разрушения.

Кривые на диаграмме – это линии равной степени поражения объекта (слабые, средние, сильные, полные разрушения). Если на объект действуют нагрузки (избыточное давление и импульс), отображаемые точкой, расположенной выше кривой, то объект будет поражен. Если точка, отображающая воздействие находится ниже кривой, объект не будет поражен.

При статическом режиме нагружения конструкции ( $\tau_+ \gg T$ )

поражение объекта происходит, если  $\Delta P_\phi > \Delta P_{кр}$  вне зависимости от импульса  $I$ . Причем большей степени поражения соответствует большее значение критического избыточного давления:  $\Delta P_{кр2} > \Delta P_{кр1}$ .

При импульсном режиме нагружения ( $\tau_+ \ll T$ ) поражение определяется импульсом давления, значение критического импульса соответствует степени поражения:  $I_{кр2} > I_{кр1}$ .

Следует отметить, что такие диаграммы справедливы только для рассматриваемого объекта (или определенного типа похожих объектов) и данной степени повреждения.

Для сооружений, техники рассматриваются степени повреждения: полное разрушение, сильные, средние и слабые повреждения, характеристики которых приведены в приложении 2.

**Поражение людей ударной волной.** Поражение людей при взрыве происходит как за счет действия самой ударной волны – прямое действие, так и летящими обломками разрушенных зданий, оборудования, деревьев, осколками разбитых стекол, а также пылью, поднятой ударной волной – косвенное действие УВ (приложение 4).

*Прямое* действие ВУВ – действие избыточного давления и давления скоростного напора. Воздействие избыточного давления на человека воспринимается как удар по всей поверхности тела ( $S_{нов} \approx 2 \text{ м}^2$ ). При этом возможны повреждения внутренних органов, разрыв барабанных перепонки, кровеносных сосудов, сотрясение мозга, переломы и т. п. Действие давления скоростного напора – метательное действие УВ – удар по телу со стороны, обращенной к взрыву. В результате этого человек может быть отброшен на значительное расстояние и травмирован при ударе о различные препятствия и землю.

Поражения при прямом воздействии ВУВ делятся на легкие, средние, тяжелые и крайне тяжелые.

Легкие – при  $\Delta P_\phi = 20...40$  кПа наблюдаются: легкая контузия, временная потеря слуха, ушибы, вывихи. *Безопасным* на открытой местности (прямое воздействие) считается избыточное давление  $\Delta P_\phi = 10$  кПа, в помещениях – 5 кПа, что соответствует разрушению остекления и возможным травмам вследствие этого (косвенное воздействие).

Средние – при  $\Delta P_\phi = 40...60$  кПа – травмы мозга с потерей сознания, повреждения органов слуха, кровотечения из носа и ушей, вывихи и переломы конечностей.

Тяжелые – при  $\Delta P_{\phi} = 60...100$  кПа – сильная контузия, переломы конечностей, разрывы внутренних органов.

Крайне тяжелые – при  $\Delta P_{\phi} > 100$  кПа – как правило, сопровождаются летальным исходом.

Косвенное воздействие ВУВ также может быть очень опасным. Например, при избыточном давлении 30 кПа массовая скорость воздуха за фронтом волны составляет около 60 м/с и двигающиеся с воздухом метеоры могут быть причиной травм, увечий и гибели людей. Данные по последствиям аварийных промышленных взрывов свидетельствуют о том, что поражение персонала и населения происходит, в основном, за счет косвенного воздействия ударной волны.

**Взрыв газовой смеси в атмосфере.** Взрывы смесей горючих газов и паров легко воспламеняющихся жидкостей с воздухом на химических и нефтеперерабатывающих предприятиях, а также в быту часто являются причиной гибели людей, разрушения зданий и производственных объектов.

Облако газо- и паровой смеси (ниже для краткости – газовоздушная смесь – ГВС) может образоваться при разгерметизации емкостей для хранения сжатых или сжиженных горючих газов, при разрывах газо-, нефте-, продуктопроводов, а также в результате испарения разлитых по поверхности легко воспламеняющихся жидкостей. Образование ГВС может происходить в открытой атмосфере, около технологических установок, в помещениях. При наличии источника зажигания определенной энергии происходит воспламенение и взрыв ГВС, который может протекать в режиме дефлаграции (наиболее часто) или детонации.

Важной особенностью газовоздушных смесей является наличие концентрационных пределов воспламенения, т. е. интервала концентрации горючего вещества от нижнего – НКПВ («бедного») до верхнего – ВКПВ («богатого»), в котором возможно самостоятельное распространение пламени от источника зажигания. Для большинства типичных углеводородо-воздушных смесей значения этих пределов составляют 55 % (НКПВ) и 330 % (ВКПВ) от стехиометрической концентрации горючего вещества в смеси. Исключение из наиболее часто встречающихся газов составляют водород, ацетилен, аммиак, сероуглерод.

Стехиометрической называется оптимальная по составу смесь, в которой количество всех компонентов (горючего вещества и воздуха) полностью соответствует реакции взрывного превращения. Стехиометрическому соотношению компонентов смеси соответствуют наиболее высокие параметры взрыва. Недостаток воздуха («богатая» смесь) ведет к неполному сгоранию горючего вещества; избыток воздуха («бедная» смесь), не участвуя в реакции горения, лишь нагревается за счет взрыва, уменьшая тем самым энергию, идущую на ударную волну. Основные характеристики горючих газов и их смесей с воздухом приведены в табл. 1.9.

При взрыве ГВС выделение энергии происходит в объеме десятки – сотни кубических метров, скорость продвижения фронта реакций взрывного горения меньше, а общее время взрыва больше, чем при взрыве конденсированных ВВ. Поэтому давление в ударной волне взрыва ГВС нарастает медленнее, а длительность фазы сжатия больше, чем при взрыве конденсированных ВВ. При взрыве ГВС на образование воздушной ударной волны идет до 40 % энергии взрыва, остальная доля энергии расходуется на нагревание воздуха и продуктов реакции.

Т а б л и ц а 1.9

**Характеристики горючих газов и их смесей с воздухом**

Вещество	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$Q$ , МДж/кг	НКПВ...ВКПВ, % объемные	$c_{ст}$ , % объемные
Ацетилен	1,18	48,2	2,5...81,0	7,41
Бутан	2,67	45,8	1,8...9,1	2,99
Водород	0,089	120,0	4,0...75,0	28,57
Метан	0,72	50,0	5,0...16,0	9,09
Пропан	2,01	46,4	2,1...9,5	3,85
Пропилен	1,88	45,8	2,2...10,3	4,26
Этан	1,36	47,4	2,9...15,0	5,41
Этилен	1,26	47,2	3,0...32,0	6,25

Примечание:  $\rho$  – плотность горючего вещества при нормальных условиях,  $Q$  – удельная теплота сгорания горючего вещества,  $c_{ст}$  – стехиометрическая концентрация горючего вещества.

Данные по энергии ударной волны позволяют провести приближенное сравнение ее поражающего действия для взрывов ГВС и конденсированных ВВ, используя величину *тротилового эквивалента по ударной*



волне. Предполагаем, что разрушения одинаковы при равных энергиях, идущих на образование ударных волн:

$$0,4zGQ = 0,9G_mQ_m, \quad (1.21)$$

где 0,4 и 0,9 – доли энергии взрывов ГВС и конденсированных ВВ соответственно, расходуемых на образование ВУВ;  $G, G_m$  – массы горючего вещества в облаке ГВС и тротила;  $Q, Q_m$  – удельные теплоты сгорания горючего вещества и взрыва тротила;  $z$  – доля горючего вещества в облаке ГВС, участвующей во взрыве: для открытого пространства принимают  $z = 0,1$ , для помещений  $z = 0,3...0,5$ .

Тогда тротильный эквивалент взрыва ГВС по ударной волне:

$$G_m = \frac{0,44zGQ}{Q_m}. \quad (1.22)$$

При оценке поражающего действия ВУВ взрыва ГВС с помощью  $P-I$  - диаграмм расчет избыточного давления и импульса фазы сжатия производят по формулам, полученным на основе данных экспериментов и аварийных взрывов.

Режим взрывного превращения (дефлаграция или детонация) зависит от характеристики окружающего пространства (табл. 1.10), свойств горючего вещества (табл. 1.11) и определяется с помощью экспертной таблицы 1.12.

Т а б л и ц а 1.10

**Классификация окружающего пространства по видам в соответствии со степенью его загроможденности**

Вид	Характеристика окружающего пространства
1	Наличие длинных труб, полостей, каверн, заполненных горючей смесью, при сгорании которой возможно ожидать формирование турбулентных струй продуктов сгорания с размером не менее трех размеров детонационной ячейки данной смеси
2	Сильно загроможденное пространство: наличие полужамкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий
3	Среднезагроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк
4	Слабо загроможденное и свободное пространство

Как следует из приведенных данных, только в загроможденных помещениях, когда образуются завихрения и струи горячей смеси, способствующие ее турбулизации, возможен переход горения некоторых веществ в режим детонации. В свободном пространстве взрыв ГВС протекает в режиме дефлаграции.

Т а б л и ц а 1.11

**Классификация горючих веществ по степени чувствительности к детонации**

Класс горючего вещества	Горючее вещество
1 – особо чувствительные вещества, размер детонационной ячейки менее 2 см	Ацетилен, водород, гидразин, окись этилена, окись пропилена
2 – чувствительные вещества, размер детонационной ячейки 2-10 см	Акролеин, бутан, бутилен, пропан, пропилен, этан, этилен
3 – среднечувствительные вещества, размер детонационной ячейки 10-40 см	Ацетон, бензин, гексан, октан, сероводород, метиловый и этиловый спирты
4 – слабочувствительные вещества, размер детонационной ячейки более 40 см	Аммиак, бензол, дизтопливо, дихлорэтан, керосин, метан, фенол

Т а б л и ц а 1.12

**Экспертная таблица для определения режима взрывного превращения**

Класс горючего вещества	Вид окружающего пространства			
	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

Примечание: режим 1 – детонация, скорость фронта пламени  $v_n \geq 500$  м/с; режим 2 – дефлаграция  $300 \leq v_n < 500$  м/с; режим 3 – дефлаграция  $200 \leq v_n < 300$  м/с; режим 4 – дефлаграция  $150 \leq v_n < 200$  м/с; режим 5 – дефлаграция  $v_n = 43G^{1/6}$  м/с; режим 6 – дефлаграция  $v_n = 26G^{1/6}$  м/с, где  $G$  – масса горючего вещества в облаке ГВС, кг.

При определении параметров взрывной волны: избыточного давления  $\Delta P$  и импульса фазы сжатия  $I$  используется свойство подобия взры-

вов и расчет ведется через безразмерные параметры.

Безразмерные избыточное давление  $\bar{\Delta P}$  и импульс  $\bar{I}$  зависят от безразмерного расстояния  $\bar{R}$  и вычисляются по формулам:

*в случае детонации:*

$$\text{при } 0,2 \leq \bar{R} < 24 \quad \ln \bar{\Delta P} = -1,124 - 1,66 \ln \bar{R} + 0,26 (\ln \bar{R})^2; \quad (1.23a)$$

$$\ln \bar{I} = -3,4217 - 0,898 \ln \bar{R} - 0,0096 (\ln \bar{R})^2; \quad (1.23б)$$

$$\text{при } \bar{R} < 0,2 \quad \bar{\Delta P} = 18; \bar{I} = 0,18; \quad (1.23в)$$

*в случае дефлаграции:*

$$\text{при } \bar{R} > 0,34 \quad \bar{\Delta P} = \left( \frac{v_n}{331} \right)^2 \left( \frac{0,71}{\bar{R}} - \frac{0,12}{\bar{R}^2} \right); \quad (1.24 a)$$

$$\bar{I} = \frac{v_n}{331} \left( 1 - 0,34 \frac{v_n}{331} \right) \left( \frac{0,051}{\bar{R}} + \frac{0,0086}{\bar{R}^2} + \frac{0,0021}{\bar{R}^3} \right); \quad (1.24 б)$$

$$\text{при } \bar{R} \leq 0,34 \quad \bar{\Delta P} = 1,05 \left( \frac{v_n}{331} \right)^2; \bar{I} = 0,28 \frac{v_n}{331} \left( 1 - 0,34 \frac{v_n}{331} \right), \quad (1.24 в)$$

где  $\bar{R} = R \left( \frac{P_0}{W} \right)^{1/3}$ ;  $R$  – расстояние от центра облака до объекта, м;

$P_0 = 1,013 \cdot 10^5$  Па;  $W = GQ$  – энергозапас облака ГВС, Дж (если облако ГВС лежит на земле, величина  $W$  удваивается);  $G$  – масса горючего вещества в облаке ГВС, кг (если величина  $G$  неизвестна, ее определяют по объему облака, принимая концентрацию горючего вещества равной НКПВ);  $Q$  – удельная теплота сгорания горючего вещества, Дж/кг;  $v_n$  – скорость фронта пламени, м/с.

Размерные избыточное давление в ВУВ  $\Delta P$  и импульс фазы сжатия  $I$  рассчитываются с помощью выражений:

$$\Delta P = P_0 \bar{\Delta P}, \quad I = \frac{(P_0^2 W)^{1/3}}{331} \bar{I}, \quad (1.25)$$

где  $\Delta P$  – избыточное давление в ВУВ, Па;  $I$  – импульс фазы сжатия, Па·с.

**Взрыв газозвоздушной и пылевоздушной смесей в помещении.** При воспламенении газозвоздушных и пылевоздушных смесей в помещении взрыв происходит, как правило, в режиме дефлаграции (хотя полно-

стью исключить детонацию нельзя). Развитие взрывного процесса возможно при достижении концентрации горючего вещества НКПВ. Для горючих газов эти данные приведены в табл. 1.9, а для пыли с размером частиц менее 100 мкм рассчитываются с помощью выражения:

$$\text{НКПВ} = 0,8/Q, \quad (1.26)$$

где НКПВ измеряется в кг/м<sup>3</sup>;  $Q$  – удельная теплота взрыва пыли (табл. 1.13), МДж/кг.

Т а б л и ц а 1.13

**Теплота взрыва горючих пылей**

Горючее вещество	$Q$ , МДж/кг
Антрацитовая пыль	32...36
Пыль древесная сосновая	15,4
Пыль древесная еловая	10,5
Пыль торфяная	16,8
Сажа печная	15,7...28,4
Пыль мучная	10,8

Из этих данных видно, что массовая доля горючего вещества в его смеси с воздухом не превышает 1...5 %. Тогда избыточное давление в помещении при взрыве газо- и пылевоздушной смеси может быть определено как результат нагревания воздуха в помещении теплом, которое выделяется при взрыве. Предполагается, что первоначально воздух в помещении находился в нормальных условиях. В изохорном процессе:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_0}{T_0}, \quad P_1 = P_0 + \Delta P, \quad T_1 = T_0 + \Delta T, \quad \text{тогда} \quad \frac{\Delta P}{P_0} = \frac{\Delta T}{T_0}.$$

Повышение температуры  $\Delta T$  воздуха в помещении:  $\Delta T = \frac{\alpha G Q}{c V_0 \rho_0},$

где  $\alpha = 0,5$  – коэффициент, учитывающий долю горючего вещества, участвующего во взрыве;  $c = 1,01 \cdot 10^3$  Дж/(кг·К) – удельная теплоемкость воздуха;  $G$  – масса горючего вещества в облаке газо- и пылевоздушной смеси, кг;  $Q$  – удельная теплота взрыва горючего вещества;  $V_0$  – свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;  $\rho_0 = 1,29$  кг/м<sup>3</sup> – плотность воздуха в нормальных условиях.

Тогда избыточное давление  $\Delta P$  при взрыве в помещении:

$$\Delta P = \frac{\alpha G Q P_0}{\chi c V_0 \rho_0 T_0}, \quad (1.27)$$

где  $\chi$  – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения ( $\chi = 1$  для герметичных помещений,  $\chi = 3$  для помещений с окнами и дверьми в обычном исполнении).

### 1.5.3. Аварии на радиационно опасных объектах

Радиационно опасный объект – объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют радиоактивные вещества, при аварии на котором или его разрушении может произойти облучение ионизирующим излучением или радиоактивное загрязнение людей, сельскохозяйственных животных и растений, объектов народного хозяйства, а также окружающей природной среды.

К радиационно опасным объектам относятся:

- предприятия ядерного топливного цикла – атомные станции электрические, теплоснабжения, предприятия подготовки, переработки и утилизации отработанного ядерного топлива (ОЯТ) – рис. 1.19;
- объекты с ядерными энергетическими установками – корабли и космические аппараты;
- исследовательские ядерные реакторы;
- места хранения ядерных боеприпасов;
- объекты хранения делящихся материалов;
- установки технологические, медицинские, в которых имеются источники ионизирующих излучений (ИИ);
- территории и водоемы, загрязненные (по разным причинам) радионуклидами.



Рис. 1.19. Ядерный топливный цикл  
(в относительных единицах указаны получаемые персоналом дозы)

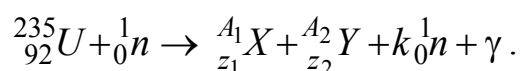
Радиационная авария – авария на радиационно опасном объекте, приводящая к выходу или выбросу радиоактивных веществ и (или) ионизирующих излучений за предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации данного объекта границы в количествах, превышающих установленные пределы безопасности его эксплуатации.

Причины радиационных аварий:

- неисправность оборудования;
- неправильные действия работников (персонала);
- стихийные бедствия;
- терроризм и иные причины.

Наиболее опасны радиационные аварии на атомных станциях, использующихся для получения электроэнергии или для горячего водоснабжения и имеющих в своем составе 2...4 ядерных реактора. В ядерных реакторах АЭС в процессе их работы накапливается большое количество радиоактивных веществ (РВ).

**Источники ионизирующих излучений.** Источник энергии на АЭС – реакция деления ядер  $U-235$  под действием медленных нейтронов, ее энергетический выход около 200 МэВ:



Исходное ядерное топливо –  ${}_{92}^{238}U$  ( $T_{1/2} \approx 4,5 \cdot 10^9$  лет), обогащенный до 4-5 %  ${}_{92}^{235}U$  ( $T_{1/2} \approx 7,1 \cdot 10^8$  лет). При делении ядер урана образуется свыше 150 видов осколков  $X, Y$ . Наиболее вероятно появление неодинаковых – “тяжелых” и “легких” осколков, массы которых относятся как 2 : 3

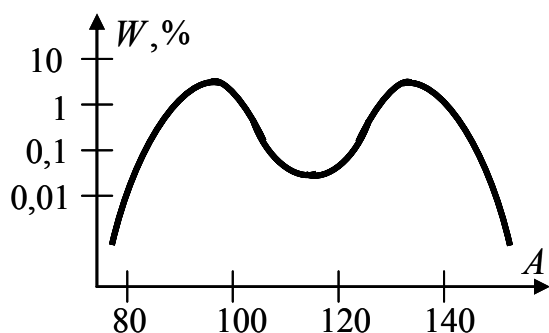
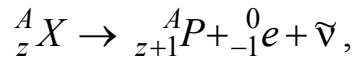


Рис. 1.20. Распределение осколков деления по массовым числам  $A$

– рис. 1.20, где по вертикальной оси отложена вероятность  $W$  появления осколков.

Осколки деления перегружены нейтронами и радиоактивны, ядра переходят в стабильное состояние, претерпевая последовательно несколько бета-распадов:



где  ${}^0_{-1} e$  - бета-частица;  $\bar{\nu}$  - антинейтрино.

Образующиеся в результате бета-распада ядра находятся в возбужденном состоянии, переход их в основное состояние сопровождается испусканием гамма-излучения (называемого осколочным) с энергией до нескольких мегаэлектронвольт. Схема распада определяет энергию сопутствующего осколочного гамма-излучения.

Радиоактивный распад описывается законом:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 2^{-t/T_{1/2}}, \quad (1.28)$$

где  $N_0$  – начальное количество ядер (при  $t = 0$ );  $\lambda$  – постоянная распада,  $\text{с}^{-1}$ ;  $T_{1/2}$  – период полураспада – время, за которое распадается половина начального количества ядер,  $\text{с}$ ,  $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda$ .

Период полураспада различных ядер – продуктов деления урана составляет от единиц секунд до сотен тысяч лет, например, криптон  ${}^{94}\text{Kr}$  –  $T_{1/2} = 1,4$  с; йод  ${}^{131}\text{I}$  –  $T_{1/2} = 8,1$  суток; цезий  ${}^{135}\text{Cs}$  –  $T_{1/2} = 3 \cdot 10^6$  лет.

Схема распада и период полураспада являются характеристиками данного радиоактивного ядра.

Таким образом, при работе реактора исходное ядерное топливо превращается в практически равное по массе радиоактивное отработанное ядерное топливо (ОЯТ).

Радиоактивный источник – определенная масса радиоактивного вещества характеризуется активностью. Это совокупная характеристика, учитывающая особенности ядра (постоянная распада  $\lambda$ ) и количество ядер ( $N$ ), т. е. их массу.

*Активность*  $A$  источника – это число распадов ядер источника в единицу времени:

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N. \quad (1.29)$$

Единица активности – беккерель (Бк):  $1 \text{ Бк} = 1 \text{ с}^{-1}$ . Внесистемная единица – кюри (Ки),  $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ .

Вследствие распада активность источника с течением времени

уменьшается:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 2^{-t/T_{1/2}}, \quad (1.30)$$

где  $A_0 = \lambda N_0$  – начальная активность.

Для оценки степени загрязнения радионуклидами массы вещества, объема или поверхности используют соответственно величины: активность удельная  $A_m$ , Бк/кг; активность объемная  $A_V$ , Бк/м<sup>3</sup>; активность поверхностная  $A_s$ , Бк/м<sup>2</sup>:

$$\left. \begin{aligned} A_m &= A/m; \\ A_V &= A/V; \\ A_s &= A/S, \end{aligned} \right\} \quad (1.31)$$

где  $m$  и  $V$  – масса и объем вещества, в котором находятся радионуклиды активностью  $A$ ;  $S$  – площадь поверхности, загрязненной радионуклидами активностью  $A$ .

**Основные дозиметрические характеристики ионизирующих излучений.** При прохождении ионизирующего излучения через вещество часть энергии излучения передается веществу в процессах ионизации и возбуждения атомов и молекул, а также ядерных превращений. Специфика воздействия ИИ на вещество и биологическую ткань потребовала введения нескольких характеристик, описывающих этот процесс.

*Поглощенная доза* излучения  $D$  – это энергия ионизирующего излучения, переданная единице массы вещества:

$$D = \frac{dE}{dm}, \quad (1.32)$$

где  $dE$  – энергия излучения, переданная массе  $dm$  вещества.

Единица измерения поглощенной дозы в СИ – грей (Гр): 1 Гр=1 Дж/кг. Внесистемная единица – рад, 1 Гр=100 рад.

Поглощенная доза используется для оценки воздействия ионизирующих излучений на материалы, биологическую ткань.

*Экспозиционная доза* фотонного излучения  $X$  определяется для взаимодействия гамма- и рентгеновского излучения с воздухом. Экспозиционная доза характеризует заряд одного знака, образующийся в единице массы воздуха при его ионизации:



$$X = \frac{dQ}{dm}, \quad (1.33)$$

где  $dQ$  – заряд одного знака, образующийся при ионизации массы  $dm$  воздуха, Кл;  $dm$  – масса воздуха, кг. Внесистемная единица – рентген (Р). Экспозиционной дозе в 1 Р соответствует поглощенная доза приблизительно в 1 рад (0,01 Гр). Использование экспозиционной дозы в настоящее время не рекомендуется, но она встречается в ранее изданной литературе по дозиметрии.

*Эквивалентная доза* излучения  $H$  используется для оценки биологического воздействия различных видов ИИ при длительном облучении малыми дозами. Оказывается, что при одинаковой поглощенной дозе различных видов ионизирующих излучений (альфа-частицы, бета-частицы, гамма-излучение, протоны, нейтроны) повреждение органов или тканей организма различно. Опаснее те виды излучений, при которых выше плотность ионизации атомов и молекул на единице длины пробега ИИ, т. е. альфа-частицы, протоны, нейтроны.

Эквивалентная доза равна произведению поглощенной дозы рассматриваемого излучения в органе или ткани на безразмерный взвешивающий коэффициент  $k$  для данного вида излучения:

$$H = D \cdot k. \quad (1.34)$$

Взвешивающий коэффициент  $k$  называют коэффициентом качества излучения. Измеряется эквивалентная доза в зивертах (Зв), внесистемная единица – бэр (биологический эквивалент рада), 1 Зв=100 бэр.

Средние значения коэффициента качества излучения  $k$  :

$k = 1$  – для рентгеновского, гамма- и бета- излучений;

$k = 5$  – для протонов с энергией  $E > 2$  МэВ;

$k = 5 \dots 20$  – для нейтронов различной энергии;

$k = 20$  – для альфа-частиц и тяжелых ядер.

*Эффективная эквивалентная доза*  $E$  учитывает чувствительность разных органов и тканей организма человека к воздействию ИИ и используется при оценке риска возникновения отдаленных последствий облучения (стохастические эффекты) всего тела или отдельных органов. Она позволяет сравнивать риск облучения вне зависимости от того, облучается все тело равномерно или неравномерно.

Эффективная эквивалентная доза равна сумме произведений эквивалентных доз облучения  $H_i$  отдельных органов на соответствующие безразмерные взвешивающие коэффициенты их радиочувствительности  $w_i$ :

$$E = \sum_{(i)} H_i w_i \quad (1.35)$$

Единица измерения эффективной эквивалентной дозы – зиверт (Зв).

Взвешивающие коэффициенты  $w_i$  радиочувствительности определены для 12 видов органов и тканей тела человека:

– гонады	0,20;
– красный костный мозг	0,12;
– толстый кишечник	0,12;
– легкие	0,12;
– желудок	0,12;
– мочевого пузыря	0,05;
– грудная железа	0,05;
– печень	0,05;
– пищевод	0,05;
– щитовидная железа	0,05;
– кожа	0,01;
– клетки костных поверхностей	0,01;
– остальное	0,05.

Сумма коэффициентов равна единице и соответствует облучению всего тела человека.

Введенные выше три дозы: поглощенная, эквивалентная и эффективная эквивалентная описывают индивидуальное воздействие ИИ на человека. Для оценки коллективного риска возникновения стохастических эффектов от действия малых доз облучения на большие группы людей (сотни тысяч человек) служит эффективная коллективная доза.

*Эффективная коллективная* доза  $S$  равна сумме индивидуальных эффективных доз облучения  $N$  человек:

$$S = \sum_{i=1}^{i=N} E_i . \quad (1.36)$$

Эффективная коллективная доза измеряется в человеко-зивертах (чел.-Зв) с указанием количества облученных.

Скорость набора дозы облучения характеризуется мощностью дозы (поглощенной, экспозиционной, эквивалентной):

$$P = \dot{D} = \frac{dD}{dt}. \quad (1.37)$$

**Действие ионизирующих излучений на человека.** В процессе воздействия ИИ на живые организмы можно выделить четыре стадии (табл. 1.14). На стадии физических процессов образуются ионизированные атомы и молекулы, случайным образом распределенные в биологическом веществе, поскольку вероятность взаимодействия ИИ с тем или иным атомом биологических молекул одинакова.

Т а б л и ц а 1.14

**Стадии воздействия ИИ на живые организмы**

Стадии	Процессы	Продолжительность стадии
Физическая	Поглощение энергии излучения. Образование ионизированных атомов и молекул.	$10^{-16} \dots 10^{-15}$ с
Физико-химическая	Перераспределение поглощенной энергии внутри молекул и между молекулами. Образование свободных радикалов.	$10^{-14} \dots 10^{-11}$ с
Химическая	Реакции между свободными радикалами, между радикалами и неактивированными молекулами. Образование широкого спектра молекул с измененными структурой и функциональными свойствами.	$10^{-6} \dots 10^{-3}$ с
Биологическая	Последовательное развитие поражения на всех уровнях биологической организации – от субклеточного до организменного. Активация процессов биологического усиления и репарации повреждений.	Секунды – годы

На стадии физико-химических процессов поглощенная энергия перераспределяется между отдельными биологическими макромолекулами, что сопровождается разрывом наименее прочных химических связей. К окончанию этой стадии вместо случайных разрывов связей таковые обнаруживаются преимущественно в определенных структурах.

В течение химической стадии образовавшиеся свободные радикалы вступают в химические реакции между собой, с другими молекулами, в ре-

зультате чего появляется много новых химических соединений, в том числе и токсического действия – радиотоксинов.

Для этих стадий, называемых первичными, выделяют прямое и косвенное действие ионизирующих излучений.

*Прямое* действие ионизирующего излучения – поглощение энергии излучения самими биологическими макромолекулами.

*Косвенное* воздействие ионизирующего излучения обусловлено поглощением излучения водой, составляющей около 75 % массы тела человека. Происходит радиолиз молекул воды с образованием высокоактивных в химическом отношении свободных радикалов ОН, а затем – перекисных соединений:  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{HO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_3$  и др., которые вступают в окислительные реакции с биологическими макромолекулами.

Последняя стадия – биологическая протекает специфически в разных живых организмах. На этой стадии сказываются изменения всех биологических процессов, происходящих в клетках – от уровня самой клетки до организма в целом.

Клетки представляют собой основные ячейки жизни. Клетка окружена клеточной оболочкой, внутри которой находятся цитоплазма и более плотное ядро клетки. Цитоплазма – органические соединения белкового характера – образует пространственную решетку, заполненную липидами (относительно малые молекулы, по свойствам подобные жирам) и водой с растворенными в ней солями. Ядро содержит хромосомы, составленные из молекул дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) – носителя наследственной информации организма. Отдельные участки ДНК, отвечающие за формирование определенного признака, называются генами.

В живой клетке постоянно осуществляется обмен веществ с внешней средой, между отдельными внутриклеточными структурами, происходит деление клетки. При облучении клетки изменяется и весь ход обменных процессов в ней, но наиболее биологически значимыми являются изменения ДНК, ведущие к изменению хромосом (хромосомные aberrации) и генного аппарата. В ответ на первичные повреждения в клетке активизируются процессы устранения возникших повреждений в молекулах ДНК. Чтобы структура ДНК не восстановилась после облучения необходимо произвести около 7 ее разрушений. Таким образом, закрепится или нет

хромосомная aberrация, зависит от соотношения эффективностей процессов появления и устранения повреждений ДНК. Если к моменту деления клетки повреждения в ней не устраняются, то образуется дочерняя клетка, отличающаяся от исходной.

При облучении человека элементарные процессы, протекающие в клетках, на уровне организма в целом приводят к эффектам, которые можно разделить по объекту проявления – на соматические и генетические, а по связи эффекта с дозой облучения – на детерминированные (нестохастические) и стохастические (табл. 1.15).

Т а б л и ц а 1.15

### Последствия облучения людей

Радиационные эффекты облучения людей		
Соматические (нестохастические)	Соматико- стохастические	Генетические
<p>Острая лучевая болезнь: – легкая <math>H=1-2</math> Зв; – средняя <math>H=2-4</math> Зв; – тяжелая <math>H=4-6</math> Зв; – крайне тяжелая <math>H&gt;6</math> Зв.</p> <p>Хроническая лучевая болезнь</p> <p>Локальные лучевые поражения</p>	<p>Сокращение продолжительности жизни</p> <p>Лейкозы (злокачественные изменения кроветворяющих клеток)</p> <p>Опухоли разных органов и клеток</p>	<p>Доминантные генные мутации (изменения в пределах одного гена, проявляющиеся в первом поколении)</p> <p>Рецессивные генные мутации (нарушение взаимоотношения генов, проявляется при повреждении одного и того же гена у обоих родителей)</p> <p>Хромосомные aberrации (искажение хромосомного набора)</p>

Соматические (телесные) эффекты проявляются непосредственно в облученном организме. Они могут быть детерминированными (нестохастическими) и стохастическими.

Соматические нестохастические (или просто соматические) эффекты проявляются в течение промежутка времени от нескольких минут до одного-двух месяцев после облучения при воздействии относительно больших доз на все тело или отдельные органы. К ним относят лучевую болезнь, лучевой ожог, нарушение иммунитета и кроветворения, катаракту глаза и др. Соматические эффекты проявляются тем быстрее и сильнее, чем больше величины дозы и мощности дозы и для их возникновения существует *дозовый “порог”*, т. е. при дозах ниже определенного значения они не про-

являются, а при превышении “порога” возникают почти со 100 %-й вероятностью. Значения некоторых дозовых “порогов”:

- первичная лучевая реакция (тошнота, рвота) 1,5 Зв;
- острая лучевая болезнь 1 Зв;
- кратковременная стерилизация 1 Зв;
- эритема (ожог кожи) 4 Зв;
- эпиляция 5 Зв.

Наблюдения за персоналом и населением, подвергавшимся воздействию повышенных доз облучения, показали, что длительное облучение взрослого практически здорового человека при дозах до 50 мЗв в год не вызывает вредных соматических изменений (для сравнения: годовая доза облучения от естественного фона 0,7...2 мЗв).

Свойственная людям индивидуальная изменчивость проявляется в их чувствительности к облучению. На рис.

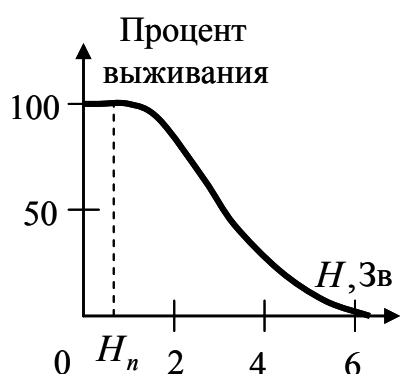


Рис.1.21. Зависимость доза-эффект для соматических эффектов

1.21 представлена зависимость выживаемости при лучевой болезни после однократного облучения,  $H_n$  – пороговая доза. Из этих данных видно, что различия индивидуальной чувствительности весьма велики: при дозе облучения  $\sim 2$  Зв погибает до 20 % облученных, остальные выживают. Такой же S-образный вид с пороговым значением дозы имеет зависимость доза – эффект и для других соматических последствий.

Соматико-стохастические (соматические стохастические) – это отдаленные соматические эффекты, проявляющиеся с некоторой вероятностью только через несколько месяцев или лет после облучения. При остром однократном облучении наиболее типичными отдаленными последствиями являются стойкие изменения кожи и увеличение частоты катаракт. В области малых доз (менее 0,05...0,1 Зв в год) наблюдается только один отдаленный эффект – увеличение частоты злокачественных образований. Эти эффекты являются вероятностными: с увеличением дозы возрастает не тяжесть поражения, а лишь вероятность его появления, т. е. риск. Сам эффект – появление опухоли – всегда один и тот же. Зависимость доза-

эффект для стохастических последствий – прямо пропорциональная и беспороговая (рис. 1.22). Отсутствие “порога” дозы означает, что не существует абсолютно безвредного облучения,

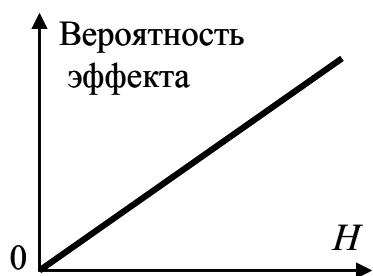


Рис.1.22. Зависимость доза-эффект для стохастических эффектов

снижение дозы ведет только к уменьшению риска, но полностью его не устраняет.

Генетические эффекты воздействия радиации на человека проявляются только в последующих поколениях. Они носят стохастический характер и представляют собой те или иные повреждения на генном уровне, аналогично наследственным повреждениям.

Описано около 1500 их разновидностей. От тяжелых наследственных генетических заболеваний страдает примерно до 3 % населения земного шара, поэтому возникают большие трудности в определении причины генных повреждений: результат ли это действия радиации, врожденные ли повреждения, или причина какая-то иная. В этом случае облучение может вызвать возрастание частоты генетических нарушений по сравнению с естественной.

Генетические эффекты так же, как и соматико-стохастические мало зависят от мощности дозы и определяются суммарной накопленной дозой. Эти эффекты проявляются при оценке ущерба в результате действия малых доз облучения на большие группы людей (сотни тысяч человек), определяются они эффективной коллективной дозой. Выявление эффекта у отдельного индивидуума практически невозможно.

Биологические последствия действия ионизирующих излучений зависят от ряда факторов, основными из которых являются:

- величина дозы и мощности дозы;
- продолжительность облучения;
- характер облучения (внешнее или внутреннее).

Доза облучения – основная характеристика, от которой зависят последствия воздействия ИИ; тяжесть лучевого поражения увеличивается с ростом дозы. Приблизительно диапазону эквивалентных доз облучения всего тела человека можно сопоставить следующие последствия.

Доза 0...0,05 Зв – соматические и генетические эффекты отсутству-

ют (частота появления стохастических эффектов – соматических и генетических – ниже естественной).

Доза 0,05...0,5 Зв – незначительно выраженные соматические эффекты, стохастические – на уровне естественных.

Доза 0,5...1,5 Зв – выраженные соматические эффекты, легкая степень лучевой болезни, частота соматико-стохастических и генетических эффектов заметно превышает естественную.

Доза 1,5...3,0 Зв – выраженная лучевая болезнь, в конце диапазона высокая вероятность летального исхода.

Продолжительность облучения, как для больших, так и для малых доз влияет на последствия воздействия ионизирующих излучений. Это обусловлено тем, что при любом нарушающем воздействии в организме человека протекают восстанавливающие процессы. Поэтому все эффекты выражены тем слабее, чем больше время, в течение которого была получена одна и та же доза или, как говорят, чем более дробно она получена. В зависимости от продолжительности облучения различают однократное, многократное и хроническое облучения.

Однократным называется облучение, если его продолжительность не превышает четырех суток. За это время действие восстановительных механизмов в организме еще не успевает проявиться и эффект воздействия одной и той же дозы будет одинаковым, независимо от того, получена она в течение секунды, минуты, часа или дробно в течение четырех суток.

Многократным называется облучение в течение промежутка времени более четырех суток. В этом случае становится заметным результат протекания восстановительных процессов, которые частично ликвидируют последствия воздействия ИИ. Так, при небольших дозах со временем компенсируется до 90 % последствий набранной однократной дозы – это обратимая часть поражения. Оставшиеся 10 % (в различных случаях до 40 %) представляют необратимые поражения. Этим объясняется то, что допустимые дозы многократного облучения выше, чем для однократного облучения при одном и том же биологическом эффекте.

Хроническим называется облучение малыми дозами в течение длительного времени – до десятков лет. При хроническом облучении обычно определяют (рассчитывают) годовую дозу.



Характер облучения – внешнее или внутренне связан с расположением источника ионизирующего излучения – радиоактивных веществ вне или внутри организма человека.

Облучение называется *внешним*, если радиоактивные вещества находятся вне организма. Внешнее облучение обусловлено, в основном, излучениями, имеющими большую проникающую способность – гамма- и нейтронным излучениями, в меньшей степени – бета-излучением. Альфа-излучение полностью, а бета-излучение в значительной степени задерживаются воздухом, одеждой и поверхностным слоем кожи, поэтому особой опасности не представляют. Исключение составляет воздействие бета-частиц на глаза.

Внешнее облучение может быть *общим* – когда облучению подвергается все тело человека, и *локальным* (местным) – когда облучается только какая-то часть тела.

Эффект внешнего облучения зависит от величины эффективной дозы, мощности дозы, а также от того, какая часть тела человека подверглась облучению.

*Внутреннее* облучение происходит при попадании радиоактивных веществ внутрь организма. Обычно рассматриваются три пути поступления радионуклидов в организм человека:

- через органы дыхания (ингаляционный);
- через желудочно-кишечный тракт (пероральный);
- через кожу (кожно – резорбтивный).

Этими путями радионуклиды сначала попадают в кровь, а затем током крови разносятся по всему телу.

Сразу же после радиационной аварии наиболее вероятным и опасным является ингаляционное поступление радиоактивных веществ в организм человека. Это обусловлено, во-первых, большим объемом воздуха, проходящего через легкие (порядка  $100 \text{ м}^3$  в сутки) и, во-вторых, высокой степенью оседания мелких частиц аэрозоля в легких. При диаметре частиц более 1 мкм в легких задерживается около 20 % вдыхаемого аэрозоля, при размере частиц менее 1 мкм эта доля возрастает до 90 %. При употреблении загрязненной радиоактивными веществами воды и пищи в организме задерживается 4...10 % массы радионуклидов. Через неповрежденную ко-

жу в организм попадает и задерживается в 200...300 раз меньше РВ, чем через желудочно-кишечный тракт.

Внутреннее облучение продолжается до тех пор, пока находящиеся внутри организма РВ не распадутся или не будут выведены из него биологическим путем. Скорость первого процесса характеризуется периодом полураспада  $T_{1/2}$ . Скорость биологического выведения радионуклидов из организма зависит от химических свойств соединений, содержащих радионуклиды и вида тех тканей организма, в которых они фиксируются. Она оценивается периодом полувыведения биологическим  $T_b$  - временем, в течение которого из организма выводится половина находящегося в нем радиоактивного вещества.

Совместное действие обоих факторов (радиоактивный распад и биологическое выведение), способствующих снижению содержания РВ в организме, оценивается с помощью эффективного периода полувыведения  $T_{эф}$ :

$$T_{эф} = \frac{T_{1/2}T_b}{T_{1/2} + T_b}. \quad (1.38)$$

При одних и тех же количествах радионуклидов внутреннее облучение значительно опаснее внешнего. Это обусловлено следующими причинами.

Во-первых, резко увеличивается время облучения тканей организма. При внутреннем облучении это – время нахождения РВ в организме (сутки – годы в зависимости от вида радионуклида). При внешнем облучении – это время пребывания человека в зоне загрязнения, которое при вахтовом методе работы составляет часы или сутки.

Во-вторых, находясь внутри биологической ткани, радионуклид облучает ее в телесном угле  $4\pi$ , при внешнем облучении человека этот телесный угол очень мал.

В третьих, при внутреннем облучении радионуклиды находятся в непосредственном контакте с биологической тканью внутренних органов, в которой полностью поглощается энергия альфа- и бета-излучений. При внешнем облучении эти виды ИИ задерживаются воздухом, одеждой, роговым слоем кожи.

И наконец, в четвертых, избирательное накопление радионуклидов в отдельных органах приводит к более сильному локальному облучению этих органов.

Опасность внутреннего облучения от поступления в организм того или иного нуклида зависит от вида ИИ, доли нуклида, попавшего в ткани и органы, от общего поступления его в организм, от соотношения  $T_{\bar{\sigma}}$  и  $T_{1/2}$ .

Доля нуклида, попавшего в ткани и органы, может меняться в широких пределах – от 0,01 до 100 % от его поступления в организм.

Биологические периоды полувыведения нуклидов из критических органов и тканей составляют от десятков суток ( ${}^3_1\text{H}$ ,  ${}^{14}_6\text{C}$ ,  ${}^{24}_{11}\text{Na}$ ) до практически бесконечности – полное усвоение ( ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ ,  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ ,  ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ ). Важно соотношение периодов полураспада и биологического полувыведения. Малый период полураспада в сочетании с большим периодом полувыведения обуславливает высокую скорость поражающего действия нуклида.

В целом, опаснее альфа-активные нуклиды, имеющие малый период полураспада, большой период полувыведения, в значительной степени задерживающиеся в критически важных органах. В качестве такого примера можно привести альфа-активный нуклид  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ , для которого  $T_{1/2} = 138,4$  суток,  $T_{\bar{\sigma}} \approx 50$  суток. Накопление нуклида от поступления в организм: 0,13 – в почках, 0,22 – в печени, 0,07 – в селезенке, 0,08 – в костях. Через один месяц после однократного поступления в кровь  $3,7 \cdot 10^4$  Бк (1 мкКи) нуклида доза облучения почек и селезенки составляет около 150 мЗв. Для дозы 15 Зв необходимо поступление нуклида активностью  $3,7 \cdot 10^6$  Бк – т. е. всего  $2,2 \cdot 10^{-8}$  г чистого полония.

**Фоновое облучение человека.** Источники фонового облучения человека – это космическое излучение, а также естественные и искусственные радиоактивные вещества, содержащиеся в теле человека и окружающей среде. Оно считается важным фактором мутагенеза, необходимого для эволюции живых организмов.

Космическое излучение подразделяют на галактическое и солнечное, обусловленное солнечными вспышками. Состоит оно в основном из протонов с энергией до  $10^{13}$  МэВ (около 90 %), альфа – частиц и более тяжелых ядер. Взаимодействуя с атмосферой Земли на высотах более 20 км,

образует вторичное излучение, достигающее земной поверхности. Дозовые характеристики космического излучения очень сильно зависят от высоты (табл. 1.16). Годовая доза космического излучения составляет около 0,3 мЗв на уровне моря.

В окружающей среде находится более 60 радионуклидов естественного происхождения: нуклиды семейств урана и тория и нуклиды, образующиеся в атмосфере при взаимодействии протонов и нейтронов с ядрами азота, кислорода, аргона ( ${}^3_1\text{H}$ ,  ${}^{14}_6\text{C}$ ,  ${}^7_4\text{Be}$ ,  ${}^{22}_{11}\text{Na}$  и др.). Эти нуклиды являются источниками внешнего гамма-облучения человека и внутреннего – за счет попадания в организм с воздухом, водой и пищей. Интенсивность внешнего облучения меняется в широких пределах: от  $10^{-8}$  до  $10^{-4}$  Гр/ч для различных районов на материках. Среднепопуляционная мощность дозы для населения всего земного шара принята равной  $4,5 \cdot 10^{-8}$  Гр/ч (доза за год 0,4 мГр). Мощность дозы в кирпичных, бетонных, каменных зданиях в среднем в 2-3 выше, чем на открытой местности и в деревянных домах вследствие концентрации радионуклидов в строительных материалах.

Т а б л и ц а 1.16

**Средние мощности поглощенной и эквивалентной дозы космического излучения**

Высота, км	$\dot{D}$ , мкГр/ч	$\dot{H}$ , мкЗв/ч
0	0,032	0,035
6	0,33	0,51
10	1,75	2,88
16	5,92	9,70
20	8,72	12,75

Годовая эффективная эквивалентная доза внутреннего облучения различных органов и тканей человека в районах с нормальным радиационным фоном составляет около 1,5 мЗв. Следовательно, в общем годовом облучении человека 2,2 мЗв от природных источников 2/3 этой дозы (~1,5 мЗв) приходится на внутреннее облучение и 1/3 дозы (~0,7 мЗв) – на внешнее. Приведенное соотношение может существенно меняться в зависимости от высоты над уровнем моря района проживания и уровня природной радиоактивности.

В искусственную составляющую фонового облучения включают облучение от радиоактивных выпадений ядерных взрывов и облучение, связанное с техногенной деятельностью – выбросы предприятий ядерного топливного цикла при их нормальной работе, зольные отходы тепловых электростанций, использование минеральных удобрений, строительных материалов.

Значительную часть в облучение населения от искусственных источников вносят медицинские процедуры: изотопная и рентгеновская диагностика, радиотерапия. В развитых странах этот вид облучения – второй по значимости после естественного облучения.

В среднем для населения суммарная доза распределена по источникам облучения следующим образом: естественные источники – 70 %, медицинские процедуры – 29 %, проведенные испытания ядерного оружия – 0,3 %, профессиональное облучение – 0,06 %, атомная энергетика – 0,006 %.

**Допустимые уровни облучения.** В целях предупреждения соматических и сведения к минимуму соматико-стохастических и генетических последствий производится ограничение дозы внешнего и внутреннего облучения персонала и всего населения при применении, хранении и транспортировке радиоактивных веществ, при использовании ядерных реакторов, ускорителей заряженных частиц и других источников ионизирующих излучений. Все страны, использующие атомную энергию, имеют национальные нормы и правила радиационной безопасности, основанные на рекомендациях Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). В России действуют «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)» и «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)». Эти документы устанавливают пределы техногенного облучения (на которое можно влиять при планировании хозяйственной деятельности) и не рассматривают дозы от природного и медицинского облучения, а также дозы вследствие радиационных аварий.

Исходя из условий контакта с источниками ионизирующих излучений, выделяются три группы облучаемых лиц:

– персонал (профессиональные работники) – лица, которые постоянно или временно работают с источниками ИИ – категория А;

– ограниченная часть населения – проживающие в зоне наблюдения, непосредственно не работающие с источниками ИИ, но по условиям проживания, профессиональной деятельности могут подвергаться воздействию источников ИИ или отходов – категория Б;

– население – население области, республики, страны – категория В.

Для этих категорий устанавливаются контрольные уровни внешнего и внутреннего облучения, на основании которых планируются мероприятия радиационной защиты. Пределы облучения в целом устанавливаются исходя из требования того, чтобы при равномерном воздействии ионизирующих излучений в течение профессиональной деятельности (50 лет) и жизни (70 лет) в состоянии здоровья людей не было изменений, обнаруживаемых современными средствами (табл. 1.17).

Т а б л и ц а 1.17

**Основные пределы доз**

Нормируемая величина	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год:		
- в хрусталике глаза	150 мЗв	15 мЗв
- в коже	500 мЗв	50 мЗв
- в кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Примечание: 1. Допускается одновременное облучение до указанных пределов по всем нормируемым величинам.

2. Основные пределы для персонала группы Б равны 1/4 значений для персонала группы А.

3. Пределы доз учитывают поступления от источников внешнего и внутреннего облучения.

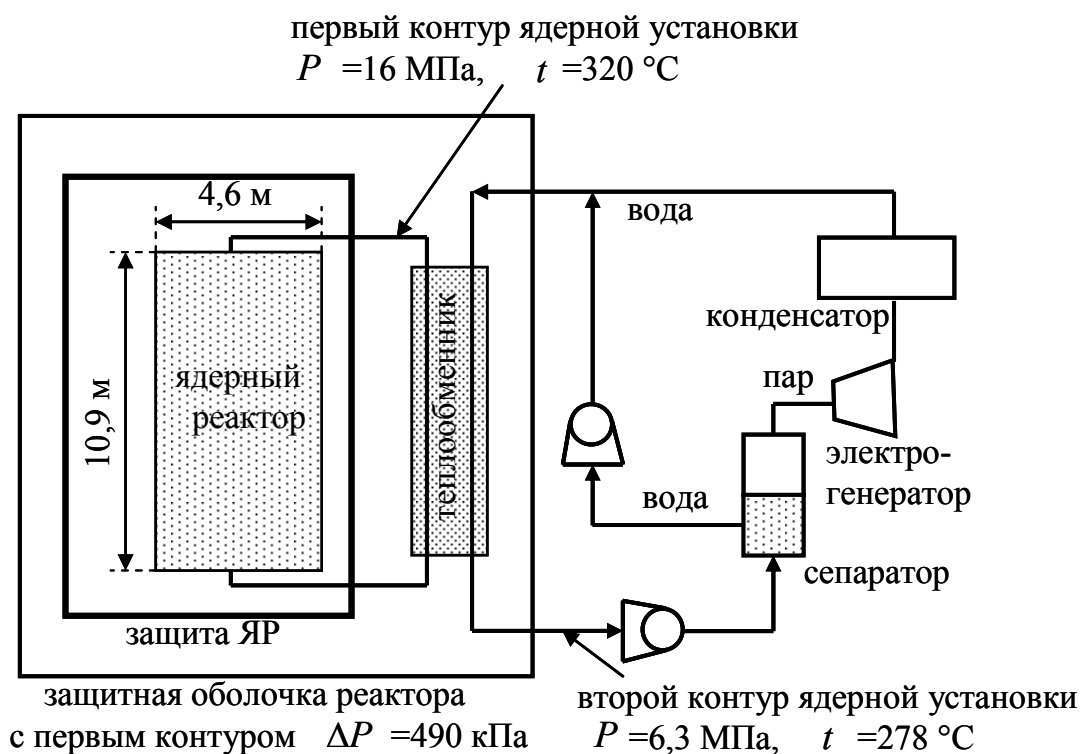
Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности 50 лет 1000 мЗв (десятикратное превышение дозы естественного облучения), а для населения 70 мЗв за 70 лет жизни (половина дозы естественного облучения).

Дополнительные ограничения облучения вводят для женщин и учащихся.

Для гарантированного непревышения пределов доз облучения насе-



В одноконтурном реакторе электрической мощностью 1000 МВт РБМК-1000 замедлителем нейтронов является графит, теплоносителем – вода, омывающая тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) и частично превращающаяся в пар, идущий на турбины. Реактор располагается в бетонной шахте.



#### Технические данные реактора

Корпус реактора выполнен из нержавеющей стали толщиной 200 мм. В реакторе находится 151 тепловыделяющая сборка, в каждой 264 ТВЭЛ, всего 80 т обогащенного урана. Тепловая мощность реактора 3200 МВт.

Рис. 1.24. Схема ядерной энергетической установки типа ВВЭР - 1000

Реакторы типа ВВЭР – двухконтурные, корпусного типа, замедлитель нейтронов и теплоноситель – вода под давлением. Вода первого контура поступает в теплообменник, производящий пар для работы турбин. Реактор размещается в бетонной шахте. С точки зрения обеспечения безопасности при эксплуатации более совершенными являются двухконтурные реакторы типа ВВЭР.

Конструкция реакторов на быстрых нейтронах такова, что тепловой взрыв на них невозможен, поэтому они как потенциальные источники ра-



диационной опасности не рассматриваются.

Основную радиационную опасность при эксплуатации ядерных реакторов представляют осколки деления ядер урана. В ядерном реакторе цепная реакция деления и накопление радиоактивных осколков идет в твэлах. При нормальной работе ядерного реактора температура стенок твэла составляет около 800 °С (внутри твэла – до 2500 °С), вода на выходе из реактора нагревается до 285...320 °С, частично превращаясь в пар давлением 7...16 МПа в зависимости от типа ядерного реактора.

В оболочках твэлов при изготовлении или эксплуатации в тяжелых температурных и радиационных условиях образуются трещины (дефекты), через которые происходит утечка радиоактивных продуктов деления в теплоноситель. При нормальной работе реактора допускается наличие в активной зоне определенного количества твэлов с микродефектами оболочек (происходит утечка газообразных продуктов деления) и макродефектами оболочек (топливо контактирует с теплоносителем). Например, для ВВЭР это 1 % и 0,1 % соответственно. Помимо продуктов деления в теплоносителе имеются радионуклиды, образующиеся при активации воды и продуктов коррозии поверхности активной зоны нейтронами. Большая часть радионуклидов выводится из теплоносителя системой очистки, незначительная оставшаяся часть – газообразные и аэрозольные отходы (радиоактивные благородные газы, тритий, йод и др.) удаляются в атмосферу через вентиляционную трубу высотой 100...150 м, а жидкие – в гидросферу. Твердые отходы собираются и хранятся на площадке АЭС, а затем направляются на захоронение.

Значительный выход РВ из твэлов возможен при сильном повреждении их оболочек и расплавлении ядерного топлива. Перегрев топлива происходит лишь в том случае, если интенсивность тепловыделения в твэле превышает скорость отвода тепла.

Необходимо отметить, что при любых авариях в реакторе принципиально невозможен взрыв типа взрыва ядерного боеприпаса, поскольку  $^{235}\text{U}$  компактно находится в твэлах в количествах, значительно меньших, чем его критическая масса. Разрушение реактора и выброс радиоактивных продуктов могут произойти только в результате теплового взрыва.

Для обеспечения радиационной безопасности персонала и населения

уже на стадии проектирования АЭС рассматривается и рассчитывается набор проектных аварий, включая максимальную проектную аварию (МПА), обусловленных как техническими отказами, так и ошибками персонала. По полученным результатам разрабатываются технические системы обеспечения безопасности, которые выполняют следующие основные функции: остановку реактора, отвод остаточного тепловыделения, ограничение распространения радиоактивных веществ.

В случае маловероятных отказов систем обеспечения безопасности может произойти *гипотетическая* авария, сопровождающаяся выходом из первого контура в окружающую среду паро-водяной смеси с радиоактивными веществами и последующим осушением реактора, разгерметизацией твэлов и оплавлением активной зоны. Ввиду очень малой вероятности гипотетической аварии специальные технические средства для ее подавления не предусматриваются.

Радиоактивное загрязнение атмосферы и местности при гипотетической аварии существенно отличается в случае аварии на одноконтурных (РБМК) и двухконтурных (ВВЭР) ядерных реакторах. Это обусловлено конструктивными особенностями реакторов: ВВЭР по сравнению с РБМК имеет прочный стальной корпус, препятствующий быстрому выходу теплоносителя в окружающую среду.

При гипотетической аварии на одноконтурном ядерном реакторе РБМК-1000 основной выход пароводяной смеси с РВ в атмосферу происходит в течение 20 минут и практически завершается за 1 час. За это время выходят все РВ, которые находятся в зазорах аварийных твэлов. Паровое облако с РВ за счет высокой скорости истечения из вентиляционной трубы поднимается над нею на несколько десятков метров и распространяется по направлению и со скоростью среднего ветра на высоте перемещения облака.

Основное влияние на распространение радиоактивного облака и характер радиоактивного загрязнения атмосферы и местности будут оказывать направление и скорость ветра, а также степень вертикальной устойчивости атмосферы. На поверхности земли формируется относительно правильная (типа эллипса) зона загрязнения вследствие гравитационного оседания радиоактивных веществ, находящихся на поверхности пылевых час-

тищ.

Гипотетическая авария на двухконтурном ядерном реакторе типа ВВЭР-1000 характеризуется длительным (до 9 суток) выходом пара с радионуклидами в атмосферу через вентиляционную трубу. Прочный корпус ядерного реактора и защитная оболочка реактора с первым контуром удерживают РВ внутри корпуса реактора, их суммарный выход в атмосферу примерно в 10 раз меньше, чем при аварии на РБМК-1000. Сравнительно небольшой выход РВ при гипотетической аварии на ВВЭР-1000 приводит к тому, что независимо от метеоусловий радиоактивное загрязнение местности не выходит за пределы тридцатикилометровой зоны АЭС.

Форма зон радиоактивного загрязнения при аварии на реакторе ВВЭР-1000 может быть не только эллипсообразной, но и кольцевой вокруг АЭС с выступами-эллипсами по тем направлениям изменяющегося с течением времени ветра, когда имел место повышенный выход РВ из реактора.

Авария с разрушением ядерного реактора – это непредвиденная аварийная ситуация. Она может быть следствием событий, связанных с множественными наложениями отказов оборудования, которые сопровождаются неправильными действиями персонала. Такие аварии относятся к за-проектным.

Радиоактивное загрязнение при авариях на АЭС отличается от заражения при ядерных взрывах, хотя в обоих случаях источник загрязнения один и тот же – продукты деления  $^{235}\text{U}$  (или  $^{239}\text{Pu}$  – в ядерных боеприпасах). Отличия обусловлены особенностями радиоизотопного состава продуктов деления в реакторе и характером выхода РВ в атмосферу при аварии.

1. При длительной работе АЭС короткоживущие изотопы распадаются в твэлах и, в целом, радиоактивные продукты реактора обогащены радионуклидами с большими периодами полураспада по сравнению с продуктами ядерного взрыва. Это приводит к тому, что спад уровней радиации на загрязненной местности происходит значительно медленнее, чем при ЯВ.

2. Радиоактивные продукты, выходящие в атмосферу при аварии на АЭС, обогащены радионуклидами легколетучих элементов – радиоактивные благородные газы, радиоизотопы йода и цезия.

3. Радиоактивные вещества, выходящие в атмосферу при аварии на АЭС, находятся в составе мелкодисперсных аэрозолей, которые чрезвычайно медленно оседают на поверхность земли под действием силы тяжести и разносятся ветром на сотни и даже тысячи километров от места аварии. Образование мелкодисперсных аэрозолей обусловлено тем, что РВ, распределенные при аварии в парогазовой фазе, находятся в молекулярном состоянии (то же самое и при выпаривании их в процессе горения графита) и при остывании в воздухе конденсируются на мелкодисперсной атмосферной пыли.

4. Загрязнение поверхностей мелкодисперсным радиоактивным аэрозолем происходит за счет адсорбции, что обуславливает неравномерность загрязнения – в большей степени заражаются объекты с развитой (пористой) поверхностью – лес, кустарник.

5. При авариях на АЭС радиоактивные продукты переносятся в атмосфере на высотах ниже расположения водонасыщенных облаков и могут вымываться осадками, обуславливая “пятнистость” загрязнения местности – загрязнение носит очаговый характер.

6. Радиоактивное загрязнение объектов при аварии на АЭС носит стойкий характер, т. е. загрязненные поверхности с большим трудом поддаются дезактивации. Это обусловлено большими силами взаимодействия мелкодисперсных частиц с поверхностью (для отрыва частицы размером 0,5 мкм надо приложить силу в 1000 раз большую, чем для отрыва частицы в 20 мкм).

**Классификация аварий на АЭС.** Для единообразной оценки опасности аварий на любой АЭС в любой стране экспертами Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) предложена международная шкала событий на АЭС. Основная цель введения этой шкалы - оперативная выдача информации о радиационно опасных событиях в виде, понятном для населения и общественности всех стран. С 1990 г. эта шкала введена в России.

События на АЭС, классифицируемые по этой шкале, относятся только к радиационной безопасности. Другие события, например, отказы, влияющие на работоспособность генераторов или турбин, должны быть классифицированы как вне шкалы. Очень незначительные события, не

имеющие значения для безопасности, классифицируются как события ниже уровня шкалы или нулевого уровня.

Шкала разделена на две большие части, в которых три нижние класса (1-3) относятся к происшествиям (инцидентам), а верхние классы (4-7) – к авариям. Аварии 5, 6, 7-го класса вызваны, как правило, значительным повреждением или разрушением активной зоны реактора.

События на АЭС рассматриваются по трем критериям.

1. Внешние последствия - отражают выброс радиоактивных продуктов во внешнюю среду. Это наиболее значимый показатель загрязнения. Более высокий класс аварии соответствует более обширным последствиям для населения и окружающей среды.

2. Внутренние последствия события. Этот показатель изменяется для аварий, начиная с третьего класса, когда может происходить значительное загрязнение поверхностей объектов АЭС и облучение персонала, до пятого класса, когда происходит значительное повреждение активной зоны.

3. Ухудшение глубоко эшелонированной защиты рассматривается для аварий с 1-го по 3-й класс, т. е. для происшествий.

Классификация аварий на АЭС по международной шкале МАГАТЭ приведена в табл. 1.18.

Т а б л и ц а 1.18

**Международная шкала событий на АЭС**

Класс, название, пример аварии	Критерий		
	Внешние последствия	Внутренние последствия	Ухудшение глубоко эшелонированной защиты
7 Глобальная авария. Чернобыль, СССР, 26.04.1986 г.	Большой выброс – значительный ущерб здоровью людей и окружающей среде. Величина выброса по $^{131}\text{I}$ – более $10^{16}$ Бк.		

Класс, название, пример аварии	Критерий		
	Внешние последствия	Внутренние последствия	Ухудшение глубоко эшелонированной защиты
6 Тяжелая авария. Виндскейл, Англия, 1957 г.	Значительный выброс – полная реализация внешнего противоаварийного плана на ограниченной территории, величина выброса по $^{131}\text{I}$ от $10^{15}$ до $10^{16}$ Бк		
5 Авария с риском для окружающей среды. Три-Майл Алленд, США, 1979 г.	Ограниченный выброс – частичная реализация внешнего противоаварийного плана на ограниченной территории. Величина выброса $^{131}\text{I}$ от $10^{14}$ до $10^{15}$ Бк.	Значительное повреждение активной зоны ядерного реактора.	
4 Авария в пределах АЭС. Сант Лоурент, Франция, 1980 г.	Небольшой выброс – облучение лиц населения порядка нескольких миллизивертов. Применение плана защитных мероприятий маловероятно.	Частичное повреждение активной зоны. Острые последствия для здоровья персонала.	
3 Серьезное происшествие. Ленинградская АЭС, 1975 г.	Очень небольшой выброс – облучение ниже доли от установленного предела дозы, порядка десятых долей миллизиверта.	Большое загрязнение. Переоблучение персонала АЭС	Близко к аварии – потеря глубоко эшелонированной защиты.

Класс, название, пример аварии	Критерий		
	Внешние последствия	Внутренние последствия	Ухудшение глубоко эшелонированной защиты
2 Происшествие средней тяжести			События с потенциальными последствиями для безопасности.
1 Незначительное происшествие			Отклонение от разрешенных границ функционирования.
0 Ниже уровня шкалы			Не влияет на безопасность.

**Облучение населения при аварии на АЭС.** Возможные пути воздействия на человека обычных и аварийных выбросов АЭС показаны на рис. 1.25

В выбросе из аварийного реактора содержится много радионуклидов, однако их опасность для облучения человека обусловлена тремя факторами: долей приходящейся на них активности, возможностью поступления в организм человека и фиксацией в различных тканях и органах. Наиболее опасны те, на которые приходится значительная доля общей активности выброса, которые легко могут попасть в организм (с воздухом, водой и пищей) и в течение длительного времени будут удерживаться в нем. Характеристики нескольких наиболее опасных нуклидов приведены в табл. 1.19 (данные для выброса Чернобыльской АЭС).

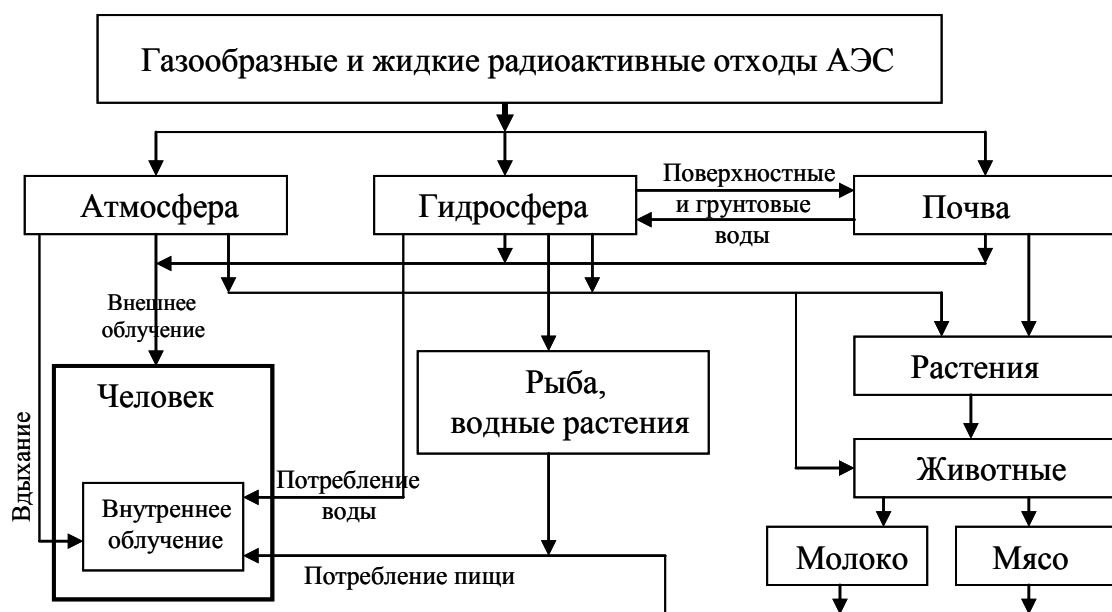


Рис. 1.25. Основные пути воздействия на человека радиоактивных выбросов АЭС

Т а б л и ц а 1.19

**Характеристики некоторых наиболее опасных нуклидов выброса**

Нуклид	Доля общей активности выброса, %	Периоды полураспада и биологического полувыведения		Орган, в котором преимущественно накапливается
		$T_{1/2}$	$T_b$	
$^{131}\text{I}$	20	8,05 суток	120 суток (из щитов.жел.)	Щитовидная железа
$^{134}\text{Cs}$	10	2 года	70 суток	Все тело, мышечная ткань
$^{137}\text{Cs}$	13	30 лет		
$^{89}\text{Sr}$	4,0	50,5 суток	50 лет	Костная ткань
$^{90}\text{Sr}$	4,0	28 лет		

В результате аварийного выброса АЭС возможны следующие виды радиационного воздействия на население (в хронологическом порядке):

- а) внешнее облучение от проходящего радиоактивного облака;
- б) внутреннее облучение при вдыхании радиоактивных аэрозолей;
- в) контактное облучение вследствие радиоактивного загрязнения кожных покровов и одежды;
- г) внешнее облучение от радиоактивного загрязнения поверхности



земли, зданий, различных объектов;

д) внутреннее облучение вследствие потребления радиоактивно загрязненных продуктов питания и воды.

Облучение видов а), б) и в) характерно для первого этапа аварии, длящегося до нескольких часов или суток в зависимости от типа аварийного реактора, когда происходит истечение радиоактивных продуктов из реактора в окружающую среду. Наибольшую опасность на этой стадии аварии представляет внутреннее облучение от поступления радиоизотопов йода (в первую очередь  $^{131}\text{I}$ ) с вдыхаемым воздухом. Доза внешнего облучения при этом может быть значительно меньше дозы внутреннего облучения (отношение до 100 раз).

Виды г) и д) радиационного воздействия выступают на первый план при длительном пребывании населения после аварии на загрязненной территории.

**Доза внешнего облучения на загрязненной местности.** Внешнее облучение на сформировавшемся следе радиоактивного загрязнения, как основной вид облучения, характерно для личного состава команд, отрядов, выполняющих задачи на загрязненной местности вахтовым методом, когда в полном объеме используются средства индивидуальной защиты. Население, проживающее на загрязненной местности, большую часть дозы получает вследствие внутреннего облучения.

Основными характеристиками степени опасности радиоактивного загрязнения местности при аварии на АЭС являются мощность дозы и доза гамма-излучения, которые позволяют прогнозировать радиационные потери по внешнему облучению и принимать решение на использование мер защиты.

Радиоактивное загрязнение создают нуклиды с различными периодами полураспада и, как показывают данные экспериментальных наблюдений, после окончания выпадения РВ уровень радиации (мощность дозы на высоте 1 м от поверхности земли) подчиняется эмпирическому закону:

$$P(t)t^n = P_0t_0^n, \quad (1.39)$$

где  $P(t_0) = P_0$  и  $P(t)$  – уровни радиации на моменты времени  $t_0$  и  $t$  соответственно после аварии. Время  $t_0$  и  $t$  отсчитывается от момента аварии –

выброса радиоактивных веществ из реактора.

Формула (1.39) описывает изменение уровня радиации как после аварии на АЭС, так и после ядерного взрыва, значение показателя степени  $n$  зависит от изотопного состава нуклидов на загрязненной местности и составляет:  $n \approx 1,2$  для ЯВ и  $n \approx 0,5$  для аварии на АЭС.

С учетом этого уровень радиации  $P(t)$  на местности при аварии на АЭС:

$$P(t) = P_0 \sqrt{\frac{t_0}{t}}. \quad (1.40)$$

Зная мощность дозы, можно рассчитать дозу облучения за время пребывания от  $t_1$  до  $t_2$  на загрязненной местности (все значения времени отсчитываются от момента аварии):

$$D = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt = P_0 \sqrt{t_0} \int_{t_1}^{t_2} t^{-0,5} dt = 2P_0 \sqrt{t_0} (\sqrt{t_2} - \sqrt{t_1}) = 2(P_2 t_2 - P_1 t_1), \quad (1.41)$$

где  $P_1 = P(t_1)$  и  $P_2 = P(t_2)$  - уровни радиации на начало и конец пребывания на загрязненной местности.

**Защита населения от радиационного воздействия.** Радиационная защита при аварии подразделяется на физическую, химическую (медикаментозную) и временную. Возможность реализации этих способов защиты определяется конкретной обстановкой, складывающейся при аварии на АЭС.

Физическая защита направлена на снижение интенсивности ионизирующего излучения, воздействующего на человека. В общем случае это может быть достигнуто использованием экранов (экранная защита) или проведением специальной обработки – дезактивации на загрязненном объекте. Обычно дезактивацию в силу ее специфичности рассматривают как отдельное мероприятие защиты.

Физическая защита может использоваться как в начальный момент аварии – выбросе радиоактивных веществ из реактора, так и на сформировавшемся следе радиоактивного загрязнения.

*Экранная защита.* На практике экранами являются толща грунта, стены зданий, конструкционные материалы, оборудование, транспортные средства и т.п.

Защитная способность экрана характеризуется коэффициентом ослабления дозы –  $K_{осл}$ . Рассматривается доза гамма-излучения, поскольку проникающая способность бета-излучения мала. Если на открытой местности доза гамма-излучения  $D_0$ , то доза за экраном:  $D = D_0 / K_{осл}$ .

Коэффициент ослабления для слоя материала толщиной  $x$  рассчитывается по формуле:

$$K_{осл} = 2^{x/d_{1/2}}, \quad (1.42)$$

где  $d_{1/2}$  – толщина слоя половинного ослабления (уменьшающего дозу излучения в два раза).

Значения слоя половинного ослабления некоторых материалов для гамма-излучения радиоактивного загрязнения местности приведены в табл. 16 приложения 5.

Если защита состоит из нескольких слоев разных материалов, каждый из которых характеризуется толщиной  $x_i$  и величиной слоя половинного ослабления  $d_{1/2i}$ , то коэффициент ослабления для нее:

$$K_{осл} = 2^{\sum x_i / d_{1/2i}}. \quad (1.43)$$

При использовании типовых укрытий можно пользоваться значениями усредненных коэффициентов ослабления – табл. 15 приложения 5.

Дезактивация – это удаление радиоактивных веществ с поверхности тела человека (одежды) или различных объектов. Ее цель – снизить облучение от загрязненных объектов и предотвратить повторное попадание РВ в организм человека. Она проводится при превышении предельно допустимых значений степени загрязнения местности, воды, различных объектов в случае необходимости (целесообразности) их дальнейшего использования [12].

*Временная* защита предусматривает выполнение двух мероприятий: переноса начала работ на загрязненной местности на более поздний срок и сокращения времени пребывания на загрязненной местности путем организации посменной работы.

Мощность дозы на загрязненной местности уменьшается с течением времени:  $P(t) \sim 1/\sqrt{t}$ , поэтому смещение на более поздний срок времени начала работ ведет к уменьшению дозы облучения.

Второе мероприятие временной защиты целесообразно использовать в том случае, если по характеру выполняемого задания расчет должен находиться в условиях облучения длительное время (несколько часов) и есть возможность организовать выполнение задания несколькими (обычно 2 или 3) последовательно работающими сменами. В этом случае доза облучения расчета уменьшается в соответствующее число смен раз.

Средства медикаментозной защиты, используемые при аварии на АЭС, включают препараты йодной профилактики и радиопротекторы.

*Йодная профилактика* предназначена для насыщения щитовидной железы стабильным (нерадиоактивным) йодом. Как указывалось выше (табл. 1.19), в начальном выбросе РВ из аварийного реактора значительная доля активности приходится на радиоактивный  $^{131}\text{I}$ , содержащийся в газообразных (аэрозольных) продуктах выброса. С вдыхаемым загрязненным воздухом он может попадать внутрь организма и в течение длительного времени, удерживаясь преимущественно в щитовидной железе ( $T_6 \approx 120$  суток), облучать ее. При заблаговременном насыщении “вакансий” в щитовидной железе стабильным йодом попавший внутрь организма радиоактивный  $^{131}\text{I}$  естественным путем выводится из него примерно через сутки. Наиболее распространенным является препарат KI – йодистый калий в виде таблеток. Применяется сразу же после аварии на АЭС, когда в воздухе могут находиться газообразные продукты выброса. Норма приема KI: дети – по 0,125 г и взрослые – по 0,25 г в день в течение 7...10 суток; или йод в виде 5 %-го раствора спиртового: дети – по 1 или 2 капли раствора на 100 мл молока, взрослые – по 3...5 капель на стакан молока или воды три раза в день. Своевременно проведенная йодная профилактика почти полностью (на 90 % и более) защищает от внутреннего облучения радиоактивным йодом. В то же время прием йодсодержащих препаратов после окончания выпадения РВ никакого защитного эффекта не дает.

*Радиопротекторы* – это профилактические медикаментозные средства, уменьшающие степень тяжести лучевой болезни за счет снижения смертности облученных. Действие радиопротекторов направлено на нейтрализацию косвенного воздействия ионизирующих излучений: радиопротекторы перехватывают и связывают радикалы, образующиеся при радио-

лизе воды, предотвращая образование в клетках перекисных соединений. В настоящее время в качестве радиопротекторов в различных ситуациях используются цистамин, цистеамин, триптамин, серотонин, нафтизин и другие препараты.

Радиопротектор должен приниматься, если ожидаемая доза при относительно длительном (часы) облучении превышает 1 Зв – заблаговременно – за 10...40 минут до начала облучения, продолжительность действия 1...6 ч.

Защитное действие радиопротектора характеризуется фактором уменьшения дозы (ФУД):  $ФУД = (LD_{50})_{pn} / (LD_{50})_0$ , где  $LD_{50}$  – среднелетальная доза, приводящая к смерти 50 % облученных в течение 30 суток с радиопротектором (индекс  $pn$ ) и без него (0). Для используемых в настоящее время радиопротекторов ФУД составляет 1,2...1,5.

Противолучевое действие радиопротекторов по дозе не выходит за пределы нескольких зивертов.

Некоторые радиопротекторы имеют побочное негативное действие на отдельные органы.

Прием препарата после облучения защитного действия не оказывает.

В индивидуальных аптечках в качестве радиопротектора используется цистамин, для него  $ФУД = 1,3...1,5$ . Принимают в виде таблеток в количестве 1,2 г (6 таблеток по 0,2 г), запивая водой, за 30...40 мин до начала облучения; защитное действие оказывает в течение 4...6 ч; при угрозе облучения возможен повторный прием в той же дозе. Противопоказания к применению: заболевания желудочно-кишечного тракта, острая недостаточность сердечно-сосудистой системы, нарушения функции печени.

В зависимости от складывающейся обстановки могут быть приняты следующие меры защиты населения от радиационного воздействия:

- а) ограничение пребывания людей на открытой местности – временное укрытие в домах и убежищах;
- б) герметизация жилых и служебных помещений (окна, двери, вентиляция, дымоходы);
- в) йодная профилактика;
- г) защита органов дыхания с помощью подручных средств, противогазов, респираторов;

- д) эвакуация населения;
- е) ограничение доступа в район загрязнения;
- ж) санитарная обработка лиц, подвергшихся загрязнению радиоактивными веществами, дезактивация объектов, оборудования, техники;
- з) исключение или ограничение употребления загрязненных продуктов питания и воды;
- и) дезактивация загрязненной местности;
- к) переселение из загрязненных районов в случае превышения пределов облучения.

Используя мероприятия защиты, добиваются снижения дозы облучения населения ниже допустимой или максимального уменьшения поражающего воздействия ионизирующих излучений.

#### **1.5.4. Аварии на химически опасных объектах**

Крупные аварии на химически опасных объектах (ХОО) являются одними из наиболее опасных техногенных катастроф. Они могут привести к отравлению и гибели людей, тяжелым экологическим последствиям. Только за последние десятилетия в мире произошел ряд химических аварий и катастроф на промышленных объектах: химический завод в Севезо (Италия, 1976 г.), «авария века» в Бхопале (Индия, 1984 г., выброс нервно-паралитических газов в атмосферу привел к гибели 3500 чел., 20 тыс. чел. стали инвалидами, 200 тыс. чел. получили поражения различной степени тяжести), авария на ПО «Азот» (Литва, 1989 г.) и др.

**Общие сведения о химически опасных объектах и аварийно химически опасных веществах.** Химически опасный объект (ХОО) – объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на котором или при разрушении которого может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также заражение окружающей природной среды.

Потенциально возможными источниками химического заражения являются:

– предприятия по производству минеральных удобрений и серной кислоты, резинотехнических изделий и полимеров, лаков, красок и растворителей;

- станции водоподготовки, холодильники предприятий пищевой промышленности, овощные базы;
- предприятия по производству пестицидов, гербицидов, ядохимикатов;
- химико-фармацевтические предприятия;
- хранилища (резервуары) и транспортные средства по перевозке опасных химических веществ.

Химически опасные объекты классифицируются по степени химической опасности в зависимости от количества человек, которые могут оказаться по данным прогноза в зоне химического заражения при производственной аварии на объекте (табл. 1.20).

Т а б л и ц а 1.20

**Классификация объектов по химической опасности**

Степень химической опасности объекта	Количество человек, попадающих в зону химического заражения при аварии, тыс. чел.
I	более 75
II	от 40 до 75
III	менее 40
IV	Зона химического заражения не выходит за пределы территории объекта или его санитарной защитной зоны

Определение химически опасного объекта связано с понятием аварийно химически опасного вещества.

*Аварийно химически опасное вещество (АХОВ)* – опасное химическое вещество, применяемое в промышленности и в сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрация (токсодозах).

В настоящее время в промышленности используется более 600 тысяч опасных химических веществ – веществ, прямое или опосредованное действие которых на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель. Однако только некоторые из них отнесены к АХОВ, так как подавляющее количество токсических веществ используются в небольших количествах, не представляющих опасности возникновения очага массового поражения для населения в аварийных ситуациях.

Защита от них относится к сфере техники безопасности. Такой подход позволил в целях более качественного решения практических задач защиты населения в ЧС выделить из большого перечня токсических веществ ограниченное их число (табл. 1.21).

Т а б л и ц а 1.21

**Физические и токсические характеристики АХОВ**

№ п/п	Наименование АХОВ	$\rho$ , $10^3$ кг/м <sup>3</sup>	$t_k$ , °С	ПДК в воздухе, мг/м <sup>3</sup>		Токсодоза, мг·мин/л	
				рабочей зоны	насел. пунктов	порого- вая	смер- тельная
1	Азотная кислота	1,5	83,4	5,0	0,15	3,0	-
2	Аммиак	0,68	-33,4	20	0,04	15	100
3	Ацетонитрил	0,79	81,6	10	0,002	21,6	-
4	Ацетонциангидрин	0,93	120	0,9	0,001	1,9	-
5	Водород хлористый	1,19	-85	0,05	0,010	2,0	20
6	Водород фтористый	0,99	19,5	0,05	0,005	4,0	-
7	Синильная кислота	0,69	25,7	0,3	0,01	0,2	2,0
8	Диметиламин	0,68	6,9	1,0	0,005	1,2	-
9	Метиламин	0,70	-6,5	1,0	-	1,2	-
10	Метил бромистый	1,73	3,6	1,0	-	1,2	12
11	Метил хлористый	0,98	-24	1,0	-	10,8	-
12	Нитрилоакрил	0,80	77,3	0,5	0,03	0,75	-
13	Окись этилена	0,88	10,7	1,0	0,3	2,2	25
14	Сернистый ангидрид	1,46	-10,1	10	0,05	1,8	20
15	Сероводород	0,96	-60,3	10	0,008	1,0	1,4
16	Серовуглерод	1,26	46	1,0	0,005	45	300
17	Соляная кислота (к)	1,19	120	5,0	0,2	2,0	7,0
18	Формальдегид	0,84	-19	0,5	0,003	0,6	9,5
19	Фосген	1,43	8,2	0,5	-	0,6	6,0
20	Хлор	1,55	-34,1	1,0	0,03	0,6	6,0
21	Хлорпикрин	1,66	112	0,7	0,07	0,02	20

Приложение:  $\rho$  – плотность АХОВ,  $t_k$  – температура кипения, ПДК – предельно-допустимая концентрация.

Не следует путать аварийно химически опасные вещества с отравляющими веществами. Отравляющее вещество – химическое вещество,



предназначенное для применения в качестве оружия при ведении боевых действий.

**Токсические характеристики АХОВ.** Основной путь поступления токсических веществ в организм при авариях на ХОО – ингаляционный – при вдыхании зараженного воздуха. Значительно реже происходит поражение при попадании АХОВ на незащищенные кожные покровы, при поступлении АХОВ в организм через рот с пищей и водой (пероральный путь), а также прямо в кровяное русло при ранениях.

Попавшее в организм тем или иным путем токсическое вещество проникает в кровь и переносится (транспортируется) ею к структурам – мишеням. Мишень – это структурный элемент организма, взаимодействуя с которым яд запускает токсические процессы. В процессе их протекания сначала происходит повреждение клеток или нарушение механизма регуляции их функций (токсико-динамическая стадия), а затем – формирование функциональных расстройств организма и возникновение симптомов поражения.

Токсическими характеристиками АХОВ являются их токсическая доза и концентрация.

*Токсическая доза* (токсодоза)  $D$  – это количество вещества, попавшее в организм и вызвавшее определенный токсический эффект. Чем в меньшем количестве вещество вызывает поражающий эффект, тем оно токсичнее.

Оценивая воздействие токсических веществ на человека, обычно выделяют три уровня эффектов:

- летальный – характеризуется величиной летальной токсодозы –  $LD$ ;
- непереносимый – характеризуется величиной токсодозы, вызывающей существенное нарушение дееспособности (выведение из строя) –  $ID$ ;
- пороговый – характеризуется токсодозой, вызывающей начальные проявления действия токсического вещества, при этом работоспособность сохраняется –  $Lim D$  или  $PD$ .

Для смертельного и непереносимого (а иногда и порогового) уровней указываются относительная часть в процентах людей, у которых данный

эффект проявляется, например,  $LD_{50}$  – доза, приводящая к гибели 50 % пораженных. Наиболее часто используются показатели для 50 % и 90 % пораженных.

Обычно под термином токсодоза понимают удельную токсодозу – дозу, приходящуюся на единицу массы тела человека (миллиграмм на килограмм). Использование токсической дозы, пересчитанной на килограмм массы организма, удобно при проведении исследований. Таким образом можно сравнивать действие токсических веществ на разных людей и набирать статистику поражений. Кроме этого, воздействие токсических веществ на всех млекопитающих практически одинаково, поэтому результаты исследований, проведенные на животных, можно переносить на человека.

Доза токсических веществ, попадающих внутрь организма ингаляционным путем, может быть рассчитана по формуле:

$$D = CVt\alpha, \quad (1.44)$$

где  $C$  – концентрация АХОВ в воздухе, мг/л;  $V$  – объемная скорость легочной вентиляции ( $V = 10$  л/мин в спокойном состоянии,  $V = 15...20$  л/мин при средней физической нагрузке,  $V = 40$  л/мин при тяжелой физической нагрузке);  $t$  – время нахождения человека в зараженной атмосфере без противогаза, мин;  $\alpha$  – доля токсического вещества, поглощенная органами дыхания из зараженного вдыхаемого воздуха (для большинства АХОВ  $\alpha \approx 0,6$ ).

При расчете по формуле (1.44) можно положить, что для разных людей величины  $\alpha$  и  $V$  остаются примерно постоянными (величина  $V$ , например, соответствует средней физической нагрузке), тогда доза будет зависеть только от концентрации  $C$  и времени  $t$ . Следовательно, для заданного АХОВ произведение концентрации на время воздействия ( $Ct$ ) может характеризовать токсичность АХОВ. Аналогично токсодозе  $D$  для ингаляционного воздействия указывается эффект поражения и процент пораженных, например,  $L Ct_{90}$ ,  $I Ct_{50}$ . По заданной токсодозе ( $Ct$ ) можно рассчитать поражающую концентрацию АХОВ или время пребывания в зараженной атмосфере по известным (требуемым) значениям времени  $t$  или концентрации  $C$  соответственно.

При расчетах с использованием величины токсодозы  $D$  или ( $Ct$ )

предполагается, что одинаковый поражающий эффект наблюдается при кратковременном действии токсического вещества с высокой концентрацией и продолжительной аппликации малых концентраций вещества, т. е. эффект определяется общим количеством токсического вещества, попавшего в организм.

*Токсическая концентрация С* – это количество вещества, находящееся в единице объема воздуха и вызывающее токсический эффект. Концентрации как характеристики токсичности наиболее часто указываются для двух уровней воздействия: порогового (предельно допустимая концентрация) и смертельного.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – это максимальная концентрация, усредненная за определенное время, которая не оказывает ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на человека, обнаруживаемого современными методами. Концентрации, большие, чем ПДК, вызывают поражающий эффект. В обычных условиях человек может находиться под воздействием токсических веществ постоянно (по условиям проживания) или только в течение рабочего времени, поэтому ПДК указывают для рабочей зоны и для населения (первый показатель может быть больше, чем второй). ПДК в воздухе рабочей зоны определяют из условия отсутствия вызванных токсическими веществами заболеваний при ежедневной работе в течение 8 часов в день (41 час в неделю) за время всего стажа работы на химически опасном объекте.

Смертельная (средняя смертельная) концентрация определяется по летальному исходу у 50 % пораженных при экспозиции 30...60 минут (в некоторых источниках 2...4 часа). Токсические характеристики АХОВ приведены в табл. 1.21.

**Классификация АХОВ.** По своим физическим, химическим и токсическим свойствам аварийно химически опасные вещества очень неоднородны, поэтому для их классификации используются различные классификационные признаки.

Важнейшей для организации защиты населения и оказания помощи пострадавшим является классификация веществ по *токсическому действию* их на организм человека. Основные группы АХОВ приведены в табл. 1.22.

**Классификация АХОВ по токсическому действию**

№ п/п	Наименование Группы	Характер действия	Наименование токсических веществ
1	Вещества с преимущественно удушающим действием	Воздействуют на дыхательные пути человека	Хлор, фосген, хлорпикрин
2	Вещества преимущественно общеядовитого действия	Нарушают энергетический обмен	Оксись углерода, цианистый водород
3	Вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием	Вызывают отек легких при ингаляционном воздействии и нарушают энергетический обмен при резорбции	Амил, акрилонитрил, азотная кислота, окислы азота, сернистый ангидрид, фтористый водород
4	Нейротропные яды	Действуют на генерацию и передачу нервного импульса	Сероуглерод, тетраэтилсвинец, фосфорорганические соединения
5	Вещества, обладающие удушающим и нейротропным действием	Вызывают токсический отек легких, на фоне которого формируется тяжелое поражение нервной системы	Аммиак, гептил, гидразин
6	Метаболические яды	Нарушают процессы метаболизма вещества в организме	Оксись этилена, дихлорэтан
7	Вещества, нарушающие обмен веществ	Вызывают заболевания с чрезвычайно вялым течением и нарушают обмен веществ	Диоксин

Действие некоторых токсических веществ таково, что позволяет отнести их как к той, так и к другой группе.

Следует отметить, что в некоторых разделах токсикологии как науки

о ядах, например, промышленной, сельскохозяйственной, коммунальной, военной токсикологии используются несколько отличающиеся объединительные признаки токсических веществ.

По степени опасности токсические вещества подразделяются на четыре класса опасности:

- 1 класс – чрезвычайно опасные вещества (метил бромистый и др.);
- 2 класс – опасные вещества (хлор, сероводород и др.);
- 3 класс – умеренно опасные вещества (сернистый ангидрид и др.);
- 4 класс – малоопасные вещества (аммиак и др.).

Класс опасности определяется токсическими характеристиками аварийно химически опасных веществ (табл. 1.23).

Т а б л и ц а 1.23

**Классификация АХОВ по степени опасности**

Показатель	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс
ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	0,1...1,0	1...10	>10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	<15	15...150	150...5000	>5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	<100	100...500	500...2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	<500	500...5000	5000...50000	>50000

**Развитие аварии на химически опасных объектах и формирование зоны химического заражения.** Анализ структуры и деятельности предприятий, производящих или потребляющих АХОВ, показывает, что в их технологических линиях обращается, как правило, небольшая доля этих продуктов из всей массы, имеющихся на предприятии. Поэтому при авариях в цехах в большинстве случаев происходит локальное загрязнение воздуха и территории. В таких случаях поражение может получить лишь производственный персонал.

Большая часть АХОВ хранится на складах. Нормы хранения АХОВ на каждом предприятии определяются с учетом их потребления, выработки, транспортирования, предупреждения аварийных ситуаций, профилак-

тических остановок, сезонных поставок, а также токсичности и пожаровзрывоопасности. На крупных химических предприятиях создается минимальный (неснижаемый) запас исходных продуктов, рассчитанный на 3...15 суток работы, который может составлять сотни и тысячи тонн АХОВ.

АХОВ в больших объемах хранятся на предприятиях в стационарных емкостях. Это могут быть алюминиевые, стальные, железобетонные или комбинированные резервуары, температура и давление в которых поддерживаются в соответствии с заданным режимом хранения. Наиболее распространены емкости цилиндрической формы (наземные или подземные) и шаровые резервуары. Вместимость резервуаров бывает разной. Хлор, например, хранится в емкостях вместимостью от 1 до 100 т, аммиак – от 5 до 30000 т, синильная кислота – от 1 до 200 т, окись углерода, двуокись серы, гидразин, тетраэтилсвинец, сероуглерод – от 1 до 100 т.

Наземные резервуары на складах располагаются, как правило, группами с одной резервной емкостью на группу для перекачки АХОВ в случае утечки из какого-либо резервуара. Вокруг каждой группы резервуаров по периметру предусматривается замкнутое обвалование или ограждающая стенка из несгораемых и коррозионноустойчивых материалов высотой не менее 1 м, которые ограничивают площадь разлива АХОВ при аварии.

Используются, в основном, три способа хранения АХОВ в крупнотоннажных емкостях:

- при температуре окружающего воздуха и давлении до 20 атм. (сжиженные газы);
- в изотермических охлаждаемых (до температуры  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) резервуарах при атмосферном давлении;
- при температуре окружающего воздуха и атмосферном давлении (высококипящие жидкости).

На близкие расстояния АХОВ перевозятся автотранспортом в баллонах емкостью до  $0,05\text{ м}^3$ , контейнерах (бочках) емкостью до  $0,8\text{ м}^3$  или автоцистернах вместимостью до 20...40 т.

По железной дороге АХОВ перевозят в баллонах, контейнерах (бочках) и цистернах – полезный объем 30...90  $\text{м}^3$ .

Водным транспортом большинство АХОВ перевозятся в баллонах и

контейнерах (бочках), ряд судов оборудован специальными резервуарами (танками) вместимостью до 10000 тонн.

В случае разгерметизации емкостей, в которых хранятся АХОВ, происходит их выброс в окружающую среду. При этом условия (давление, температура), в которых находится вещество, быстро (скачком) изменяются от тех, что были при хранении, до значений, соответствующих атмосферным. Характер протекания процесса выброса определяет заражение местности и атмосферного воздуха и зависит от соотношения температур: критической  $T_k$  для данного АХОВ, температуры окружающей среды и температуры хранения АХОВ. На него влияет также характер разрушения емкости (небольшая течь, незначительное или полное разрушение емкости), сопровождается авария взрывом и (или) пожаром.

В результате аварии АХОВ в общем случае могут находиться одновременно в жидком состоянии, в виде аэрозоля и пара (газа), при этом может происходить заражение местности на значительных площадях – образуется зона химического заражения.

*Зона химического заражения* – это территория или акватория, в пределах которой распространены или куда привнесены опасные химические вещества в концентрациях или количествах, создающих опасность для жизни и здоровья людей, для сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени.

В зоне химического заражения выделяют территорию непосредственного разлива АХОВ и территорию, над которой распространялось облако зараженного воздуха.

Территорию непосредственного разлива и очень высоких концентраций АХОВ называют *районом аварии*. Его размер не превышает нескольких сотен метров для крупных аварий.

Район аварии – самое опасное место в зоне химического заражения, где наблюдаются максимальные концентрации АХОВ, на карте (схеме) отображается окружностью соответствующего радиуса. В районе аварии можно находиться только в изолирующих дыхательных аппаратах и средствах защиты кожи.

Возникновение зон заражения, значительно превышающих по площади район аварии, происходит при образовании первичного и вторичного

облака зараженного воздуха.

*Первичное облако* образуется АХОВ, поступающим в атмосферу непосредственно в момент (1...3 мин) разрушения или разгерметизации емкости. Токсические вещества могут находиться в первичном облаке в аэрозольном или газообразном состоянии в зависимости от динамики процессов испарения и кипения при разгерметизации емкости. Образование первичного облака наиболее характерно для низкокипящих (температура кипения ниже +20 °С) АХОВ, хранящихся под давлением. Перенос первичного облака ветром сопровождается гравитационным оседанием мелких капель АХОВ, в результате чего может происходить заражение ими местности, зданий, сооружений, оборудования, одежды людей.

При разрушении емкостей с высококипящими жидкостями или при очень низкой температуре окружающего воздуха образование первичного облака не происходит.

Глубина распространения первичного облака может составлять до нескольких десятков километров, направление распространения первичного облака АХОВ определяется направлением ветра в момент аварии. Зона распространения первичного облака по форме представляет собой узкий сектор, граница зоны определяется обычно пороговой токсодозой  $PSt_{50}$  для времени воздействия 40...60 минут.

*Вторичное облако* формируется за счет испарения жидких АХОВ из зоны разлива в районе аварии. При обваловании хранилищ район аварии – это непосредственно место аварии. В зоне распространения вторичного облака поражающее действие оказывают только АХОВ в газообразном состоянии через органы дыхания.

Глубина распространения вторичного облака составляет до нескольких километров, определяется пороговой токсодозой так же, как и для первичного облака. Время испарения АХОВ может достигать нескольких часов (до суток), поэтому, учитывая возможные изменения направления ветра за это время, граница зоны – сектор с большим, чем для первичного облака, центральным углом – вплоть до окружности.

Глубины распространения первичного и вторичного облака зараженного воздуха в значительной степени зависят от метеорологических условий – вертикальной устойчивости приземного слоя воздуха и скорости



приземного ветра, а также рельефа местности и плотности застройки объектов.

Различают три состояния вертикальной устойчивости приземного слоя воздуха: инверсия, изотермия, конвекция.

*Инверсия* – это такое состояние атмосферы, когда в приземном ее слое нет восходящих потоков воздуха, поэтому у поверхности земли накапливаются испаряющиеся вещества, рассеяния их нет. При инверсии создаются наиболее благоприятные условия для распространения АХОВ и сохранения их высоких концентраций, т. е. это наиболее опасные условия при аварии на химически опасных объектах. Инверсия наблюдается ночью и утром в ясную погоду при скорости ветра менее 4 м/с.

*Изотермия* характеризуется примерно одинаковой температурой воздуха по высоте и отсутствием перемещения воздуха по вертикали. Она наиболее типична для пасмурной погоды, имеет место в утренние и вечерние часы, скорость ветра – любая. Изотермия – это средние условия для распространения АХОВ.

*Конвекция* характеризуется наличием восходящих потоков воздуха, что обусловлено сильным нагревом почвы. При конвекции пары АХОВ интенсивно рассеиваются в приземном слое атмосферы. Конвекция наблюдается обычно в летние ясные дни при скорости ветра менее 4 м/с.

При различных типах устойчивости атмосферы (инверсия – изотермия – конвекция) расстояния от места аварии, на которых наблюдаются опасные концентрации АХОВ, могут отличаться на порядок.

В зависимости от особенностей аварии на ХОО могут возникнуть четыре типа зоны химического заражения, отличающихся характером поражающего действия.

Первый тип – при выбросе легко испаряющихся АХОВ практически мгновенно возникает только первичное облако, распространяющееся на большое расстояние.

Второй тип – при выбросе АХОВ средней летучести возникает первичное облако, а также пролив и вторичное облако по мере испарения пролива.

Третий тип – при выбросе мало летучих АХОВ возникает пролив и вторичное облако по мере его испарения.

Четвертый тип – при выбросе нелетучих АХОВ образуется пролив, вторичное облако не возникает, зона заражения ограничена территорией объекта.

### **Вопросы и задания**

1. Что понимается под терминами «опасность», «безопасность»? Какие виды опасностей существуют? Как оценивается опасность?
2. Что такое чрезвычайная ситуация? Как классифицируются чрезвычайные ситуации?
3. Как оценивается опасность землетрясения?
4. Как оценивается опасность половодья, паводка?
5. Каковы причины возникновения нагонных наводнений?
6. Каковы особенности пожаров огневой загрузки, разлития, огненного шара?
7. Что такое воздушная ударная волна взрыва? Какими параметрами характеризуется воздушная ударная волна?
8. Поясните суть явления отражения воздушной ударной волны.
9. Как производится расчет избыточного давления во фронте воздушной ударной волны при взрыве различных взрывчатых веществ?
10. Какие параметры воздушной ударной волны определяют ее поражающее действие?
11. Каковы особенности взрыва газозвушной смеси в атмосфере по сравнению со взрывом конденсированных взрывчатых веществ?
12. Какие органы организма человека наиболее чувствительны к облучению ионизирующими излучениями?
13. Каковы радиационные эффекты облучения людей?
14. От каких факторов зависят последствия облучения человека?
15. Чем обусловлено фоновое облучение людей в естественных условиях?
16. Какие способы защиты могут использоваться для снижения облучения населения при аварии на АЭС?
17. Что такое йодная профилактика, как она проводится?
18. Что такое аварийно химически опасное вещество?
19. Назовите токсические характеристики аварийно химически опасных веществ.
20. Что такое первичное и вторичное облако токсического вещества при аварии на химически опасном объекте?

## 2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

### 2.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Прогнозирование обстановки при чрезвычайных ситуациях проводится для заблаговременного принятия мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций, смягчению их последствий, определению сил и средств, необходимых для ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий.

Прогнозирование обстановки – это определение характеристик ожидаемой обстановки расчетным путем с использованием принятых математических моделей.

Прогнозирование обстановки включает выявление обстановки и ее оценку.

Иногда под прогнозированием обстановки понимают только получение данных о зонах ЧС – т. е. выявление обстановки, в этом случае говорят о прогнозировании и оценке обстановки.

Под *выявлением* обстановки понимается:

- сбор и обработка исходных данных о чрезвычайных ситуациях;
- определение размеров зон чрезвычайных ситуаций;
- отображение полученных результатов на картах, схемах (планах), ввод в электронные средства обработки информации.

*Оценка* обстановки проводится с целью определения влияния поражающих факторов ЧС на жизнедеятельность населения, работу объектов экономики и обоснования мер защиты. Оценка обстановки включает:

- определение степени разрушения зданий и сооружений, объектов инфраструктуры, потерь среди персонала и населения, а также влияния обстановки на действия сил по ликвидации последствий ЧС;
- анализ полученных результатов и выбор наиболее целесообразных вариантов действий, которые обеспечивают минимальные потери (исключают потери).

Как правило, выявление и оценка обстановки осуществляется в три этапа (рис. 2.1):

- заблаговременное прогнозирование;

- предварительное (оперативное) прогнозирование;
- выявление и оценка фактической обстановки.



Рис.2.1. Этапы прогнозирования обстановки при чрезвычайной ситуации

*Заблаговременное прогнозирование* осуществляется до возникновения ЧС. Оно основывается на использовании возможных моделей возникновения аварийных ситуаций и преобладающих среднегодовых метеоусловий.

Данные для прогнозирования получают от соответствующих министерств, ведомств и органов гидрометеорологической службы.

Результаты заблаговременного прогноза используются при планировании мероприятий защиты населения и территорий и ликвидации последствий ЧС: составляются планы действий в различных аварийных ситуациях, определяются необходимые людские и материальные ресурсы, производится обучение персонала, нештатных формирований, накапливаются материальные средства для защиты и ликвидации последствий ЧС. Результаты заблаговременного прогноза периодически или в соответствии с изменяющимися условиями уточняются.

*Предварительное прогнозирование* осуществляется сразу же после чрезвычайных событий техногенного или природного характера. Данными для прогноза являются фактические сведения об источнике опасности (например, какие емкости с каким АХОВ разгерметизированы, характер их разрушения и т. п.) и реальные метеоусловия. Они поступают от вышестоящих, нижестоящих и взаимодействующих органов управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям, с объектов экономики, от подчиненных сил разведки, наблюдения и контроля. Чем более конкретными будут эти сведения, тем более точными будут результаты

прогноза. Результаты предварительного прогноза используются в целях:

- уточнения задач подразделениям разведки;
- проведения неотложных мероприятий защиты персонала объектов и населения;
- принятия предварительного решения по защите населения и территорий комиссиями по ЧС;
- подготовки сил и средств, привлекаемых для оказания помощи пострадавшим и ликвидации последствий ЧС.

*Выявление и оценка фактической обстановки* (по данным разведки) проводится с целью уточнения результатов предварительного прогноза и принятия окончательного решения по защите в ЧС и ликвидации ЧС. Исходными данными для оценки обстановки на этом этапе являются сведения о фактических масштабах чрезвычайного события (разрушенные здания, концентрации АХОВ, уровни радиации и т. д.).

Оценка обстановки заканчивается принятием решения по защите персонала (населения) и ликвидации ЧС. Мероприятия защиты и ликвидации ЧС выполняются в соответствии с решением и при необходимости корректируются по обстановке.

**Математические модели, используемые при прогнозе.** При заблаговременном и предварительном прогнозировании обстановки в ЧС используются математические модели, описывающие одно из возможных поражающих воздействий:

- барическое воздействие (взрывы – образование ударной волны);
- термическое воздействие (пожары – тепловое излучение);
- токсическое воздействие (аварии на химически опасных объектах);
- радиационное воздействие (аварии на радиационно опасных объектах);
- механическое воздействие (осколки, обрушение зданий, сели, оползни);
- биологическое воздействие (эпидемии).

Эти модели могут быть двух видов: детерминированные и вероятностные.

В детерминированных моделях по заданным исходным данным чрезвычайной ситуации (магнитуда землетрясения, тротиловый эквивалент

взрыва и т. д.) рассчитываются параметры негативного воздействия и соответствующие ему степени поражения людей и различных объектов. Например, по рассчитанной интенсивности землетрясения в населенном пункте 7 баллов делается вывод о степени разрушения 3-х этажных зданий – “средняя” (слабые разрушения – при  $J = 5 \dots 6$  баллов, средние –  $J = 6 \dots 7,5$  баллов, сильные –  $J > 7,5$  баллов).

В действительности же при определенных параметрах негативного воздействия на однотипные объекты последствия воздействия различны из-за наличия индивидуальных особенностей объектов. Вероятностные модели рассматривают поражающий эффект как случайную величину и параметры ее распределения определяют при статистической обработке данных ранее случившихся аварий и катастроф или экспериментов.

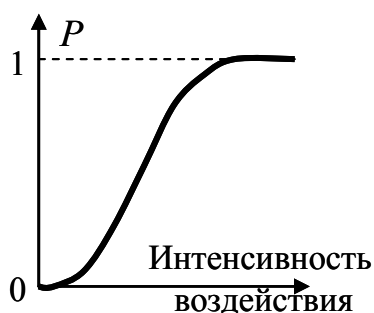


Рис.2.2. Зависимость «воздействие-эффект»

Для барического, термического, токсического и радиационного воздействий зависимости «интенсивность воздействия  $I$  – вероятность поражения  $P$ » качественно имеют одинаковый вид (рис. 2.2). Плотность вероятности поражающего действия распределена по нормальному или логарифмически нормальному закону. Вероятность поражения, как правило, рассчитывается через «пробит-функцию»  $P_r = a + b \ln I$ , где  $a, b$  – кон-

станты, определяемые для каждого вида воздействия на основе имеющихся статистических данных,  $I$  – значение параметра, характеризующего интенсивность негативного воздействия.

## 2.2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ

Основной – наиболее далекодействующий поражающий фактор пожара – тепловое излучение. Прогнозирование результата его действия осуществляется детерминированным или вероятностным методами.

**Детерминированный метод.** Он предусматривает расчет критического параметра воздействия – интенсивности теплового излучения. Сравнение действующей интенсивности излучения  $J$  с ее пороговым значением  $J_{пор}$ , вызывающим ожог у человека или возгорание материала, позво-

ляет оценить последствия по типу «поражен – не поражен»: при  $J \geq J_{пор}$  – объект поражен, при  $J < J_{пор}$  – не поражен.

У человека болезненные ощущения возникают при повышении температуры поверхностного слоя кожного покрова до 45 °С. Интенсивности теплового излучения и время воздействия, вызывающие различную реакцию при облучении незащищенных кожных покровов человека, приведены в табл. 2.1. Пороговым значением в аварийной ситуации считают  $J_{пор} = 4,2 \text{ кВт/м}^2$ , поскольку при этом болевая реакция наступает относительно медленно и есть возможность принять меры защиты – удалиться от источника облучения или использовать экран – неровности поверхности земли, строения, инженерные сооружения.

Воздействие теплового излучения на материалы может привести к их возгоранию. Интенсивности теплового излучения и время, при которых происходит возгорание материалов, приведено в таблице 2.2.

Т а б л и ц а 2.1

**Действие теплового излучения на человека**

Наблюдаемый эффект	Интенсивность излучения, кВт/м <sup>2</sup>
Переносится длительное время	1,26*
Болевые ощущения через 10...20 с	4,2
Болевые ощущения через 8 с	6,4
Болевые ощущения через 3 с	10,4
Появление ожогов (волдырей) через 10...20 с	10,4
Появление ожогов (волдырей) через 5 с	16

Примечание. \* Интенсивность полного теплового излучения Солнца в зените на поверхности Земли с учетом поглощения составляет 1,05 кВт/м<sup>2</sup>.

Использование в детерминированном методе прогнозирования пороговых интенсивностей  $J_{пор}$  для различных длительностей воздействия  $\Delta t$  позволяет приближенно учесть совместное влияние этих параметров на получаемый результат.

Для пожара огневой загрузки и в некоторых случаях – для пожара разлива данные табл. 2.1, 2.2 позволяют рассчитать расстояния безопасного удаления человека и горючих материалов от горящего объекта.

**Минимальные интенсивности теплового излучения и время, при котором происходит возгорание горючих материалов, кВт/м<sup>2</sup>**

Материал	Продолжительность действия, мин.		
	3	5	15
Древесина (сосна влажность 12 %)	18,8	16,9	13,9
Древесно-стружечная плита	13,9	11,9	8,3
Торф брикетный	31,5	24,4	13,2
Торф кусковой	16,6	14,4	9,8
Хлопок – волокно	11,0	9,7	7,5
Слоистый пластик	21,0	19,1	15,4
Стеклопластик	19,4	18,6	17,4
Пергамин	22,0	19,8	17,4
Резина	22,6	19,2	14,8
Уголь	-	35,0	35,0

Результаты, достаточно хорошо согласующиеся с опытными данными, можно получить, используя теорию теплового излучения. Если  $dF_1$  –

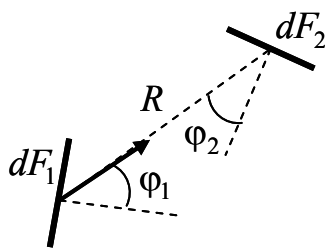


Рис. 2.3. Схема облучения поверхности

площадь излучающей поверхности, то интенсивность облучения площадки  $dF_2$  (рис. 2.3) может быть определена на основании закона Стефана-Больцмана для теплового излучения абсолютно черного тела  $E_T = \sigma T^4$ , где  $E_T$  – энергетическая светимость (интегральная излучательная способность) пламени, Вт/м<sup>2</sup>;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>) – постоянная Стефана-Больцмана;  $T$  – термодинамическая температура, К.

Экспериментально получены значения энергетической светимости  $E_T$ , учитывающие температуру горения и отличие излучателя от абсолютно черного тела (среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени), которые рекомендуется использовать при расчетах:  $E_T = 40$  кВт/м<sup>2</sup> – для твердых материалов и нефтепродуктов,  $E_T = 120$  кВт/м<sup>2</sup> – для сжиженных углеводородных газов,  $E_T = 450$  кВт/м<sup>2</sup> – для пожара огненный шар.



При оценочных расчетах полагаем, что геометрия задачи соответствует точечному тепловому источнику с температурой  $T_1$ , излучающему в полуплоскость, а также:  $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$ , и  $T_1 \gg T_2$ . Тогда интенсивность теплового потока на облучаемом объекте определяется выражением:

$$J = \frac{E_T F_1}{2\pi R^2}, \quad (2.1)$$

где  $F_1$  – площадь поверхности излучателя (пламени), обращенной к объекту,  $\text{м}^2$ ;  $R$  – расстояние от источника теплового излучения до объекта, м.

Площадь излучающей поверхности – факела пламени  $F_1$  при безветрии приближенно может быть определена в соответствии с рис. 2.4 следующим образом.

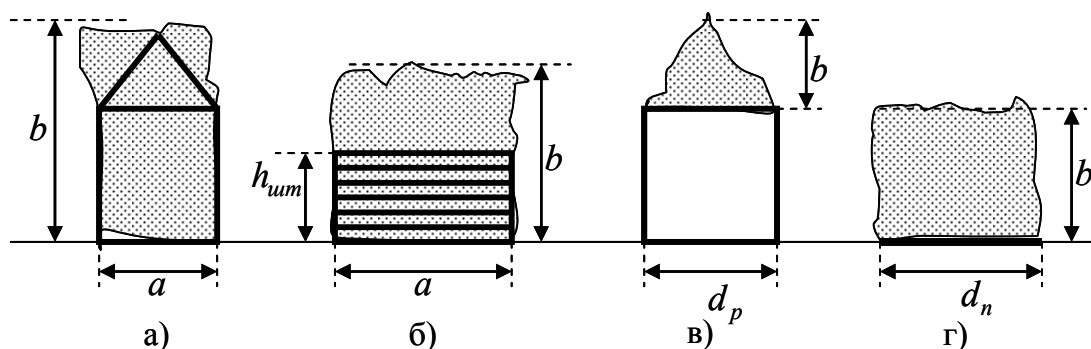


Рис.2.4. Аппроксимация излучающей поверхности пламени различных пожаров: а) горящий дом; б) горящий штабель лесоматериалов; в) горение жидкости в открытом резервуаре; г) горение разлитой по поверхности жидкости.

При горении здания, штабеля леса и им подобных объектов (рис. 2.4–а, б)  $F_1 = ab$ , где  $a$  – длина здания или длина штабеля,  $b$  – высота от поверхности земли до конька крыши; для штабеля  $b = (3 - 3,5)h_{ум}$ ,  $h_{ум}$  – высота штабеля. При горении горючих жидкостей в открытом резервуаре (рис. 2.4–в)  $F_1$  – площадь равнобедренного треугольника с основанием, равным диаметру резервуара  $d_p$  и высотой  $(1,2 - 1,5)d_p$ . При горении жидкости, разлитой по поверхности земли, (рис. 2.4–г) факел пламени представляется цилиндром, излучающая поверхность – прямоугольник с основанием, равным диаметру пятна  $d_n$ , м и высотой  $H \approx 2,5d_n^{0,7}$ , м. Диаметр пятна  $d_n$  оценивается, исходя из условия, что толщина слоя горючей жидкости на поверхности земли равна 5 см.

Детерминированный метод, обладая простотой и физической наглядностью, позволяет получить только ступенчатую оценку.

**Пример 1.** Определить радиус теплового поражения людей при горении деревянного дома длиной 10 м и высотой от земли до конька крыши 15 м.

**Решение.**

Радиус поражения находим из формулы (2.1):

$$R = \sqrt{\frac{E_T F_1}{2\pi J_{\text{пор}}}},$$

где  $E_T = 40 \text{ кВт/м}^2$  – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени для твердых материалов;  $F_1$  – площадь факела пламени  $F_1 = ab$ ,  $a = 10 \text{ м}$ ,  $b = 15 \text{ м}$ ;  $J_{\text{пор}}$  – пороговая интенсивность теплового излучения, при которой человек через 10...20 с начинает испытывать болевые ощущения ( $J_{\text{пор}} = 4200 \text{ Вт/м}^2$ ).

Подставляя численные значения величин в формулу, получим:

$$R = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 15}{6,28 \cdot 4200}} \approx 15,1 \text{ м.}$$

**Пример 2.** При аварии на железной дороге из цистерны разлилось и загорелось 60 т мазута. Оценить радиус теплового поражения людей и возможность возгорания деревянных домов, расположенных в 40 м от места аварии.

Исходные данные:  $\rho = 950 \text{ кг/м}^3$  – плотность мазута;  $Q = 37,9 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг}$  – теплота сгорания мазута;  $V_m = 0,035 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$  – массовая скорость выгорания мазута;  $E_T = 40 \text{ кВт/м}^2$  – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени для нефтепродуктов;  $J_u = 4,2 \text{ кВт/м}^2$  – пороговая интенсивность излучения для человека;  $J_o = 13,9 - 18,8 \text{ кВт/м}^2$  – интенсивность излучения для возгорания древесины (время облучения соответственно 15...3 мин.). Полагаем, что толщина пятна мазута на поверхности земли составляет  $h = 5 \text{ см}$ , безветрие.

**Решение.**

1. Определяем диаметр пятна разлившегося мазута:

$$d = \sqrt{\frac{4m}{\pi \rho h}}, \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot 60000}{3,14 \cdot 950 \cdot 0,05}} \approx 40,1 \text{ м.}$$

2. Рассчитываем продолжительность горения мазута:

$$t = \rho h / V_m, \quad t = 950 \cdot 0,05 / 0,035 \approx 1357 \text{ с} = 22,6 \text{ мин.}$$

3. Определяем высоту пламени:

$$H \approx 2,5d^{0,7}, \quad H = 2,5 \cdot 40,1^{0,7} \approx 33,1 \text{ м.}$$

4. Находим радиусы теплового поражения людей и возгорания деревянных домов:

$$R_u = \sqrt{\frac{E_T F_1}{2\pi J_u}}, \quad R_u = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^3 \cdot 40,1 \cdot 33,1}{6,28 \cdot 4200}} \approx 44,9 \text{ м,}$$

$$R_d = \sqrt{\frac{E_T F_1}{2\pi J_d}}, \quad R_d = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^3 \cdot 40,1 \cdot 33,1}{6,28 \cdot 13900}} \approx 24,7 \text{ м.}$$

**Вероятностный метод прогнозирования.** Предполагается, что характеристики излучения и типового нагреваемого объекта – случайные величины, следовательно, и ожидаемый результат воздействия теплового излучения – также случайная величина. Метод позволяет рассчитать вероятность определенного вида поражения – в действующих нормативных документах – вероятность летальных последствий для человека. Если обратиться к рис.1.11, то это вероятность поражения при переходе через пороговую кривую – из области «не поражен» в область «поражен».

Вероятность летального поражения человека тепловым излучением определяют по значению пробит-функции, рассчитываемой с помощью формулы:

$$Pr = -9,5 + 2,56 \ln(t \cdot J^{1,33}), \quad (2.2)$$

где  $t$  – эффективное время экспозиции, с;  $J$  – интенсивность теплового излучения, действующего на человека, кВт/м<sup>2</sup>.

Пробит  $Pr$  – характеристика случайной величины – поражения, распределенная по нормальному закону, которая определяется для рассматриваемого воздействия при обработке результатов данных экспериментов и аварий на пожаровзрывоопасных объектах. Вероятность поражения  $P$  может быть рассчитана по значению пробит-функции по формуле:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr-5} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (2.3)$$

Расчет функции распределения нормально распределенной случайной величины обычно ведут, используя табулированную функцию интеграл Лапласа  $\Phi(z)$ :

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (2.4)$$

Тогда:

$$P = 0,5 + \Phi(\text{Pr}-5). \quad (2.5)$$

Для расчета интеграла Лапласа (2.4) можно воспользоваться аппроксимацией:

$$\Phi(z) \approx \Phi_a(z) = 0,5 \left[ 1 - \exp(-0,37z^2 - 0,8z) \right], \quad z \geq 0. \quad (2.6)$$

При  $z < 0$  вследствие свойства нечетности  $\Phi(z)$  считаем  $\Phi_a(z) = -\Phi_a(|z|)$ .

Переход от пробит-функции к вероятности может быть осуществлен и с помощью таблицы 2.3.

Т а б л и ц а 2.3

**Значения пробит-функции**

$P, \%$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,82
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

В качестве примера использования вероятностного метода прогнозирования рассмотрим пожар огненный шар.

Интенсивность теплового излучения, входящая в (2.2), определяется формулой:

$$J = E_T \cdot F_\alpha \cdot k \quad (2.7)$$

где  $E_T$  – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени;  $F_\alpha$  – угловой коэффициент облученности;  $k$  – коэффициент пропускания

атмосферы.

Значение  $F_\alpha$  вычисляется по формуле:

$$F_\alpha = \frac{H/D + 0,5}{4 \left[ (H/D + 0,5)^2 + (r/D)^2 \right]^{1,5}}, \quad (2.8)$$

где  $D$  – эффективный диаметр огненного шара, м;  $H$  – высота центра огненного шара, м;  $r$  – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром огненного шара. Если высота центра облака неизвестна, принимают  $H = D/2$ . Тогда:

$$F_\alpha = \frac{1}{4 \left[ 1 + (r/D)^2 \right]^{1,5}}. \quad (2.9)$$

Размер излучающей области  $D$  огненного шара и время его горения  $t$  зависят от массы горючего вещества в шаре:

$$D = 5,33m^{0,327}; \quad (2.10)$$

$$t = 0,92m^{0,303}, \quad (2.11)$$

где  $D$  – диаметр огненного шара, м;  $t$  – время его горения, с;  $m$  – масса горючего вещества в облаке газовой смеси, кг.

Коэффициент пропускания атмосферы  $k$  рассчитывается по формуле:

$$k = \exp \left[ -7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{r^2 + H^2} - D/2) \right]. \quad (2.12)$$

**Пример 3.** В результате разгерметизации трубопровода котельной в атмосферу попало 350 кг метана. Определить вероятность летального поражения людей, находящихся на расстояниях 50 и 130 м от места аварии трубопровода в случае воспламенения облака газовой смеси и образования огненного шара.

**Решение.**

1. Рассчитываем эффективный диаметр огненного шара по формуле (2.10):

$$D = 5,33 \cdot 350^{0,327} \approx 36,2 \text{ м.}$$

2. По формуле (2.11) определяем время горения шара:

$$t = 0,92 \cdot 350^{0,303} \approx 5,9 \text{ с.}$$

3. Рассчитываем угловой коэффициент облученности для расстояний  $r_1 = 50$  м и  $r_2 = 130$  м, полагаем высоту центра облака  $H = D/2 = 18,1$  м:

$$F_{\alpha} = \frac{1}{4 \left[ 1 + (r/D)^2 \right]^{1,5}},$$

$$F_{\alpha 1} = \frac{1}{4 \left[ 1 + (50/36,2)^2 \right]^{1,5}} \approx 0,050, \quad F_{\alpha 2} = \frac{1}{4 \left[ 1 + (130/36,2)^2 \right]^{1,5}} \approx 0,025.$$

4. Рассчитываем коэффициент пропускания атмосферы:

$$k_1 = \exp \left[ -7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{50^2 + 18,1^2} - 18,1) \right] \approx 0,976,$$

$$k_2 = \exp \left[ -7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (\sqrt{130^2 + 18,1^2} - 18,1) \right] \approx 0,924$$

5. Определяем интенсивность теплового излучения на расстояниях 50 и 130 м:

$$J_1 = 450 \cdot 0,050 \cdot 0,976 \approx 21,0 \text{ кВт/м}^2, \quad J_2 = 450 \cdot 0,025 \cdot 0,924 \approx 10,4 \text{ кВт/м}^2.$$

6. Рассчитываем пробит-функции и вероятности поражения для двух расстояний:

$$Pr_1 = -9,5 + 2,56 \ln(5,9 \cdot 21,0^{1,33}) \approx 5,41, \quad P_1 = 66 \%$$

$$Pr_2 = -9,5 + 2,56 \ln(5,9 \cdot 10,4^{1,33}) \approx 3,02, \quad P_2 = 2,4 \%$$

### 2.3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ВЗРЫВОВ

Оценка возможных последствий техногенных взрывов заключается в определении размеров зон возможных поражений людей и разрушения объектов. Для этого используются детерминированный или вероятностный методы.

**Детерминированный метод.** При его использовании определяется избыточное давление  $\Delta P_{\phi}$  во фронте ударной волны на рассматриваемом объекте, которое сравнивается с поражающим значением давления  $\Delta P_n$ . Так производится наиболее простая – ступенчатая оценка типа “поражен – не поражен”:  $\Delta P_{\phi} \geq \Delta P_n$  – объект поражен,  $\Delta P_{\phi} < \Delta P_n$  – объект не поражен. В качестве критерия поражения  $\Delta P_n$  обычно принимают нижний предел избыточного давления, при котором здания, сооружения, оборудование, системы электроснабжения получают *средние* повреждения. В целом, считается, что большинство промышленных и жилых зданий разрушается при избыточном давлении 25...30 кПа при внешнем воздействии и

20...25 кПа – при внутренних взрывах.

Более точная детерминированная оценка состояния объекта, позволяющая определить материальный ущерб и средства для восстановления в зависимости от степени его разрушения (слабые, средние, сильные, полные), может быть произведена, если имеются данные избыточных давлений, вызывающих те или иные повреждения (табл. П. 2, П. 3).

Данные по степеням разрушения объекта позволяют рассчитать вероятность его поражения как функцию избыточного давления  $\Delta P_\phi$  – т. е. получить параметрический закон поражения  $P(\Delta P_\phi)$ . Будем считать, что избыточное давление во фронте ВУВ, вызывающее разрушение объекта  $\Delta P_n$  – случайная величина для данного типа объектов. Значение  $\Delta P_n$  зависит от того, с какой стороны объекта произведен взрыв, каково состояние атмосферы, каковы индивидуальные особенности данного объекта среди подобных и т. п. – т. е. от многих случайных факторов, интенсивность влияния которых на величину  $\Delta P_n$  приблизительно одинакова. Тогда можно предположить, что величина  $\Delta P_n$  распределена по нормальному закону (хотя  $\Delta P_n \geq 0$ , формально считаем  $-\infty < \Delta P_n < \infty$ ):

$$f(\Delta P_n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_p} \exp \left[ -\frac{(\Delta P_n - \overline{\Delta P_n})^2}{2\sigma_p^2} \right], \quad (2.13)$$

где  $\overline{\Delta P_n}$  – математическое ожидание поражающего избыточного давления;  $\sigma_p^2$  – дисперсия случайной величины  $\Delta P_n$ .

Формальная замена левой границы диапазона поражающего избыточного давления с “0” на “ $-\infty$ ” дает возможность использовать в дальнейшем табулированную функцию Лапласа.

Вероятность поражения объекта при заданном значении  $\Delta P_\phi$  – это вероятность того, что величина  $\Delta P_\phi$  превысит случайное значение поражающего давления  $\Delta P_n$ :

$$P = P\{\Delta P_\phi > \Delta P_n\} = \int_{-\infty}^{\Delta P_\phi} f(\Delta P_n) d(\Delta P_n). \quad (2.14)$$

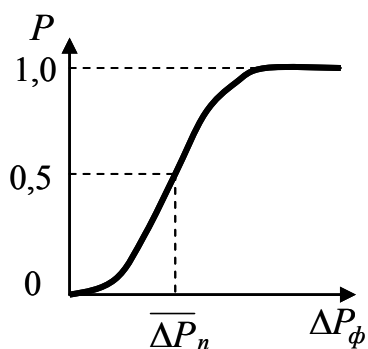


Рис. 2.5. Параметрический закон поражения

Получаемая зависимость  $P(\Delta P_\phi)$  носит название параметрического закона поражения (рис. 2.5). Ошибка при замене предела интегрирования с “0” на “ $-\infty$ ” незначительна.

Определение параметров нормального распределения (2.13)  $\overline{\Delta P_n}, \sigma_p$  является самостоятельной сложной задачей, однако при инженерных расчетах можно воспользоваться выражениями (правило “трех сигм”):

$$\overline{\Delta P_n} = \frac{\Delta P_{\min} + \Delta P_{\max}}{2}, \quad \sigma_p = \frac{\Delta P_{\max} - \Delta P_{\min}}{6}, \quad (2.15)$$

где  $\Delta P_{\min}$  – минимальное избыточное давление, определяющее нижнюю границу слабых разрушений;  $\Delta P_{\max}$  – максимальное избыточное давление, определяющее верхнюю границу сильных разрушений.

Расчет вероятности поражения по формуле (2.14) удобнее проводить, если привести распределение (2.13) к стандартному нормальному закону  $f(z)$  с параметрами  $\bar{z} = 0, \sigma_z = 1$ :

$$z = \frac{\Delta P_n - \overline{\Delta P_n}}{\sigma_p}. \quad (2.16)$$

Тогда вероятность поражения объекта:

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z^*} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = 0,5 + \Phi(z^*), \quad (2.17)$$

где  $z^* = \frac{\Delta P_\phi - \overline{\Delta P_n}}{\sigma_p}$ ,  $\Phi(z^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{z^*} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$  – формула (2.4).

С использованием аппроксимации интеграла Лапласа (2.6) вероятность поражения объекта при  $\Delta P_\phi \geq \overline{\Delta P_n}$  (т. е.  $z^* \geq 0$ ) определится выражением:

$$P = 0,5 + \Phi_a(z^*). \quad (2.18)$$

Если  $\Delta P_\phi \leq \overline{\Delta P_n}$  (т. е.  $z^* \leq 0$ ), то:



$$P = 0,5 - \Phi_a(|z^*|). \quad (2.19)$$

Для аварийных взрывов применяется метод адекватности разрушений, вызванных взрывами различных конденсированных ВВ и смесей горючих веществ с воздухом. По этому методу степень разрушения объекта характеризуют тротиловым эквивалентом, т. е. определяют массу тротила  $G_m$ , которая требуется, чтобы вызвать данный уровень разрушений. Массу тротила определяют, решая уравнение, в которое превращается формула Садовского при подстановке в нее заданного значения избыточного давления  $\Delta P_\phi$ . Его рассчитывают с помощью приложения как среднее значение избыточного давления, соответствующего рассматриваемому повреждению объекта. Этим методом удобно пользоваться в том случае, если отсутствуют сведения (или они очень неопределенные) о массе прореагировавшего вещества, а известны только расстояние до объекта  $R$  и степень его разрушения.

**Вероятностный метод.** Этот метод используется для прогнозирования последствий взрывов газоздушных смесей. Он позволяет рассчитать вероятность наиболее характерных повреждений зданий, сооружений и поражений человека ударной волной. Вероятность поражения определенного уровня рассматриваемого объекта определяется по значению пробит-функции, рассчитываемой по значениям избыточного давления  $\Delta P$  ударной волны и импульса фазы сжатия  $I$ . Метод аналогичен описанному ранее при оценке воздействия теплового излучения.

Формулы для вычисления пробит-функций.

*Поражение человека*

1. Разрыв барабанных перепонок:

$$Pr = -12,6 + 1,524 \ln \Delta P, \quad (2.20)$$

где  $\Delta P$  – избыточное давление в ударной волне, Па.

2. Контузия легких:

$$Pr = 5 - 5,74 \ln \left( \frac{4,2}{1 + \frac{\Delta P}{P_0}} + \frac{1,3 P_0^{0,5} m^{0,33}}{I} \right), \quad (2.21)$$

где  $I$  – импульс фазы сжатия, Па·с;  $m$  – масса тела человека, кг;

$$P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

3. Отброс человека:

$$Pr = 5 - 2,44 \ln \left( \frac{7,38 \cdot 10^3}{\Delta P} + \frac{1,3 \cdot 10^9}{\Delta P \cdot I} \right). \quad (2.22)$$

#### *Разрушение зданий*

1. Слабые разрушения, возможно восстановление:

$$Pr = 5 - 0,26 \ln \left[ \left( \frac{4600}{\Delta P} \right)^{3,9} + \left( \frac{110}{I} \right)^{5,0} \right]. \quad (2.23)$$

2. Средние разрушения, трудновосстанавливаемые повреждения:

$$Pr = 5 - 0,26 \ln \left[ \left( \frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left( \frac{290}{I} \right)^{9,3} \right]. \quad (2.24)$$

3. Сильные разрушения, невосстанавливаемые повреждения, обрушения:

$$Pr = 5 - 0,22 \ln \left[ \left( \frac{40000}{\Delta P} \right)^{7,4} + \left( \frac{460}{I} \right)^{11,3} \right]. \quad (2.25)$$

Переход к вероятности поражения производится с помощью табл. 2.3 или по формуле (2.5).

**Пример 4.** На складе взрывчатых веществ произошел аварийный взрыв 5,5 т гексогена. Определить вероятность разрушения незаполненного наземного резервуара для хранения ГСМ, находящегося в 120 м от склада ВВ.

Исходные данные: теплота взрыва гексогена 5,36 МДж/кг (табл. 1.8); значения избыточных давлений  $\Delta P_\phi$ , приводящих к разрушениям указанного резервуара: слабые разрушения – 15-20 кПа, средние – 20-30 кПа, сильные – 30-40 кПа, полные – более 40 кПа (табл. П. 3).

**Р е ш е н и е.**

1. Определяем тротильный эквивалент взрыва (формула (1.20), теплота взрыва тротила 4,52 МДж/кг):

$$Q_m = \frac{5500 \cdot 5,36}{4,52} \approx 6522 \text{ кг.}$$

2. Рассчитываем по формуле Садовского для наземного взрыва (1.17) избыточное давление во фронте воздушной ударной волны:

$$\Delta P_{\phi} = 101 \cdot \frac{6522^{0,33}}{180} + 420 \cdot \left( \frac{6522^{0,33}}{180} \right)^2 + 1410 \cdot \left( \frac{6522^{0,33}}{180} \right)^3 \approx 29,7 \text{ кПа.}$$

3. Определяем характеристики распределения поражающего давления – формула (2.15):

$$\overline{\Delta P_n} = \frac{15 + 40}{2} = 27,5 \text{ кПа}; \quad \sigma_p = \frac{40 - 15}{6} \approx 4,2 \text{ кПа.}$$

4. Рассчитываем величину  $z^*$  для формулы (2.17):

$$z^* = \frac{29,7 - 27,5}{4,2} \approx 0,5.$$

5. Находим вероятность разрушения резервуара с помощью (2.18):

$$P = 0,5 + \Phi_a(0,5) = 0,5 + 0,5 [1 - \exp(-0,37 \cdot 0,5^2 - 0,8 \cdot 0,5)] \approx 0,69$$

**Пример 5.** В результате образования трещины в наземном трубопроводе, соединяющем два цеха, в атмосферу было выброшено 230 кг бутана. Найти вероятность сильного разрушения здания цеха, находящегося в 55 м от места утечки газа и контузии людей, работающих в 70 м от этого места в случае взрыва образовавшегося облака газозвушной смеси.

Исходные данные: теплота сгорания бутана 45,8 МДж/кг (табл. 1.9); взрыв наземный, так как плотность бутана больше плотности воздуха.

**Р е ш е н и е.**

1. Бутан относится к чувствительным к детонации (класс 2) горючим веществам (табл. 1.11).

2. Вид окружающего пространства – 4 – слабозагроможденное и свободное пространство (табл. 1.10).

3. По экспертной таблице (табл. 1.12) определяем вид взрывного превращения – дефлаграция, скорость фронта пламени 175 м/с (среднее значение из приведенного диапазона).

4. Определяем энергозапас  $W$  облака газозвушной смеси (удваивается по сравнению с воздушным взрывом):

$$W = 2 \cdot 230 \cdot 45,8 \approx 2,1 \cdot 10^{10} \text{ Дж.}$$

5. Определяем безразмерное расстояние  $\bar{R}$  для здания и людей:

$$\bar{R}_1 = 55 \left( \frac{1,013 \cdot 10^5}{2,1 \cdot 10^{10}} \right)^{1/3} \approx 0,93,$$

$$\bar{R}_2 = 70 \left( \frac{1,013 \cdot 10^5}{2,1 \cdot 10^{10}} \right)^{1/3} \approx 1,18.$$

6. Рассчитываем безразмерные избыточное давление и импульс (1.24):

$$\overline{\Delta P}_1 = \left( \frac{175}{331} \right)^2 \left( \frac{0,71}{0,93} - \frac{0,12}{0,93^2} \right) \approx 0,146,$$

$$\overline{\Delta P}_2 = \left( \frac{175}{331} \right)^2 \left( \frac{0,71}{1,18} - \frac{0,12}{1,18^2} \right) \approx 0,144,$$

$$\bar{I}_1 = \frac{175}{331} \left( 1 - 0,34 \frac{175}{331} \right) \left( \frac{0,051}{0,93} + \frac{0,0086}{0,93^2} + \frac{0,0021}{0,93^3} \right) \approx 0,0292,$$

$$\bar{I}_2 = \frac{175}{331} \left( 1 - 0,34 \frac{175}{331} \right) \left( \frac{0,051}{1,18} + \frac{0,0086}{1,18^2} + \frac{0,0021}{1,18^3} \right) \approx 0,0219.$$

7. Рассчитываем избыточное давление и импульс фазы сжатия (1.25):

$$\Delta P_1 = 1,013 \cdot 10^5 \cdot 0,146 \approx 14790 \text{ Па},$$

$$\Delta P_2 = 1,013 \cdot 10^5 \cdot 0,144 \approx 14590 \text{ Па},$$

$$I_1 = \frac{\left[ (1,013 \cdot 10^5)^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{10} \right]^{1/3}}{331} 0,0292 \approx 525 \text{ Па}\cdot\text{с},$$

$$I_2 = \frac{\left[ (1,013 \cdot 10^5)^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{10} \right]^{1/3}}{331} 0,0219 \approx 397 \text{ Па}\cdot\text{с}$$

8. Определяем пробит – функции и вероятности разрушений здания.

Слабые разрушения:  $Pr_1 = 5 - 0,26 \ln \left[ \left( \frac{4600}{14790} \right)^{3,9} + \left( \frac{110}{525} \right)^{5,0} \right] \approx 6,17, P_1 = 88 \%$ .

Средние разрушения, при которых возможно восстановление здания без его сноса:

$$Pr_2 = 5 - 0,26 \ln \left[ \left( \frac{17500}{14790} \right)^{8,4} + \left( \frac{290}{525} \right)^{9,3} \right] \approx 4,62, P_2 = 35 \%$$

Сильные разрушения, при которых здание подлежит сносу:

$$Pr_3 = 5 - 0,22 \ln \left[ \left( \frac{40000}{14790} \right)^{7,4} + \left( \frac{460}{525} \right)^{11,3} \right] \approx 3,38, P_3 = 5 \%$$

9. Находим пробит-функции и вероятности поражения людей.

Разрыв барабанных перепонок:  $Pr_4 = -12,6 + 1,524 \ln 14590 \approx 2,01, P_4 = 0$ .

Контузия, длительная потеря управляемости у людей (полагаем, что средняя

масса человека равна 70 кг):

$$Pr_5 = 5 - 5,74 \ln \left( \frac{4,2}{1 + \frac{14590}{1,013 \cdot 10^5}} + \frac{1,3 \cdot (1,013 \cdot 10^5)^{0,5} \cdot 70^{0,33}}{397} \right) \approx -6,9, P_5 = 0.$$

**Пример 6.** В помещении объемом 56 м<sup>3</sup> внутри жилого здания произошла утечка пропана. Оценить возможные последствия взрыва газа.

Считать, что взрыв газа происходит при его концентрации в воздухе, равной НКПВ, а объем газовой смеси составляет 0,8 от объема помещения.

Исходные данные: теплота сгорания пропана 46,4 МДж/кг; нижний концентрационный предел воспламенения пропана – 2,1 % объема газовой смеси (табл. 1.9); в формуле (1.27) полагаем, что доля пропана, участвующего во взрыве,  $\alpha = 0,5$ , и для помещения с окнами и дверьми в обычном исполнении  $\chi = 3$ .

**Решение.**

1. Находим объем пропана в газовой смеси при его концентрации, равной НКПВ (табл. 1.9):

$$V = 56 \cdot 0,8 \cdot 0,021 \approx 0,94 \text{ м}^3.$$

2. Масса пропана в газовой смеси равна:

$$G = 2,01 \cdot 0,94 \approx 1,89 \text{ кг}.$$

3. Рассчитываем избыточное давление при взрыве газа в помещении (1.27):

$$\Delta P = \frac{0,5 \cdot 1,89 \cdot 46,4 \cdot 10^6 \cdot 1,013 \cdot 10^5}{3 \cdot 1,01 \cdot 10^3 \cdot 56 \cdot 1,29 \cdot 273} \approx 74 \cdot 10^3 \text{ Па} = 74 \text{ кПа},$$

что значительно превышает поражающее избыточное давление для жилых зданий при взрывах внутри 20...25 кПа. Вывод: в случае взрыва газа здание будет разрушено.

**Пример 7.** При производственной аварии произошла утечка водорода в атмосферу, образовалось облако газовой смеси диаметром 30 м. Каков тротиловый эквивалент взрыва этого облака по ударной волне? Считать, что взрыв происходит при концентрации водорода, соответствующей стехиометрическому составу смеси.

**Решение.**

1. Определяем объем водорода в облаке газовой смеси при ее стехиометрическом составе (табл. 1.9):

$$V = \frac{3,14 \cdot 30^3 \cdot 0,2857}{6} \approx 4037 \text{ м}^3.$$

2. Находим массу водорода в облаке газовой смеси (табл. 1.9):

$$G = 0,089 \cdot 4037 \approx 359,3 \text{ кг.}$$

3. Рассчитываем тротильный эквивалент облака газовой смеси по ударной волне (1.22):

$$G_m = \frac{0,44 \cdot 0,1 \cdot 359,3 \cdot 120}{4,52} \approx 420 \text{ кг.}$$

**Пример 8.** Определить тротильный эквивалент наземного аварийного взрыва, если при этом находящееся в 150 м двухэтажное здание получило слабые повреждения.

**Решение.**

1. Определяем среднее избыточное давление в ударной волне, соответствующее указанному разрушению (табл. П. 3):

$$\Delta P_\phi = \frac{8+15}{2} = 11,5 \text{ кПа.}$$

2. Используя формулу Садовского (1.17) как кубическое уравнение, находим тротильный эквивалент взрыва  $G$ , вызвавшего такие же разрушения:

$$101 \cdot \frac{G^{0,33}}{150} + 420 \cdot \frac{G^{0,66}}{150^2} + 1410 \cdot \frac{G^{0,99}}{150^3} = 11,5, \quad G = 1867 \text{ кг.}$$

## 2.4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА АЭС

### 2.4.1. Общие положения

Под *радиационной обстановкой* понимают совокупность условий и факторов, связанных с радиоактивным загрязнением (заражением) местности, приземного слоя воздуха и водоисточников, оказывающих влияние на жизнедеятельность населения, функционирование объектов экономики, действия формирований ликвидации последствий аварии.

Радиационная обстановка характеризуется масштабами и степенью радиоактивного загрязнения местности и воздуха. Термины “загрязнение” и “заражение” обозначают одно и то же физическое явление, но первый используется по отношению к событиям мирного времени, а второй – к военному времени.

*Выявление радиационной обстановки* – это определение методом прогноза или по данным разведки масштабов и степени радиоактивного загрязнения. Выявление радиационной обстановки включает:

- определение размеров зон загрязнения;
- определение мощности дозы излучения;
- отображение полученных результатов на картах (планах, схемах), ввод в электронные средства обработки информации.

Исходные данные для выявления радиационной обстановки включают три группы сведений:

- данные о разрушенных ядерных реакторах (по каждому: время, координаты, тип, электрическая мощность, доля выброшенных радиоактивных веществ);
- размещение населения, объектов экономики на окружающей территории;
- метеоусловия (направление и скорость ветра).

Направление ветра определяет положение следа радиоактивного загрязнения на местности, а его размеры зависят от величины скорости ветра и состояния вертикальной устойчивости атмосферы (конвекция, изотермия, инверсия).

*Оценка радиационной обстановки* – это определение влияния радиоактивного загрязнения на население, производственные объекты, действия сил по ликвидации последствий аварии, а также обоснование мероприятий защиты. Оценка радиационной обстановки включает:

- определение ожидаемых доз облучения и радиационных потерь;
- определение целесообразных действий населения, производственного персонала и способов защиты;
- подготовку предложений по защите населения и территорий.

Исходными данными для оценки радиационной обстановки являются:

- выявленная радиационная обстановка;
- время пребывания людей (населения, персонала, сил ликвидации последствий аварии) на загрязненной местности и их радиационная защищенность (коэффициент ослабления излучения).

Выявление и оценку радиационной обстановки при аварии на АЭС

проводят с целью обоснования защитных мероприятий по сведению к минимуму доз облучения и количества облученных. Эти мероприятия проводятся на основе прогнозируемых доз облучения, получаемых за определенный промежуток времени. Если прогнозируемые дозы значительны за первые сутки пребывания на загрязненной местности, проводятся: *укрытие* – немедленное удаление людей с открытой местности в убежища и укрытия, вывод людей за пределы района аварии; *йодная профилактика*; *экстренная эвакуация* – это неотложные мероприятия.

Выполнение защитных мероприятий может приводить к нарушению нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории, т. е. является *вмешательством*, которое влечет за собой не только экономический ущерб, но и неблагоприятное воздействие на здоровье населения, психологическое воздействие на население и неблагоприятное изменение состояния экосистем. Поэтому при принятии решений о характере вмешательства (защитных мероприятиях) руководствуются принципами обоснованности и оптимизации вмешательства.

Предлагаемое вмешательство должно принести обществу и, прежде всего, облучаемым лицам больше пользы, чем вреда, т. е. уменьшение ущерба в результате снижения дозы должно быть достаточным, чтобы оправдать вред и стоимость вмешательства, включая его социальную стоимость. Это принцип обоснования вмешательства.

Форма, масштаб и длительность вмешательства должны быть оптимизированы таким образом, чтобы чистая польза от снижения дозы, т. е. польза от снижения радиационного ущерба за вычетом ущерба, связанного с вмешательством, была максимальной. Это принцип оптимизации вмешательства.

Исходя из указанных принципов, на случай аварии устанавливаются уровни вмешательства по дозе, мощности дозы и степени загрязнения объектов.

Для принятия решения на проведение неотложных мероприятий защиты устанавливаются дозовые уровни облучения: **А** и **Б** (табл. 2.4).



**Критерии для принятия неотложных решений  
в начальном периоде радиационной аварии**

Меры защиты		Предотвращаемая доза за первые 10 суток, мГр			
		на все тело		щитовидная железа, легкие, кожа	
		уровень А	уровень Б	уровень А	уровень Б
Укрытие		5	50	50	500
Йодная профилактика	взрослые	-	-	250*	2500*
	дети	-	-	100*	1000*
Эвакуация		50	500	500	5000

Примечание: \* только для щитовидной железы.

Если доза облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, не превосходит уровень **А**, нет необходимости в выполнении мер защиты, связанных с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, а также хозяйственного и социального функционирования территории.

Если предотвращаемое защитным мероприятием облучение превосходит уровень **А**, но не достигает уровня **Б**, решение о выполнении мероприятия защиты принимается по принципам обоснования и оптимизации с учетом конкретной обстановки и местных условий.

Если уровень облучения, предотвращаемого защитным мероприятием, достигает и превосходит уровень **Б**, необходимо выполнение соответствующих мер защиты, даже если они связаны с нарушением нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории.

После окончания выброса радиоактивных веществ из аварийного реактора в атмосферу и полного формирования следа загрязнения производится оценка сложившейся радиационной обстановки на всей окружающей территории. В зависимости от степени радиоактивного загрязнения местности и возможных последствий внешнего облучения выделяют следующие зоны: радиационной опасности, умеренного, сильного, опасного и чрезвычайно опасного загрязнения (табл. 2.5). В этих зонах необходимо проводить мероприятия защиты населения с целью уменьшения облучения.

**Характеристики зон радиоактивного загрязнения местности  
при авариях на АЭС**

Наименование, индекс зоны	Цвет для обозначения внешней границы	Доза излучения за первый год после аварии, Гр <i>Внутр.граница</i> <i>Внешн.граница</i>	Мощность дозы на 1ч после аварии, мГр/ч <i>Внутр.граница</i> <i>Внешн.граница</i>
Радиационной опасности – М	Красный	$\frac{0,5}{0,05}$	$\frac{1,40}{0,14}$
Умеренного загрязнения – А	Синий	$\frac{5}{0,5}$	$\frac{14}{1,4}$
Сильного загрязнения – Б	Зеленый	$\frac{15}{5}$	$\frac{42}{14}$
Опасного загрязнения – В	Коричневый	$\frac{50}{15}$	$\frac{140}{42}$
Чрезвычайно опасного загрязнения – Г	Черный	$\frac{> 90}{50}$	$\frac{> 420}{140}$

В пределах зоны «М» целесообразно ограничивать пребывание личного состава, не привлекаемого непосредственно к работам по ликвидации последствий аварии.

При необходимости выполнения работ в зоне «А» личный состав должен находиться в защищенной технике.

В зоне «Б» личный состав должен размещаться в защитных сооружениях.

В зоне «В» личный состав должен находиться в защищенных сооружениях, время работ ограничено несколькими часами.

В зоне «Г» не следует допускать даже кратковременного пребывания личного состава.

**2.4.2. Последовательность прогнозирования  
радиационной обстановки**

При прогнозировании (выявлении и оценке) радиационной обстановки в первую очередь определяются данные, необходимые для выполне-

ния неотложных мероприятий защиты.

**Исходные данные для прогнозирования радиационной обстановки.**

Информация об АЭС:

- координаты АЭС, время аварии;
- тип аварийного реактора (РБМК или ВВЭР);
- электрическая мощность реактора –  $W$ , МВт;
- количество аварийных реакторов –  $n$ ;
- доля выброшенных радиоактивных веществ из реактора –  $\eta$ , %

(если она неизвестна, то полагают  $\eta = 10$  %).

Метеорологические условия:

- скорость и направление ветра на высоте 10 м –  $V$ , м/с;
- состояние облачного покрова: отсутствует, средний, сплошной.

**Последовательность прогнозирования радиационной обстановки.**

1. Определение категории устойчивости атмосферы по заданным погодным условиям и времени суток (табл. П. 5.1).
2. Нанесение на карту (схему) аварийного реактора и оси зоны загрязнения, определяемой направлением ветра (рис. 2.6-а).

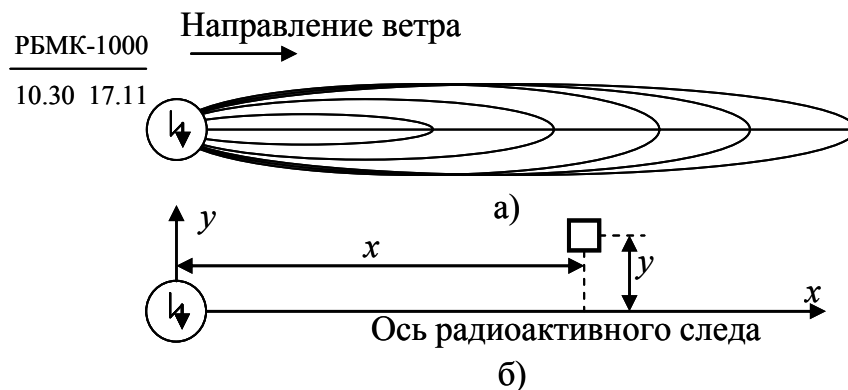


Рис. 2.6. а) Нанесение зон радиоактивного загрязнения на карту;  
б) Определение координат  $x, y$  объекта относительно аварийного реактора

3. Определение размеров – длины  $L_x$  и максимальной ширины  $L_y$  зон, соответствующих дозовым уровням А и Б планирования неотложных мероприятий защиты населения (табл. 2.6).

Максимальная ширина зоны  $L_y$  рассчитывается по формуле:

Т а б л и ц а 2.6

**Глубины ( $L_x$ , км) зон радиоактивного загрязнения и облучения щитовидной железы для принятия неотложных решений по защите населения в начальном периоде аварии для реакторов РБМК-1000 и ВВЭР-1000 при различной степени вертикальной устойчивости атмосферы и скорости ветра (м/с) на высоте 10 м**

Зона		Конвекция			Изотермия			Инверсия		
		$\leq 2$	3	4	$\leq 2$	5	$\geq 7$	$\leq 2$	3	4
Укрытие (уровень А, 5 мГр за первые 10 суток на все тело)		$\frac{240}{> 300}$	$\frac{200}{> 240}$	$\frac{190}{> 220}$	$\frac{> 280}{> 260}$	$\frac{> 300}{> 200}$	$\frac{> 260}{> 300}$	$\frac{250}{275}$	$\frac{> 280}{210}$	$\frac{> 300}{> 250}$
Укрытие (уровень Б, 50 мГр за первые 10 суток на все тело)		$\frac{55}{110}$	$\frac{40}{110}$	$\frac{35}{80}$	$\frac{140}{200}$	$\frac{163}{300}$	$\frac{160}{295}$	$\frac{140}{140}$	$\frac{185}{130}$	$\frac{220}{180}$
Эвакуация (уровень Б, 500 мГр за первые 10 суток на все тело)		$\frac{10}{21}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{6}{11}$	$\frac{45}{70}$	$\frac{30}{44}$	$\frac{25}{53}$	$\frac{60}{57}$	$\frac{60}{50}$	$\frac{50}{50}$
Йодная профилактика										
В з р о с л ы е	Уровень А, 250 мГр за первые 10 суток для щитовидной железы	$\frac{90}{140}$	$\frac{69}{125}$	$\frac{51}{98}$	$\frac{160}{180}$	$\frac{185}{235}$	$\frac{195}{240}$	$\frac{160}{185}$	$\frac{190}{220}$	$\frac{205}{270}$
	Уровень Б, 2500 мГр за первые 10 суток для щитовидной железы	$\frac{48}{28}$	$\frac{11}{20}$	$\frac{9}{14}$	$\frac{60}{90}$	$\frac{48}{90}$	$\frac{40}{78}$	$\frac{77}{105}$	$\frac{85}{120}$	$\frac{87}{130}$
Д е т и	Уровень А, 100 мГр за первые 10 суток для щитовидной железы	$\frac{255}{278}$	$\frac{227}{275}$	$\frac{198}{270}$	$\frac{277}{260}$	$\frac{287}{> 300}$	$\frac{297}{> 300}$	$\frac{243}{257}$	$\frac{280}{290}$	$\frac{290}{> 300}$
	Уровень Б, 1000 мГр за первые 10 суток для щитовидной железы	$\frac{91}{141}$	$\frac{80}{124}$	$\frac{54}{101}$	$\frac{157}{178}$	$\frac{179}{230}$	$\frac{190}{232}$	$\frac{161}{181}$	$\frac{184}{218}$	$\frac{192}{265}$

*Примечание.* В числителе приведены значения для РБМК-1000, в знаменателе – для ВВЭР-1000.

$$L_y = CL_x, \quad (2.26)$$

где коэффициент  $C$  зависит от категории вертикальной устойчивости ат-

мосферы:  $C=0,2$  для конвекции,  $C=0,06$  для изотермии,  $C=0,03$  для инверсии.

После нанесения на карту в виде эллипсов изодозных линий (линий равной дозы) уровней **А** и **Б** определяют населенные пункты, объекты, где требуется проведение неотложных мероприятий защиты.

Затем в порядке, изложенном ниже, выявляется и оценивается радиационная обстановка на всей загрязненной местности.

4. Определение средней скорости ветра в слое распространения радиоактивного облака (табл. П. 5.2).

5. Определение размеров зон возможного загрязнения местности для заданного типа реактора и доли выброшенных из него РВ и нанесение их на карту (табл. П. 5.3, П. 5.4) – рис. 2.6-а.

6. Определение ожидаемых мощностей доз излучения на объекте.

а) По карте с нанесенными на ней прогнозируемыми зонами загрязнения находятся координаты  $x, y$  объекта относительно аварийного реактора – рис. 2.6-б;

б) По табл. П. 5.5 или П. 5.6 для расстояния от АЭС –  $x$ , выхода радиоактивных веществ из реактора  $\eta = 10\%$  определяется мощность дозы на оси ( $y = 0$ ) следа облака  $P_{ось}$  на 1 час после аварии;

в) Если объект расположен в стороне от оси следа –  $y$ , а мощность реактора и выброс РВ отличаются от 10 %, то ожидаемая мощность дозы на объекте  $P_{ож}$  на произвольный момент времени  $t$  после аварии определяется по формуле:

$$P_{ож} = P_{ось} K_y K_w K_t, \quad (2.27)$$

где  $K_y$  – коэффициент, учитывающий уменьшение мощности дозы в стороне от оси следа – определяется по табл. П. 5.7 – П. 5.9;  $K_w$  – коэффициент, учитывающий электрическую мощность  $W$  реактора и долю  $\eta$  выброса, рассчитывается по формуле:

$$K_w = 10^{-4} n W \eta, \quad (2.28)$$

$K_t$  – коэффициент, учитывающий изменение мощности дозы с течением времени – определяется по табл. П. 5.11, П. 5.12.

7. Определение дозы облучения на открытой местности (табл.

П. 5.13, П. 5.14).

8. Расчет дозы облучения за защитой (табл. П. 5.15).

9. Сравнение рассчитанной дозы с допустимой (устанавливаемой) дозой. Если рассчитанная доза превышает допустимую дозу, решаются задачи по выбору наиболее целесообразных вариантов действий – перенос работ на более поздний срок, организация работы сменами, планируются другие мероприятия по снижению дозы облучения и уменьшению количества облученных.

**Пример 9.** Определить размеры зон возможного загрязнения при аварии реактора РБМК-1000, произошедшей 3 октября в 14.30, доля выброса РВ 30 %, скорость ветра на высоте 10 м – 4 м/с, облачность – средняя.

**Решение.**

1. По табл. П. 5.1 определяем категорию вертикальной устойчивости атмосферы – Д.

2. По табл. П. 5.2 определяем среднюю скорость ветра в слое распространения облака –  $V_{cp} = 5$  м/с.

3. По табл. П. 5.3 определяем размеры прогнозируемых зон загрязнения (длина/ширина, км): М – 418/31,5; А - 145/8,42; Б – 33,7/1,73; В - 17,6/0,69.

**Пример 10.** Для условий примера 9 определить ожидаемую мощность дозы на объекте, расположенном на удалении 25 км по оси следа и в 2 км от нее, через 6 часов после аварии.

**Решение.**

1. По табл. П. 5.5 определяем мощность поглощенной дозы излучения на оси следа через 1 час после аварии (линейная интерполяция по расстоянию) – используем несистемную единицу, как в действующей методике:

$$P_{ось} = (1,01 + 0,546) / 2 \approx 0,78 \text{ рад/ч.}$$

2. Рассчитываем коэффициенты, учитывающие:

– удаление от оси следа (табл. П. 5.8)  $K_y = 0,2$ ;

– отличие доли выброса  $K_w = 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 30 = 3$ ;

– отличие во времени от 1 часа (табл. П. 5.11)  $K_t = 0,61$ .

3. Определяем ожидаемую мощность дозы на объекте через 6 часов после аварии:

$$P_{ожс} = 0,78 \cdot 0,2 \cdot 3 \cdot 0,61 \approx 0,29 \text{ рад/ч.}$$

**Пример 11.** Для условий примера 10 определить дозу облучения личного состава расчета, который должен провести плановые профилактические работы на электрической подстанции (открытая местность) 3 октября с 17.30 до 23.30.

**Р е ш е н и е.**

1. По табл. П. 5.10 определяем время начала формирования следа радиоактивного загрязнения  $t_{\phi}$  после аварии (используем линейную интерполяцию по расстоянию):

$$t_{\phi} = (1,0 + 1,5) / 2 = 1,25 \text{ ч.}$$

2. Вычисляем приведенное время начала работы расчета на подстанции:

$$t_{нач} = T_{нач} - T_{ав} = 17.30 - 14.30 = 3 \text{ ч;}$$

$t_{нач} > t_{\phi}$ , поэтому приведенное время начала облучения  $t_{нач обл} = t_{нач}$ .

3. Рассчитываем ожидаемую мощность дозы излучения на подстанции на 1 час после аварии (это значение мощности дозы – фиктивное, так как загрязнение начинается только через 1,25 ч, но оно требуется для расчета дозы облучения):

$$P_{ож} (1 \text{ ч}) = P_{ось} K_y K_w = 0,78 \cdot 0,2 \cdot 3 \approx 0,47 \text{ рад/ч.}$$

4. По табл. П. 5.13 находим коэффициент  $K_{доз}$  для расчета дозы облучения по значению мощности дозы на 1 час после аварии (начало облучения  $t_{нач} = 3$  ч, продолжительность облучения  $\Delta t = T_{кон} - T_{нач} = 23.30 - 17.30 = 6$  ч):  $K_{доз} = 3,72$ .

5. Рассчитываем дозу облучения по формуле:

$$D = \frac{P_{ож} (1 \text{ ч}) \cdot K_{доз}}{K_{осл}}, \quad (2.29)$$

Работа ведется на открытой местности, поэтому  $K_{осл} = 1$ , тогда:

$$D = 0,47 \cdot 3,72 \approx 1,75 \text{ рад.}$$

**Пример 12.** Условия примера 11: прогнозируемая доза облучения личного состава расчета, который должен провести плановые профилактические работы на электрической подстанции (открытая местность) 3 октября с 17.30 до 23.30, составляет 1,75 рад. С учетом ранее полученных доз при выполнении этих работ облучение расчета не должно превышать 0,5 рад – установленная доза. Определить время, на которое необходимо перенести работу на загрязненной местности, для того, чтобы доза облучения не превысила установленную.

**Р е ш е н и е.**

1. Используя (2.29) по установленной дозе рассчитываем требуемое зна-

чение коэффициента  $K_{\text{доз}}$ :

$$K_{\text{доз}} = \frac{D_{\text{уст}} \cdot K_{\text{осл}}}{P_{\text{ож}}(1 \text{ ч})}, \quad (2.30)$$

$$K_{\text{доз}} = 0,5 / 0,47 \approx 1,06.$$

2. По табл. П. 5.13 определяем время перенесенного начала работы на загрязненной местности. Для этого в столбце “продолжительность пребывания в зоне загрязнения – 6 ч” находим наиболее близкое к 1,06 значение  $K_{\text{доз}}$  (не превышающее 1,06):  $K_{\text{доз}} = 0,83$ , которому соответствует начало облучения (работы на загрязненной местности)  $t_{\text{нач}} = 10$  суток. При этом доза облучения составит  $D = 0,47 \cdot 0,83 \approx 0,39$  рад.

Для расчета времени начала работы, точно соответствующего дозе 0,5 рад, воспользуемся методом линейной интерполяции. Ближнему к 0,83 значению  $K_{\text{доз}} = 1,15$  соответствует начало работы  $t_{\text{нач}} = 5$  суток и доза облучения  $D = 0,47 \cdot 1,15 \approx 0,54$  рад. Используя линейную интерполяцию, для дозы 0,5 рад находим:

$$t_{\text{нач}} = 5 + \frac{(0,54 - 0,5) \cdot (10 - 5)}{0,54 - 0,39} \approx 6,3 \text{ суток.}$$

Следовательно, доза облучения расчета составит 0,5 рад, если работу начать через 6 суток и 8 часов после аварии, т. е. 10 октября в 1.30.

**Пример 13.** Условия примера 11: прогнозируемая доза облучения личного состава расчета, который должен провести плановые профилактические работы на электрической подстанции (открытая местность) 3 октября с 17.30 до 23.30, составляет 1,75 рад. С целью уменьшения дозы облучения начальник расчета решил провести работы двумя сменами. Неработающая смена будет находиться в подвале одноэтажного здания на территории подстанции ( $K_{\text{осл}} > 100$ ). Найти время работы первой и второй смен.

**Р е ш е н и е.**

1. Рассчитываем значение коэффициента  $K_{\text{доз1}}$ , соответствующее половине дозы, определенной в примере 11:

$$K_{\text{доз1}} = K_{\text{доз}} / 2 = 3,72 / 2 = 1,86.$$

2. По табл. П. 5.13 определяем время окончания работы первой смены и начала работы второй  $t_{\text{кон1}}$ . Для этого в строке “ $t_{\text{нач}} = 3$  ч” находим наиболее близкие к 1,86 значения дозовых коэффициентов 1,38 и 2,01, соответствующих продолжительности работы 2 ч и 3 ч. Используя метод линейной интерполяции



находим  $t_{кон1}$ :

$$t_{кон1} = 2 + \frac{(1,86 - 1,38) \cdot (3 - 2)}{2,01 - 1,38} \approx 2,76 \text{ ч.}$$

Следовательно, первая смена работает 2 ч 45 мин, вторая – 3 ч 15 мин, доза облучения для каждой смены 0,88 рад.

Прогнозирование фактической (по данным разведки) радиационной обстановки производится так же, как было изложено выше с тем лишь отличием, что исходные данные по уровням радиации – реальные, наблюдаемые на объектах.

**Пример 14.** Авария на реакторе РБМК-1000 произошла 3 октября в 14.30. Измеренная мощность дозы излучения на объекте в 17.30 составила 0,5 рад/ч.

- а) Какая мощность дозы будет в 19.30?
- б) Когда мощность дозы снизится до 0,1 рад/ч?

Р е ш е н и е.

а) 1. Определяем приведенное к моменту аварии время измерения мощности дозы:

$$t_{изм} = 17.30 - 14.30 = 3 \text{ ч.}$$

2. Определяем приведенное к моменту аварии время  $t$ , на которое требуется найти мощность дозы:

$$t = 19.30 - 14.30 = 5 \text{ ч.}$$

3. По табл. П. 5.11 находим коэффициент  $K_t = 0,86$ .

4. Рассчитываем мощность дозы на 19.30 по формуле:

$$P(t) = P_{изм} K_t,$$
$$P = 0,5 \cdot 0,86 \approx 0,43 \text{ рад/ч.}$$

б) 1. Определяем приведенное время измерения:

$$t_{изм} = 17.30 - 14.30 = 3 \text{ ч.}$$

2. Рассчитываем требуемое значение коэффициента  $K_t$  по формуле:

$$K_t = P / P_{изм},$$
$$K_t = 0,1 / 0,5 = 0,2.$$

3. По табл. П. 5.11 в строке “ $t_{изм} = 3$  ч” находим значение коэффициента  $K_t$ , наиболее близкое к требуемому – 0,2. Это –  $K_t = 0,18$ , что соответствует 10 суткам после аварии, мощность дозы – 0,09 рад/ч. Более точно требуемое время можно найти методом линейной интерполяции.

Все задачи по прогнозированию радиационной обстановки кроме определения размеров зон загрязнения и уровней радиации на объектах можно решить и аналитически, без применения таблиц приложения 5, используя формулы (1.40), (1.41).

## **2.5. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ**

### **2.5.1. Общие положения**

Под химической обстановкой понимают условия и факторы, возникающие при авариях на химически опасных объектах и оказывающие влияние на жизнедеятельность населения, функционирование объектов экономики, действия формирований ликвидации последствий аварии.

Химическая обстановка возникает вследствие химического заражения местности, воздуха, водоемов. Химическое заражение характеризуется масштабами, продолжительностью и последствиями.

Основными показателями масштабов химического заражения являются размеры района аварии, глубина и площадь распространения первичного и вторичного облака зараженного воздуха.

Временные показатели оценивают время подхода облака зараженного воздуха к заданному объекту и продолжительность проявления последствий заражения.

Последствия химического заражения оцениваются ожидаемыми потерями персонала, населения, объемом заражения оборудования.

Для определения влияния аварийной химической обстановки в зоне химического заражения на персонал, жизнедеятельность населения, действия формирований ликвидации ЧС производится ее выявление и оценка.

*Выявление* аварийной химической обстановки заключается в определении масштабов и временных показателей заражения.

*Оценка* аварийной химической обстановки включает:

- анализ выявленной химической обстановки с целью определения ее влияния на жизнедеятельность населения;
- выбор мероприятий защиты и наиболее целесообразных вариантов действий формирований ликвидации ЧС.

Оценка химической обстановки завершается принятием решения и

разработкой соответствующих планирующих документов, которые определяют последовательность проводимых мероприятий и состав сил и средств, привлекаемых для ликвидации ЧС.

### **2.5.2. Последовательность прогнозирования химической обстановки**

Прогнозирование химической обстановки осуществляется в следующей последовательности:

- прогнозирование масштабов заражения приземного слоя воздуха;
- определение времени подхода облака зараженного воздуха к объекту;
- определение продолжительности поражающего действия АХОВ;
- расчет количества и структуры пораженных.

При заблаговременном прогнозировании химической обстановки принимаются следующие допущения:

- емкости, в которых хранятся АХОВ, разрушаются полностью;
- толщина слоя разлившейся свободно по подстилающей поверхности ядовитой жидкости принимается равной 5 см по всей площади разлива;
- при проливе хлора или другого АХОВ в поддон или обваловку толщина слоя жидкости  $h$  принимается равной:  $h = H - 0,2$ , где  $H$  – глубина поддона или высота обваловки;
- внешняя граница зоны заражения рассчитывается по пороговой токсодозе при ингаляционном воздействии хлора 0,6 мг·мин/л;
- предельное время пребывания людей в зоне заражения и продолжительность сохранения неизменными метеорологических условий составляют не более 4-х часов. По истечении этого времени прогноз уточняется.

**Прогнозирование масштабов заражения приземного слоя воздуха.** *Исходными данными* для определения глубины и площади зоны заражения по первичному и вторичному облаку являются:

- время аварии и количество хлора или другого АХОВ, перешедшего в окружающую среду;
- характер разлива сжиженного (или жидкого) АХОВ на подстилающей поверхности (свободный разлив или в поддон);

– метеорологические условия: скорость приземного ветра и температура воздуха.

1. Рассчитывается эквивалентное количество хлора  $Q_{\text{экв}}$  для заданной массы выброса АХОВ в окружающую среду  $Q_{\text{АХОВ}}$  отдельно для первичного и вторичного облака по формуле:

$$Q_{\text{экв}} = \frac{Q_{\text{АХОВ}}}{k_{\text{экв}}}, \quad (2.31)$$

где  $k_{\text{экв}}$  – коэффициент эквивалентности хлора для первичного и вторичного облака по отношению к другому АХОВ для температуры +20 °С, его значения приведены в табл. П. 6.1.

Если возможно разрушение нескольких близко расположенных емкостей с различными АХОВ, массы выброса для которых  $Q_{\text{АХОВ}i}$ , то при оценке возможной аварийной химической обстановки в мирное время расчеты ведутся по максимальному значению  $Q_{\text{экв}i}$ :

$$Q_{\text{экв}} = \max \left\{ Q_{\text{экв}i} = \frac{Q_{\text{АХОВ}i}}{k_{\text{экв}i}} \right\}. \quad (2.32)$$

Для военного времени оценка проводится в предположении, что разрушаются все емкости с АХОВ:

$$Q_{\text{экв}} = \sum_{(i)} Q_{\text{экв}i}. \quad (2.33)$$

2. Определение степени вертикальной устойчивости воздуха – табл. П. 6.2.

3. Определение глубины и общей площади зоны заражения первичным и вторичным облаком при аварийном выбросе АХОВ для температуры окружающего воздуха +20 °С (табл. П. 6.3 – для свободного разлива и табл. П. 6.4 – для разлива в поддон).

Глубина зоны химического заражения определяется глубиной распространения первичного и вторичного облаков зараженного воздуха.

4. Расчет глубины и общей площади зоны заражения при температуре окружающего воздуха, отличающейся от +20 °С производится путем умножения данных, получаемых с помощью табл. П. 6.3 или П. 6.4, на поправочные коэффициенты  $K_z$  – для глубины и  $K_s$  – для площади зоны за-

ражения, приведенные в табл. П. 6.1.

5. Нанесение зоны возможного химического заражения на карту (схему).

При прогнозировании обстановки на карту наносится площадь разлива АХОВ и зона распространения ядовитого облака. Площадь разлива жидкого АХОВ наносится только на крупномасштабные карты (схемы), в остальных случаях источник заражения атмосферы принимается за точку.

Зона возможного заражения наносится на карту в виде окружности или сектора, угловой размер которого зависит от скорости ветра (табл. П. 6.5) – рис. 2.7. Глубина зоны возможного заражения соответствует радиусу сектора (или в зависимости от скорости ветра – окружности), биссектриса угла совпадает с направлением ветра.

С внутренней стороны внешние границы зоны заражения оттеняются желтым цветом. Рядом с источником заражения черным цветом наносятся данные о выбросе АХОВ.

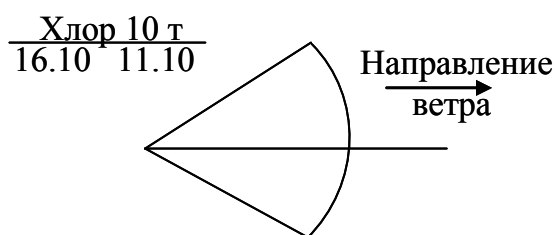


Рис.2.7. Отображение зоны возможного химического заражения на карте

Зона фактического химического заражения имеет форму эллипса и находится внутри зоны возможного заражения.

6. Расчет части площади зоны заражения, приходящейся на территорию, занятую людьми – предприятия или населенного пункта, производится по формуле:

$$S_{нас} = \alpha S, \quad (2.34)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, определяемый по табл. П. 6.6 по отношению  $G_{нас} / G$ , порядок расчета которого поясняет рис. 2.8;  $S$  – общая (максимальная) площадь заражения по первичному и вторичному облаку, км<sup>2</sup>.

**Пример 15.** В результате транспортной аварии в 12.00 19 сентября в окружающую среду выброшено 7 т формальдегида, который свободно разлился по поверхности земли. Температура воздуха +10 °С, скорость ветра 2 м/с, сплошная

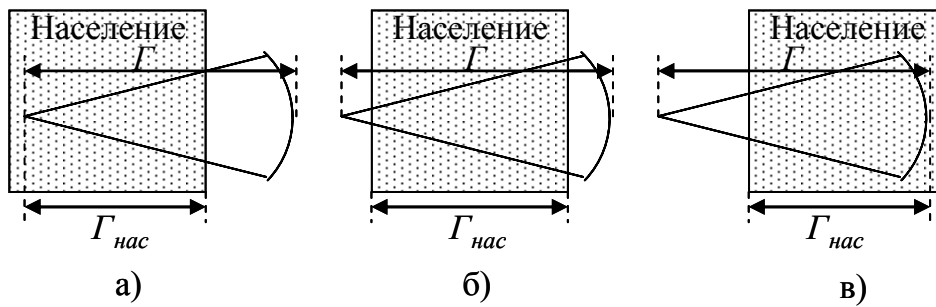


Рис. 2.8. Возможное взаимное положение зоны заражения (глубина  $\Gamma$ ) и части зоны заражения, занятой населением (глубина  $\Gamma_{нас}$ ) – для определения коэффициента  $\alpha$  по отношению  $\Gamma_{нас} / \Gamma$

облачность. Граница города «N», за которой начинается жилищная застройка, находится по направлению ветра на расстоянии  $R = 800$  м от места аварии с формальдегидом (см. пример 2).

Определить площадь заражения, приходящуюся на территорию города «N».

Решение.

1. По табл. П. 6.1 находим коэффициенты эквивалентности формальдегида к хлору:

– для *первичного облака*  $k_{эkv н} = 1,2$ ;

– для *вторичного облака*  $k_{эkv в} = 1$ .

2. Рассчитываем эквивалентное количество хлора для первичного и вторичного облака:

– *первичное облако*  $Q_{эkv н} = 7/1,2 \approx 6$  т;

– *вторичное облако*  $Q_{эkv в} = 7$  т.

3. По табл. П. 6.2 определяем степень вертикальной устойчивости воздуха – изотермия.

4. По табл. П. 6.4 находим глубину  $\Gamma$  и площадь  $S$  зоны заражения при температуре воздуха  $+20^{\circ}$  С (используем линейную интерполяцию по массе выброса и скорости ветра).

Глубина зоны заражения:

– *первичное облако* – линейная интерполяция по массе выброса:

при  $V = 1$  м/с  $\Gamma_1 = 1,88 + (2,81 - 1,88)/5 \approx 2,07$  км;

при  $V = 3$  м/с  $\Gamma_3 = 0,98 + (1,38 - 0,98)/5 \approx 1,06$  км;

– линейная интерполяция по скорости ветра:

$\Gamma_n = (\Gamma_1 + \Gamma_3)/2 = (2,07 + 1,06)/2 \approx 1,56$  км;

– *вторичное облако* - линейная интерполяция по массе выброса:

$$\text{при } V = 1 \text{ м/с } \Gamma_1 = 5,22 + (7,87 - 5,22)2/5 \approx 6,28 \text{ км};$$

$$\text{при } V = 3 \text{ м/с } \Gamma_3 = 2,59 + (3,74 - 2,59)2/5 \approx 3,05 \text{ км};$$

– линейная интерполяция по скорости ветра:

$$\Gamma_e = (\Gamma_1 + \Gamma_3)/2 = (6,28 + 3,05)/2 \approx 4,67 \text{ км}.$$

Площадь зоны заражения (вычисления аналогичны приведенным выше):

– *первичное облако*:

$$\text{при } V = 1 \text{ м/с } S_1 = 0,29 + (0,7 - 0,29)/5 \approx 0,37 \text{ км}^2;$$

$$\text{при } V = 3 \text{ м/с } S_3 = 0,05 + (0,11 - 0,05)/5 \approx 0,06 \text{ км}^2;$$

$$S_n = (0,37 + 0,06)/2 \approx 0,22 \text{ км}^2;$$

– *вторичное облако*:

$$\text{при } V = 1 \text{ м/с } S_1 = 3,0 + (6,82 - 3,0)2/5 \approx 4,53 \text{ км}^2;$$

$$\text{при } V = 3 \text{ м/с } S_3 = 0,67 + (1,42 - 0,67)2/5 \approx 0,97 \text{ км}^2;$$

$$S_e = (4,53 + 0,97)/2 \approx 2,75 \text{ км}^2.$$

5. Учитываем поправку на температуру воздуха +10 °С по табл. П. 6.1:

– *первичное облако*:

$$K_z = 0,7 + (1,2 - 0,7)/4 \approx 0,8; \text{ окончательно: } \Gamma_n = 1,56 \cdot 0,8 \approx 1,25 \text{ км};$$

$$K_s = 0,5 + (1,4 - 0,5)/4 \approx 0,7; \text{ окончательно: } S_n = 0,22 \cdot 0,7 \approx 0,15 \text{ км}^2;$$

– *вторичное облако*:  $K_z = K_s = 1$ ;

$$\Gamma_e = 4,67 \text{ км};$$

$$S_e = 2,75 \text{ км}^2.$$

6. При нанесении зоны химического заражения на карту угол  $\varphi = 90^\circ$ , радиус сектора соответствует максимальной глубине распространения зараженного воздуха 4,67 км – по вторичному облаку.

7. Расчет части общей площади заражения, приходящейся на территорию города «N» проводится в следующей последовательности.

а) Находим отношение  $\Gamma_{нас} / \Gamma$  - заданным условиям соответствует рис. 2.8-в

$$\text{– по первичному облаку - } \Gamma_{нас} / \Gamma_n = (\Gamma_n - R) / \Gamma_n = (1,25 - 0,8) / 1,25 \approx 0,4;$$

$$\text{– по вторичному облаку - } \Gamma_{нас} / \Gamma_e = (\Gamma_e - R) / \Gamma_e = (4,67 - 0,8) / 4,67 \approx 0,8.$$

б) По табл. П. 6.6 находим значения коэффициента  $\alpha$ , которые для первичного и вторичного облака соответственно равны 0,93 и 1,0.

в) Рассчитываем по формуле (2.34) площади зон заражения первичным и вторичным облаком на территории города «N» (территории, где находится насе-

ление):

– первичное облако  $S_{n\text{нас}} = 0,15 \cdot 0,93 \approx 0,14 \text{ км}^2$ ;

– вторичное облако  $S_{в\text{нас}} = 2,75 \text{ км}^2$ .

### **Определение продолжительности поражающего действия АХОВ.**

Продолжительность поражающего действия первичного облака зараженного воздуха определяется временем его прохождения через рассматриваемый объект. На небольших расстояниях от места аварии оно составляет от нескольких десятков секунд до нескольких минут.

Продолжительность поражающего действия вторичного облака определяется временем испарения АХОВ с площади разлива, которое зависит, в основном, от толщины слоя разлившейся жидкости и величины скорости приземного ветра. Время испарения наиболее распространенных низкокипящих (температура кипения менее  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) АХОВ – аммиак, сероводород, формальдегид, хлор и др. – примерно одинаково и рассчитывается по базовому веществу – хлору.

Время испарения хлора в стандартных условиях (температура воздуха  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ , скорость ветра  $1 \text{ м/с}$ ) при свободном разливе составляет  $t_{исп\text{см}} = 1,5 \text{ ч}$ . При другой скорости ветра время испарения (и время поражающего действия АХОВ) определяется по формуле:

$$t_{исп} = t_{исп\text{см}} \cdot K_v, \quad (2.35)$$

где  $K_v$  – коэффициент, учитывающий влияние скорости ветра на время испарения, его значения приведены в табл. П. 6.7.

При разливе АХОВ в поддон или обвалование толщина слоя жидкости принимается равной:  $h = H - 0,2$ , где  $H$  – глубина поддона (высота обвалования), м.

Время испарения хлора в стандартных условиях при глубине поддона  $0,8 \text{ м}$  составляет  $18 \text{ часов}$ . Для другой глубины поддона это время увеличивается (если  $H > 0,8 \text{ м}$ ) или уменьшается (если  $H < 0,8 \text{ м}$ ) на  $3 \text{ часа}$  на каждые  $0,1 \text{ м}$  глубины поддона.

Время испарения высококипящих (температура кипения выше  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) АХОВ в стандартных условиях можно принять в  $2 \text{ раза}$  больше времени испарения хлора, скорость ветра учитывается так же, как и для низкокипящих АХОВ.



**Пример 16.** Определить продолжительность поражающего действия облака зараженного воздуха, образовавшегося в результате выброса формальдегида (см. пример 15).

**Решение.**

1. Формальдегид относится к низкокипящим АХОВ (табл. 1.20 – температура кипения  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), поэтому время его испарения такое же, как и хлора – при свободном разливе в стандартных условиях – 1,5 ч.

2. По табл. П. 6.7 для скорости ветра  $V = 2\text{ м/с}$  находим значение коэффициента  $K_v = 0,75$ . С учетом скорости ветра время поражающего действия облака зараженного воздуха определим по формуле (2.35):

$$t_{исп} = 1,5 \cdot 0,75 \approx 1,1\text{ ч.}$$

**Определение времени подхода облака зараженного воздуха к объекту.** Время подхода  $t_{подх}$  облака зараженного воздуха к объекту определяет возможность провести оповещение населения и принять меры защиты, оно рассчитывается в минутах по формуле:

$$t_{подх} = \frac{R}{120 \cdot V}, \quad (2.36)$$

где  $R$  – расстояние от места аварии до объекта, м;  $V$  – скорость ветра, м/с; коэффициент в знаменателе учитывает то, что скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха примерно в 2 раза превышает скорость ветра на высоте 1 м над поверхностью земли.

**Пример 17.** В результате аварии произошел выброс в окружающую среду формальдегида (см. примеры 15, 16), скорость ветра 2 м/с. Определить время подхода облака зараженного воздуха к жилым кварталам города «N».

**Решение.**

По формуле (2.36) рассчитываем время подхода облака зараженного воздуха к городу «N»:

$$t_{подх} = \frac{800}{120 \cdot 2} \approx 3,3\text{ мин.}$$

**Расчет количества и структуры пораженных в зоне химического заражения.** Расчет количества пораженных  $\Pi$  в результате выброса АХОВ производится по формуле:

$$\Pi = L(1 - K_{защ}) = PS_{нас}(1 - K_{защ}), \quad (2.37)$$

где  $\Pi$  – количество пораженных (в городе, сельской местности, на пред-

приятии), чел;  $L$  – число людей, оказавшихся в зоне заражения, чел;  $P$  – средняя плотность размещения населения (производственного персонала) на территории, оказавшейся в зоне заражения, чел/км<sup>2</sup>;  $S_{нас}$  – площадь территории населенного пункта, оказавшейся в зоне заражения (площадь зоны заражения, приходящейся на территорию населенного пункта), км<sup>2</sup>;  $K_{защ}$  – коэффициент защищенности производственного персонала, городского и сельского населения от поражения токсическими веществами.

Коэффициент защищенности зависит от использования средств индивидуальной и коллективной защиты, времени пребывания в средствах защиты – табл. П. 6.8, П. 6.9.

Если население использует различные укрытия и средства защиты (отдельные группы людей имеют разные коэффициенты защищенности), то в этом случае коэффициент защищенности населения рассчитывается по формуле:

$$K_{защ} = \sum_{(i)} K_{защ\ i} q_i, \quad (2.38)$$

где  $q_i$  – относительная часть населения, имеющего коэффициент защищенности  $K_{защ\ i}$ .

Ориентировочные данные, характеризующие структуру пораженных для хлора приведены в табл. П. 6.10. Для других АХОВ структура потерь принимается такой же, как и для хлора.

**Пример 18.** В результате транспортной аварии, случившейся в 12.00 19 сентября, 0,14 км<sup>2</sup> площади территории города «N» может попасть в зону распространения первичного облака формальдегида и 2,75 км<sup>2</sup> – вторичного облака. Облако зараженного воздуха может подойти к границе города через 3,3 мин после аварии, продолжительность поражающего действия – 1,1 ч (см. примеры 15, 16, 17). Средняя плотность населения на зараженной территории составляет 1000 чел/км<sup>2</sup>. Население противогазов не имеет, оповещение об аварии своевременно не произведено.

Оценить возможные последствия химической аварии для населения города «N».

**Р е ш е н и е.**

1. По табл. П. 6.9 (городское население) на время суток 10...13 ч находим средний коэффициент защищенности от первичного облака (через 30 минут по-

сле начала воздействия облака зараженного воздуха)  $K_{защ\ n} = 0,58$ .

2. По формуле (2.37) рассчитываем число пораженных первичным облаком:

$$P_n = P \cdot S_{n\ нас} (1 - K_{защ\ n}) = 1000 \cdot 0,14 \cdot (1 - 0,58) \approx 59 \text{ чел.}$$

3. По табл. П. 6.9 на время суток 10...13 ч находим средний коэффициент защищенности от вторичного облака (считаем, что время, прошедшее после начала воздействия облака зараженного воздуха 1 ч - это время испарения формальдегида)  $K_{защ\ в} = 0,37$ .

4. По формуле (2.37) рассчитываем число пораженных вторичным облаком:

$$P_в = (P \cdot S_{в\ нас} - P_n)(1 - K_{защ\ в}) = (1000 \cdot 2,75 - 59)(1 - 0,37) \approx 1695 \text{ чел.}$$

5. Суммарное количество пораженных:

$$P = P_n + P_в = 59 + 1695 = 1754 \text{ чел.}$$

6. По табл. П. 6.10 определяем структуру пораженных: смертельных – 175, тяжелой и средней степени – 263, легкой степени – 350, пороговые поражения - 966 человек.

### Вопросы и задания

1. Перечислите этапы прогнозирования обстановки при чрезвычайных ситуациях. Какова цель прогнозирования на каждом этапе?

2. Как производится прогнозирование последствий пожаров и техногенных взрывов детерминированным вероятностным методами?

3. Какова последовательность прогнозирования радиационной обстановки при аварии на АЭС?

4. Перечислите неотложные мероприятия защиты населения при аварии на АЭС. Как определяется необходимость их выполнения?

5. Как отображается на картах (схемах) прогнозируемый след радиоактивного загрязнения?

6. Как отображается на картах (схемах) зона возможного химического заражения?

7. Как прогнозируется химическая обстановка при авариях с различными АХОВ?

8. Чем определяется продолжительность поражающего действия первичного и вторичного облака АХОВ?

### **3. ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Крупные техногенные аварии и катастрофы, стихийные бедствия наносят государству большой материальный ущерб, часто приводят к многочисленным человеческим жертвам. Нарастающий в последние десятилетия поток чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера привел к необходимости организации эффективной защиты от поражающих воздействий ЧС.

Защита населения в ЧС направлена на сохранение жизни людей и обеспечение устойчивого функционирования экономики страны. В широком понимании защита представляет совокупность определенных мероприятий, сил, средств, ее можно рассматривать как систему. По своей сущности защита является обеспечивающей системой по отношению к системе более высокого иерархического уровня – социальной системе.

Цель защиты достигается путем предотвращения или снижения ожидаемого ущерба (потерь).

#### **3.1. НОРМАТИВНАЯ ПРАВОВАЯ БАЗА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ**

Организация защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является одной из основных задач государства. Для ее выполнения разрабатываются законодательные акты, принципы и способы защиты, а также мероприятия по предупреждению возникновения и развития ЧС, снижению ущерба и потерь от них, ликвидации последствий ЧС.

Деятельность государственной власти в области защиты населения и территорий от ЧС регламентирована Конституцией Российской Федерации, рядом федеральных законов, указов Президента и постановлений Правительства России, нормативных актов соответствующих министерств и ведомств.

Конституция возлагает на государство главную роль в предупреждении и смягчении чрезвычайных ситуаций. В ней, в частности, говорится (п. 3 ст. 72), что в совместном ведении Российской Федерации и субъектов

Российской Федерации находится “осуществление мер по борьбе с катастрофами, стихийными бедствиями, эпидемиями, ликвидация их последствий”.

Основопологающим, базовым законом, который фактически положил начало формированию новой государственной системы защиты от ЧС, является Федеральный закон «*О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера*»(21 декабря 1994 г). В этом законе дается определение основных понятий, излагаются принципы защиты населения и территорий от ЧС, полномочия всех органов государственной власти в области защиты от ЧС, в том числе Президента, Федерального Собрания, Правительства РФ и органов местного самоуправления. Согласно этому закону создается Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Закон также определяет права и обязанности граждан Российской Федерации в области защиты населения и территорий от ЧС, меры по социальной защите пострадавших, порядок подготовки населения в области защиты.

*Права граждан РФ в области защиты от ЧС* изложены в статье 18 Закона. В частности, граждане РФ имеют право:

- на защиту жизни, здоровья и личного имущества в случае возникновения ЧС;
- использовать средства коллективной и индивидуальной защиты в соответствии с планами ликвидации ЧС;
- быть информированными о риске в определенных местах пребывания и мерах необходимой безопасности;
- обращаться в государственные органы по вопросам защиты от ЧС;
- участвовать в установленном порядке в мероприятиях по предупреждению и ликвидации ЧС;
- на возмещение ущерба, причиненного их здоровью и имуществу вследствие ЧС;
- на медицинское обслуживание, компенсации и льготы за проживание и работу в зонах ЧС;
- на бесплатное государственное социальное страхование, пенсионное обеспечение в случае увечья или заболевания, полученного при вы-

полнении обязанностей по защите населения в ЧС;

– на пенсионное обеспечение по случаю потери кормильца, погибшего или умершего от увечья или заболевания, полученного при выполнении обязанностей по защите населения в ЧС.

*Обязанности граждан РФ в области защиты от ЧС* изложены в статье 19 Закона. В частности, граждане РФ обязаны:

– соблюдать законы и иные нормативные правовые акты РФ, субъектов РФ в области защиты населения и территорий от ЧС;

– соблюдать меры безопасности в быту и повседневной трудовой деятельности, не допускать нарушений производственной и технологической дисциплины, требований экологической безопасности, которые могут привести к возникновению ЧС;

– изучать основные способы защиты населения и территорий от ЧС, приемы оказания первой медицинской помощи пострадавшим, правила пользования коллективными и индивидуальными средствами защиты, постоянно совершенствовать свои знания и навыки в указанной области;

– выполнять установленные правила поведения при угрозе и возникновении ЧС;

– при необходимости оказывать содействие в проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

*Подготовка населения в области защиты от ЧС* определяется статьей 20 Закона. В ней отражены следующие положения:

– порядок подготовки населения определяет Правительство РФ;

– подготовка населения к действиям в чрезвычайных ситуациях осуществляется в организациях, образовательных учреждениях и по месту жительства;

– подготовка руководителей и специалистов организаций, а также сил единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС для защиты от ЧС осуществляется в учреждениях среднего и высшего профессионального образования, на курсах, в специальных учебно-методических центрах и по месту работы;

– для пропаганды знаний в области защиты населения и территорий от ЧС используются средства массовой информации.

В соответствии с этими требованиями в апреле-мае 1995 г. утвер-

ждена Государственным комитетом РФ по высшему образованию и согласована Министерством РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий программа дисциплины, обязательной для всех специальностей высшего профессионального образования – «Безопасность жизнедеятельности» и раздел ее – «Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях» («Защита в чрезвычайных ситуациях»).

Одним из основных нормативных актов, закрепляющих правовые основы обеспечения безопасности личности, общества и государства, является закон «О безопасности» (5 марта 1992 г.). Набор правовых норм, регулирующих отношения, связанные с защитой материальных и культурных ценностей, объектов хозяйственного и иного назначения содержится в федеральных законах «О страховании», «О пожарной безопасности». В законе «Об обороне» сформулированы принципиальные положения, касающиеся планирования и осуществления мероприятий гражданской обороны. В законе «О государственном материальном резерве» изложены правовые основы создания и использования указанного резерва для обеспечения первоочередных работ при ликвидации ЧС.

Названные законы составляют основу нормативной правовой базы, регулирующей отношения в области защиты населения и территорий от ЧС.

### **3.2. ЕДИНАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) была образована постановлением Правительства РФ № 1113 от 5 ноября 1995 г. на базе Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях в соответствии с Федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Основная цель создания этой системы – объединить усилия федеральных органов исполнительной власти, органов представительной и исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций, их сил и средств в области предупреждения и ликвидации ЧС природного и техногенного ха-

рактера, защиты от них населения и территорий в мирное время.

### **3.2.1. Задачи единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций**

Основными задачами РСЧС являются:

- разработка и реализация правовых и экономических норм по обеспечению защиты населения и территорий от ЧС;
- осуществление целевых и научно-технических программ, направленных на предупреждение ЧС и повышение устойчивости функционирования организаций и объектов социального назначения в ЧС;
- обеспечение готовности к действиям органов управления, сил и средств, предназначенных для предупреждения и ликвидации ЧС;
- сбор, обработка, обмен и выдача информации в области защиты населения и территорий от ЧС;
- подготовка населения к действиям в ЧС;
- прогнозирование и оценка социально-экономических последствий ЧС;
- создание резервов финансовых и материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- осуществление государственной экспертизы, надзора и контроля в области защиты от ЧС;
- ликвидация чрезвычайных ситуаций;
- осуществление мероприятий по социальной защите населения, пострадавшего от ЧС, проведение гуманитарных акций;
- реализация прав и обязанностей населения в области защиты от ЧС, а также лиц, участвующих в их ликвидации;
- международное сотрудничество в области защиты населения от ЧС.

Учитывая исключительно широкий спектр задач, решаемых РСЧС, только на федеральном уровне нормативную правовую основу построения и функционирования РСЧС составляют Конституция РФ и более 60 федеральных законов, свыше 120 постановлений правительства РФ, около 300 ведомственных приказов, положений и инструкций.



### **3.2.2. Организационная структура единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций**

Единая государственная система предупреждения и ликвидации ЧС объединяет органы государственного управления Российской Федерации всех уровней, органы местного самоуправления, различные производственно-хозяйственные структуры и организации, деятельность которых связана с решением вопросов защиты от ЧС, а также силы и средства, предназначенные для ликвидации ЧС.

РСЧС строится по территориально-производственному принципу, состоит из функциональных и территориальных подсистем. Структура РСЧС приведена на рис. 3.1.

*Функциональные* подсистемы РСЧС создаются федеральными органами исполнительной власти в министерствах, ведомствах и организациях Российской Федерации для организации работ по защите от ЧС в сфере их деятельности. Таких подсистем насчитывается более трех десятков. В частности, это подсистемы: наблюдения и контроля за стихийными гидрометеорологическими и гелиофизическими явлениями и состоянием окружающей среды (Росгидромет), охраны лесов от пожаров (Федеральная служба лесного хозяйства), контроля обстановки на потенциально опасных объектах (Госатомнадзор, Госгортехнадзор), сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений (Российская академия наук, Минстрой), экстренной медицинской помощи (Минздрав).

Территориальные подсистемы РСЧС создаются в субъектах Российской Федерации для предупреждения и ликвидации ЧС в пределах их территорий и состоят из звеньев, соответствующих их административно-территориальному делению. Они имеют пять уровней: федеральный уровень, межрегиональный, региональный, муниципальный и объектовый.

Организация, состав сил и средств территориальных подсистем, а также порядок их деятельности определяются положениями о них, утверждаемыми в установленном порядке органами исполнительной власти субъектов РФ.

Уровни РСЧС строятся по следующему принципу.

*Федеральный* уровень – к нему относятся органы управления, силы и средства центрального подчинения федеральных органов исполнительной

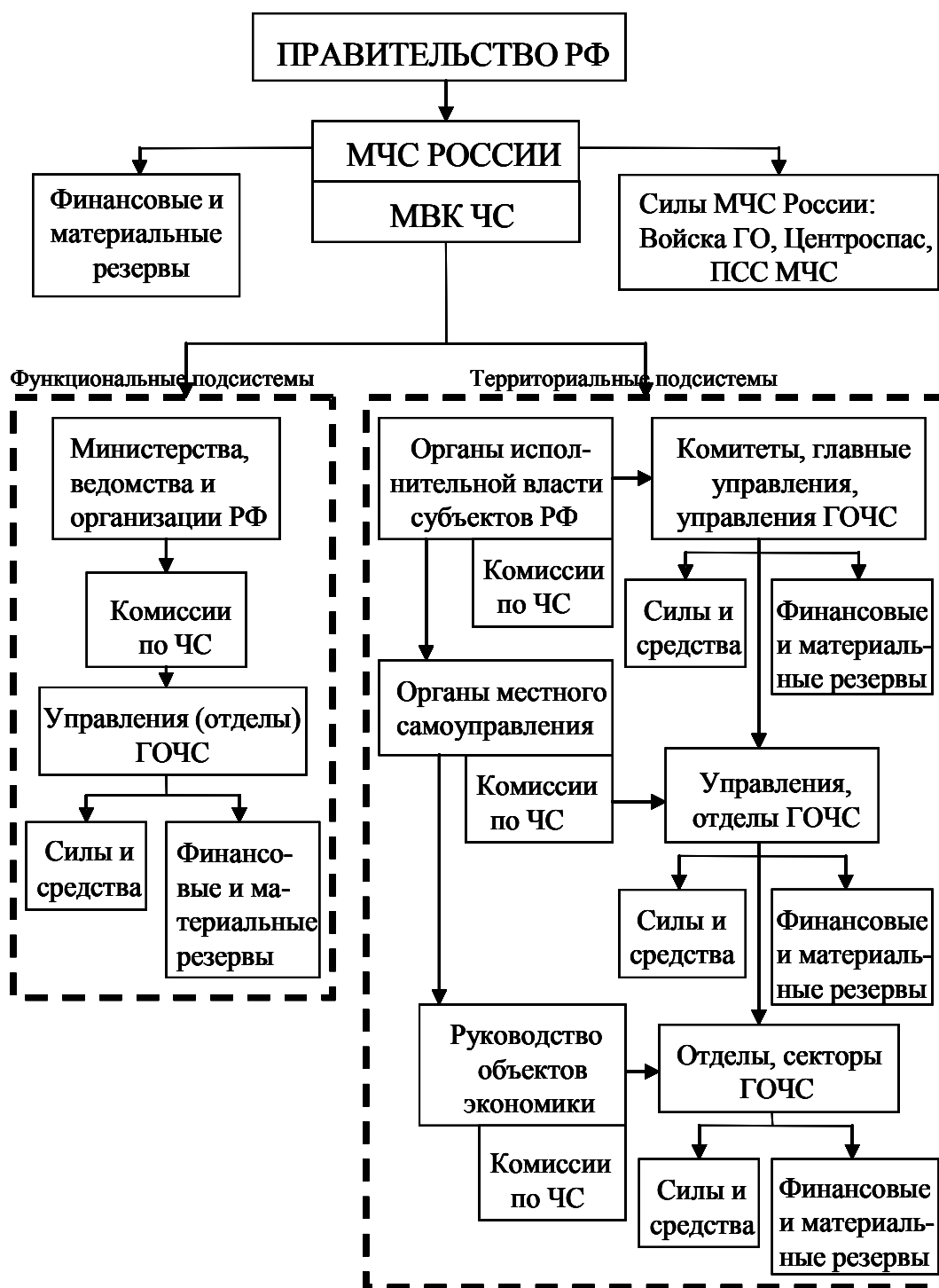


Рис. 3.1. Структура единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций

власти.

*Межрегиональный* уровень РСЧС – образован за счет районирования

территории России по семи регионам. В состав РСЧС входят регионы: Центральный (г. Москва), Северо-Западный (г. Санкт-Петербург), Северо-Кавказский (г. Ростов-на-Дону), Приволжский (г. Самара), Уральский (г. Екатеринбург), Сибирский (г. Красноярск) и Дальневосточный (г. Хабаровск). Каждый регион охватывает территории нескольких субъектов Российской Федерации.

*Региональный* уровень – включает в себя органы исполнительной власти, силы и средства субъектов РФ с элементами функциональных подсистем, дислоцированных на их территориях.

*Муниципальный* (местный) уровень охватывает территории муниципальных образований;

*Объектовый* уровень охватывает территорию предприятия, учреждения, организации.

### **3.2.3. Система управления единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций**

Общее руководство функционированием РСЧС осуществляется Правительством Российской Федерации, непосредственное руководство возложено на Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России).

На каждом уровне РСЧС создаются координационные органы - постоянно действующие органы управления, органы повседневного управления, силы и средства, резервы финансовых и материальных ресурсов, системы связи, оповещения и информационного обеспечения.

Координационными органами единой системы являются:

– *на федеральном уровне* – Правительственная комиссия по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности, комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности федеральных органов исполнительной власти;

– *на региональном уровне* (в пределах территории субъекта РФ) – комиссия по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности органа исполнительной власти субъекта РФ;

– *на муниципальном уровне* (в пределах территории муниципального образования) – комиссия по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспе-

чению пожарной безопасности органа местного самоуправления;

– *на объектовом уровне* – комиссия по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности.

На *межрегиональном* уровне функции и задачи по обеспечению координации деятельности федеральных органов исполнительной власти и организации взаимодействия федеральных органов исполнительной власти с органами государственной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления и общественными объединениями в области защиты населения и территорий от ЧС осуществляет в установленном порядке полномочный представитель Президента РФ в федеральном округе.

Комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности (КЧС) федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций возглавляются соответственно руководителями указанных органов и организаций или их заместителями.

Основными задачами комиссий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности в соответствии с их компетенцией являются:

– разработка предложений по реализации государственной политики в области предупреждения и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности;

– координация деятельности органов управления и сил РСЧС;

– обеспечение согласованности действий федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций при решении задач в области предупреждения и ликвидации ЧС и обеспечения пожарной безопасности, а также восстановления и строительства жилых домов, объектов жилищно-коммунального хозяйства, социальной сферы, производственной и инженерной инфраструктуры, повреждённых и разрушенных в результате ЧС;

– рассмотрение вопросов о привлечении сил и средств ГО к организации и проведению мероприятий по предотвращению и ликвидации ЧС в порядке, установленном федеральным законом.

Постоянно действующими органами управления РСЧС являются:

– *на федеральном уровне* – МЧС РФ, подразделения федеральных

органов исполнительной власти для решения задач в области защиты населения и территорий от ЧС и (или) гражданской обороны;

– на *межрегиональном* уровне – территориальные органы МЧС – региональные центры по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

– на *региональном* уровне – территориальные органы МЧС РФ, специально уполномоченные решать задачи ГО и задачи по предупреждению и ликвидации ЧС по субъектам РФ (главные управления МЧС по субъектам РФ);

– на *муниципальном* уровне – органы, специально уполномоченные на решение задач в области защиты населения и территорий от ЧС и (или) ГО при органах местного самоуправления;

– на *объектовом* уровне (в организациях) – структурные подразделения организаций, уполномоченных на решение задач в области защиты населения и территорий от ЧС и (или) ГО.

#### **3.2.4. Силы и средства единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций**

Важнейшей составной частью РСЧС являются ее силы и средства. Их состав определяется постановлением Правительства РФ № 1113. Одна часть сил и средств предназначена для *наблюдения и контроля* за состоянием окружающей природной среды, обстановкой на потенциально опасных объектах, санитарно-эпидемиологической обстановкой и другими сферами жизнедеятельности. Вторая часть сил и средств предназначена для *ликвидации* чрезвычайных ситуаций.

Этим же постановлением утвержден перечень *сил постоянной готовности* – их формирования укомплектованы с учетом обеспечения работы в автономном режиме в течение не менее *трех* суток и находящиеся в состоянии постоянной готовности. Особое место в их ряду занимают силы и средства МЧС России:

- соединения и части Войск гражданской обороны;
- Центральный аэромобильный спасательный отряд (Центроспас);
- Поисково-спасательная служба (ПСС) МЧС;
- Центр по проведению спасательных операций особого риска;
- авиация МЧС.

Силы и средства, предназначенные для ликвидации ЧС, используются эшелонировано.

Срок прибытия *сил первого эшелона* в район бедствия – не более 30 минут. Их основные задачи: локализация чрезвычайной ситуации, тушение пожаров, оказание медицинской помощи пострадавшим, организация радиационного и химического контроля, проведение поисково-спасательных работ.

Если сил первого эшелона недостаточно для ликвидации ЧС, привлекаются *силы и средства второго эшелона*. Срок их прибытия в район бедствия – не более трех часов.

Если и сил второго эшелона недостаточно для ликвидации ЧС, привлекаются *силы и средства третьего эшелона*. Срок их прибытия в район бедствия – от трех часов до нескольких суток.

Силы и средства РСЧС задействуются в следующем порядке. Ликвидация ЧС осуществляется, как правило, силами и средствами организаций, органов местного самоуправления, органов исполнительной власти субъектов РФ, на территории которых сложилась чрезвычайная ситуация. Руководит работами соответствующая комиссия по чрезвычайным ситуациям.

Если масштабы чрезвычайной ситуации таковы, что имеющимися силами и средствами локализовать или ликвидировать ее невозможно, обращаются за помощью к вышестоящей КЧС, которая может взять на себя и руководство ликвидацией ЧС.

### **3.3. ГРАЖДАНСКАЯ ОБОРОНА**

#### **3.3.1. Задачи гражданской обороны**

Важнейшим элементом системы защиты населения от чрезвычайных ситуаций является гражданская оборона (ГО). Войска ГО – составная часть сил и средств РСЧС, предназначенных для ликвидации чрезвычайных ситуаций.

**Краткая историческая справка.** Гражданская оборона как система обеспечения защиты населения от опасностей военного времени начинает свой отсчет с создания в 1915 – 1916 гг. противовоздушной обороны и противохимической защиты. Эти структуры также отвечали за осуществ-

ление противопожарных мероприятий и оказание первой медицинской помощи пострадавшим. Таким образом, с самого начала формируется триединая задача: оповещение населения – защита – оказание помощи, решение которой будет лежать и в дальнейшем в основе деятельности гражданской обороны.

В течение ряда лет основной в гражданской обороне оставалась защита населения от внезапного воздушного нападения противника. Результатом воплощения в жизнь оборонной политики государства явилось создание к началу Великой Отечественной войны местной противовоздушной обороны (МПВО), решавшей задачи защиты населения, объектов народного хозяйства и территорий в зоне досягаемости авиации вероятного противника. В ходе войны личный состав частей и подразделений МПВО, а также гражданских невоенизированных формирований строили оборонительные укрепления, бомбоубежища, дороги, тушили пожары и разбирали завалы, восстанавливали линии связи, оказывали медицинскую помощь пострадавшим.

С появлением в 50-е годы ракетно-ядерного оружия МПВО стала организовываться не только в приграничных областях, но и на всей территории страны. Это потребовало коренной реорганизации МПВО, создания новой системы общегосударственных оборонных мероприятий. Поэтому в 1960 г. органы управления и войска МПВО были переданы в подчинение Министерству обороны СССР, а в 1961 г. МПВО преобразуется в Гражданскую оборону СССР. На гражданскую оборону были возложены следующие задачи: всеобщее обучение населения способам защиты от оружия массового поражения (ОМП); подготовка средств индивидуальной и коллективной защиты населения; создание условий, обеспечивающих работу объектов промышленности, транспорта, связи, энергетики в военное время; своевременное оповещение населения об опасности нападения противника; обеспечение защиты животных, продовольствия и воды от ОМП; организация и ведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ.

Система гражданской обороны отличалась от МПВО тем, что, во-первых, ее мероприятия планировались и реализовывались на всей территории страны и касались каждого гражданина; во-вторых, защита от ОМП

населения, промышленности, территории потребовала значительного расширения круга решаемых задач; в-третьих, последствия применения ОМП привели к необходимости проведения крупномасштабных спасательных работ в многочисленных очагах поражения. В системе ГО наряду с развитием территориальной составляющей значительно усилилась ведомственная составляющая – соответствующие структуры были созданы во всех министерствах и ведомствах, что позволило оперативно решать задачи защиты экономики от ОМП.

С 80-х годов началась перестройка гражданской обороны. В предшествующий период структура, состав сил и средств ГО, система обучения населения были ориентированы на выполнение только военных задач. Вместе с тем, изменение внешнеполитической обстановки и снижение вероятности глобального ядерного конфликта, внутренние факторы развития страны и переход на рыночную экономику и такие события, как авария на Чернобыльской АЭС (1986 г.) и землетрясение в Спитаке (Армения 1988 г.), повлекшие огромные человеческие жертвы и ущерб, заставили переосмыслить предназначение гражданской обороны в современных условиях. Стало очевидным, что гражданская оборона не может ограничиваться действиями только в военное время. Ее потенциал, силы и средства должны активно использоваться в мирных условиях при ликвидации последствий крупных аварий и стихийных бедствий.

Выявившиеся при ликвидации последствий указанных катастроф недостатки гражданской обороны привели к пониманию необходимости создания единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Поэтому в июле 1991 г. образуется Государственный комитет РСФСР по чрезвычайным ситуациям, а в ноябре того же года он объединяется со Штабом гражданской обороны, которая выводится из Минобороны. На их основе создается Государственный комитет по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий при Президенте РСФСР (ГКЧС РСФСР).

В 1992 г. Правительством РСФСР было принято решение о создании Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях, которая в 1995 году после принятия Федерального закона «О защите



населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» была преобразована в Единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Войска гражданской обороны были включены в состав сил этой системы с возложением на них задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций в мирное время.

В 1994 г. ГКЧС России преобразуется в Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России).

В начале 1998 г. вступил в действие Федеральный закон «О гражданской обороне», в котором вместе с дополнениями 2002 г. и 2004 г. была сформирована основная нормативная правовая база гражданской обороны. Тем самым, впервые в истории России проблемы гражданской обороны были регламентированы законодательными актами. В соответствии с этими документами: «Гражданская оборона – система мероприятий по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей на территории Российской Федерации от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и террористического характера».

Организация и ведение гражданской обороны являются одними из важнейших функций государства, составными частями оборонного строительства и обеспечения безопасности государства.

Основными задачами гражданской обороны являются:

- обучение населения способам защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- оповещение населения об опасностях, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- эвакуация населения, материальных и культурных ценностей в безопасные районы;
- предоставление населению убежищ и средств индивидуальной защиты;
- проведение мероприятий по световой маскировке и другим видам маскировки;

– проведение аварийно-спасательных работ в случае возникновения опасностей для населения при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также вследствие чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и террористического характера;

– первоочередное обеспечение населения, пострадавшего при ведении военных действий или вследствие этих действий, в том числе медицинское обслуживание, включая оказание первой медицинской помощи, срочное предоставление жилья и принятие других необходимых мер;

– борьба с пожарами, возникшими при ведении военных действий или вследствие этих действий;

– обнаружение и обозначение районов, подвергшихся радиоактивному, химическому, биологическому и иному заражению;

– обеззараживание населения, техники, зданий, территорий и проведение других необходимых мероприятий;

– восстановление и поддержание порядка в районах, пострадавших при ведении военных действий или вследствие этих действий, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и террористического характера;

– срочное восстановление функционирования необходимых коммунальных служб в военное время;

– срочное захоронение трупов в военное время;

– разработка и осуществление мер, направленных на сохранение объектов, существенно необходимых для устойчивого функционирования экономики и выживания населения в военное время;

– обеспечение постоянной готовности сил и средств гражданской обороны.

Комплекс задач может быть разделен на задачи: мирного времени, в угрожаемый период, военного времени.

*В мирное время* осуществляется подготовка и накопление сил и средств гражданской обороны, обучение населения. В случае крупномасштабных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также при террористических актах силы и ресурсы гражданской обороны могут привлекаться для выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

*В угрожаемый период* производится перевод органов управления и сил гражданской обороны на работу в условиях военного времени.

*В военное время* гражданская оборона решает ту же главную задачу, что и Вооруженные Силы – защиту тыла страны. Для этого она применяет имеющиеся в ее распоряжении пассивные методы и средства.

Статья 10 закона «О гражданской обороне» определяет права и обязанности граждан России в области ГО.

Граждане Российской Федерации в соответствии с федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации:

- проходят обучение способам защиты от опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий;
- принимают участие в проведении других мероприятий по гражданской обороне;
- оказывают содействие органам государственной власти и организациям в решении задач в области гражданской обороны.

### **3.3.2. Организация гражданской обороны Российской Федерации**

Структура гражданской обороны и ее органов управления соответствует принятой в Российской Федерации системе организации хозяйственного и военного управления и позволяет эффективно выполнять задачи как мирного, так и военного времени.

Функции по защите населения и территорий Российской Федерации выполняются РСЧС и гражданской обороной, причем, первая решает эти задачи в мирное время, а вторая – в военное. В мирное время силы и средства гражданской обороны привлекаются к ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и последствий террористических актов.

Гражданская оборона в силу своей специфики является предметом совместного ведения Российской Федерации и ее субъектов. Поэтому ГО предусматривает двухуровневую систему защиты – на федеральном уровне и на местном уровне.

Характер, объемы и сроки проведения мероприятий гражданской обороны по подготовке к защите и по защите населения, материальных и культурных ценностей определяются федеральными органами исполни-

тельной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления с учетом административного, экономического и оборонного значения территорий и организаций – т. е. дифференцированно. С этой целью осуществляется категорирование территорий и организаций: территории относятся к особой, первой, второй или третьей группам по гражданской обороне в зависимости от численности проживающего на них населения и наличия организаций, играющих существенную роль в экономике государства или влияющих на безопасность населения.

Чем выше значимость для страны территории или организации, тем больший объем защитных мероприятий по гражданской обороне должен на ней выполняться в целях гарантированного сохранения основной части людских и материальных ресурсов.

**Силы гражданской обороны.** В состав сил гражданской обороны входят:

- соединения и части, специально предназначенные для решения задач в области гражданской обороны, организационно объединенные в войска гражданской обороны;

- аварийно-спасательные службы и нештатные аварийно-спасательные формирования для решения задач гражданской обороны.

Руководство войсками гражданской обороны осуществляет Министр Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий:

- соединениями и частями войск ГО центрального подчинения – непосредственно;

- соединениями и частями войск ГО, дислоцированными на территории регионов Российской Федерации – через региональные центры МЧС России.

На военное время создается единая группировка войск ГО и воинских частей и подразделений государственной противопожарной службы (ГПС). Войска ГО и подразделения ГПС в основном осуществляют прикрытие не отдельных объектов, а территорий.

В ходе подготовки гражданской обороны особое внимание уделяется созданию и поддержанию в готовности сети наблюдения и лабораторного контроля. Она представляет собой комплекс служб, учреждений и органи-

заций федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления осуществляющих наблюдение и контроль состояния окружающей природной среды, обстановки на потенциально опасных объектах и прилегающих к ним территориях и анализ воздействия вредных факторов на здоровье населения.

Для решения задач в области гражданской обороны могут привлекаться организации и учреждения соответствующего профиля: органы здравоохранения, охраны общественного порядка, предприятия коммунального хозяйства, противопожарные службы, организации, занимающиеся материально-техническим обеспечением и др.

Также для решения задач в области ГО могут привлекаться Вооруженные Силы Российской Федерации, другие войска и воинские формирования. Порядок их привлечения определяется Президентом РФ.

Самая массовая часть сил гражданской обороны – нештатные аварийно-спасательные формирования, которые создаются на базе организаций. Они укомплектовываются специальной техникой, оборудованием и имуществом, в них зачисляются граждане, не имеющие мобилизационных предписаний. Эти формирования предназначаются для выполнения основного объема аварийно-спасательных работ и других мероприятий гражданской обороны.

*Нештатные аварийно-спасательные формирования* создаются организациями, эксплуатирующими объекты, имеющие важное оборонное и экономическое значение, потенциально опасные производственные объекты, объекты, обеспечивающие жизнедеятельность населения, а также специализированными организациями, имеющими по своему профилю деятельности силы и средства, способные обеспечить выполнение задач гражданской обороны.

Организациями могут создаваться спасательные, медицинские, противопожарные, инженерные, аварийно-технические, автомобильные формирования, а также формирования разведки, радиационного и химического наблюдения, радиационной и химической защиты, связи, механизации работ, охраны общественного порядка, питания, торговли и другие виды формирований.

Условия определения организаций, в которых должны создаваться

нештатные аварийно-спасательные формирования, порядок их создания и деятельности устанавливается постановлениями правительства РФ.

Привлечение сил и средств ГО в мирное время для участия в ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также последствий террористических актов производится в соответствии с установленным порядком и планом гражданской обороны и защиты населения. При этом решение на привлечение сил и средств ГО для ликвидации чрезвычайных ситуаций *федерального* характера принимает Министр РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, *регионального* характера – руководители субъектов РФ. Войска гражданской обороны могут привлекаться только с разрешения МЧС России или начальников региональных центров МЧС России.

Личный состав аварийно-спасательных формирований и спасательных служб гражданской обороны к проведению работ повышенного риска привлекается на добровольной основе.

Силы и средства гражданской обороны используются эшелонировано. Силы первого эшелона: соединения и части войск гражданской обороны, подразделения государственной противопожарной службы, территориальные аварийно-спасательные службы и формирования, штатные аварийно-спасательные формирования, создаваемые на объектах. Силы второго эшелона: привлекаемые соединения и части вооруженных сил и других войск, ведомственные аварийно-спасательные формирования.

**Управление гражданской обороной.** Управление гражданской обороной осуществляют специальные органы управления, уполномоченные на решение задач в области гражданской обороны. Постоянно действующими органами управления гражданской обороной являются:

- на федеральном уровне – МЧС России, структурные подразделения федеральных органов исполнительной власти;
- на межрегиональном уровне – региональные центры по делам гражданской обороны (региональные центры МЧС России);
- на региональном уровне – главные управления МЧС России по субъектам РФ;
- на местном (муниципальном) уровне – структурные подразделения

органов местного самоуправления, уполномоченные на решение задач в области гражданской обороны и задач по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

– в организациях и учреждениях – структурные подразделения (работники), уполномоченные на решение задач в области гражданской обороны.

Руководство гражданской обороной осуществляют: в Российской Федерации – Правительство РФ, в федеральных органах исполнительной власти и организациях – их руководители, на территориях субъектов РФ – главы органов исполнительной власти субъектов РФ, на территориях муниципальных образований – руководители органов местного самоуправления. Важнейшей особенностью является централизованное руководство гражданской обороной на основе использования принципа единоначалия при осуществлении ее мероприятий. Руководители всех уровней несут персональную ответственность за организацию и проведение мероприятий гражданской обороны.

Между органами исполнительной власти субъектов РФ и органами местного самоуправления установлено распределение полномочий в области гражданской обороны: первые, в основном, организуют мероприятия ГО, вторые – реализуют их выполнение.

### **3.4. МЕРОПРИЯТИЯ ЗАЩИТЫ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Определение понятия защиты в ЧС и перечень основных мероприятий защиты приведены в Государственном стандарте РФ «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения» (ГОСТ Р 22.3.03-94). “*Защита населения* – комплекс взаимоувязанных по месту, времени проведения, цели, ресурсам мероприятий РСЧС, направленных на устранение или снижение на пострадавших территориях до приемлемого уровня угрозы жизни и здоровью людей...”. Защита достигается в результате применения различных средств и способов защиты и осуществления комплекса мероприятий, который включает:

- прогноз возможных ЧС и их последствий;
- непрерывное наблюдение и контроль за состоянием окружающей

среды;

- оповещение населения об угрозе возникновения и факте ЧС;
- эвакуацию людей из опасных зон;
- инженерную, медицинскую, радиационную и химическую защиту;
- применение специальных режимов защиты населения на зараженной территории;
- информирование населения о прогнозируемых и возникших ЧС, порядке действий;
- подготовку к действиям в ЧС населения, руководителей и органов управления всех уровней;
- проведение спасательных и других неотложных работ в районах ЧС;
- обеспечение защиты от поражающих факторов ЧС воды и продовольствия;
- создание финансовых и материальных резервов на случай возникновения ЧС.

Рассмотрим некоторые мероприятия, выполнение которых непосредственно связано с непосредственными действиями людей, часто самостоятельными в чрезвычайных ситуациях.

### **3.4.1. Оповещение**

Своевременное оповещение населения об угрозе или факте возникновения чрезвычайной ситуации является важнейшим условием своевременного принятия мер защиты от поражающих факторов ЧС.

*Оповещение* – это экстренное доведение до органов управления РСЧС, ее сил и населения сигналов оповещения и соответствующей информации о ЧС. *Сигнал оповещения* – это сигнал, являющийся командой для проведения мероприятий органами управления, а также для использования населением средств и способов защиты от поражающих факторов ЧС (П. 7).

*Система оповещения РСЧС* создается заблаговременно и включает специализированные технические средства оповещения и связи, а также каналы территориальных ведомственных сетей связи, средств массовой информации – радиовещания и телевидения.

На систему оповещения возлагается задача обеспечить своевремен-



ное доведение до органов управления, сил РСЧС и населения сигналов и информации о всех видах опасности, а также распоряжений о проведении защитных мероприятий. Для выполнения этой задачи используются ручной и автоматизированный способы оповещения.

При ручном способе передача информации осуществляется с помощью специальной телеграммы, которая посылается по установленному сигналу с пункта управления ГОЧС по государственным каналам связи.

При автоматизированном способе передача сигналов, речевой информации от старших до подчиненных органов управления осуществляется по государственным каналам связи с использованием комплекса специальной аппаратуры и технических средств оповещения. Этот способ обеспечивает минимальное время доведения срочной информации до потребителя.

Сигналы оповещения и информация о складывающейся обстановке передаются с помощью систем централизованного оповещения (СЦО). Например, система централизованного оповещения города использует специальную аппаратуру, сопряженную с городскими телефонными и телеграфными сетями, сетями проводного и радиовещания. Она позволяет:

- централизованно управлять электросиренами и уличными громкоговорителями;
- принудительно переключать радиотрансляционные узлы, радиовещательные и телевизионные станции на передачу срочных речевых сообщений;
- централизованно оповещать должностных лиц РСЧС через квартирные и служебные телефоны;
- централизованно управлять СЦО объектов экономики и доводить сигналы и информацию до их пунктов управления.

Наряду с системой централизованного оповещения в районах размещения радиационно и химически опасных объектов создаются *локальные системы оповещения*. Они позволяют существенно сократить время доведения сигналов оповещения до должностных лиц и населения, проживающего вблизи этих объектов.

### 3.4.2. Эвакуация

*Эвакуация* населения – это комплекс мероприятий по организованному вывозу (выводу) населения из зон прогнозируемых или возникших чрезвычайных ситуаций и его временному размещению в безопасных районах. Это одна из основных мер экстренной защиты населения, проживающего вблизи химически опасных объектов, атомных электростанций, в зонах катастрофического затопления, движения селевых потоков, схода лавин, обвалов, оползней, землетрясений. Решающее значение при эвакуации имеет затрачиваемое на ее проведение время.

В зависимости от времени и сроков проведения она может быть упреждающей (заблаговременной) или экстренной (безотлагательной). Основанием для проведения *заблаговременной* эвакуации является краткосрочный прогноз возникновения чрезвычайной ситуации, который выдается на период от нескольких десятков минут до нескольких суток и может уточняться в течение этого срока. *Экстренная* эвакуация населения осуществляется в случае возникновения ЧС.

В зависимости от характера ЧС и численности вывозимого из опасной зоны населения эвакуация может быть локальной, местной или региональной.

*Локальная* эвакуация ограничена несколькими тысячами человек (городской микрорайон, сельский населенный пункт), которые размещаются в непострадавших районах города или населенных пунктах.

*Местная* эвакуация проводится, когда в зону ЧС попадают средние города, отдельные районы крупных городов с численностью населения до нескольких десятков тысяч человек.

*Региональная* эвакуация проводится при условии распространения ЧС на один или несколько регионов.

Эвакуация может *общей*, когда из зоны ЧС выводятся все категории населения, или *частичной* – выводятся нетрудоспособное население, дети дошкольного возраста, учащиеся школ.

Право принятия решения об эвакуации имеют руководители органов исполнительной власти субъектов РФ и местного самоуправления, на территории которых прогнозируется или возникла ЧС. В случаях, требующих немедленных действий, экстренная локальная эвакуация может проводить-

ся по распоряжению руководителя дежурно-диспетчерской службы потенциально опасного объекта.

Поскольку фактор времени является определяющим при эвакуации, для ее успешного проведения требуется высокая подготовленность населения, персонала опасных объектов, органов управления исполнительной власти и РСЧС. Она предполагает, в частности, четкую организацию оповещения и информирования населения, наличие детально отработанных планов эвакуации, подготовленных маршрутов, достаточного количества транспортных средств.

Эвакуация осуществляется по производственно-территориальному принципу. В рабочее время вывоз из зон ЧС рабочих, служащих, студентов, учащихся школ организуется по предприятиям, учреждениям, учебным заведениям; эвакуация остального населения – по месту жительства через жилищно-эксплуатационные органы. В нерабочее время эвакуация осуществляется по территориальному принципу, т. е. от мест нахождения людей в момент объявления распоряжения об эвакуации.

Размещение эвакуированного населения производится в безопасных районах. Для кратковременного пребывания используются здания общественных учреждений: клубов, пансионатов, санаториев, школ, в летнее время – палаточные городки.

Наиболее сложной является эвакуация из зон радиоактивного загрязнения, так как возвращение населения в места постоянного проживания может быть отложено на неопределенный срок.

### **3.4.3. Радиационная и химическая защита**

Необходимость радиационной и химической защиты населения обусловлена наличием на территории Российской Федерации большого количества потенциально опасных объектов – в первую очередь радиационно и химически опасных. Несмотря на принимаемые меры по повышению безопасности, число нарушений в работе и ядерных энергетических установок, и химических производств остается высоким. В связи с этим вопросы организации радиационной и химической защиты населения являются актуальными.

Мероприятия радиационной и химической защиты можно разделить на две группы. Первая группа – информационные мероприятия:

– выявление и оценка радиационной и химической обстановки в зонах заражения;

– радиационный и химический контроль.

Вторую группу составляют мероприятия непосредственной защиты:

– использование средств индивидуальной и коллективной защиты в зонах заражения;

– санитарная обработка людей и обеззараживание одежды, обуви, оборудования и техники, зданий, местности.

Последнее мероприятие выполняется при выходе из зон радиоактивного и химического заражения и при ликвидации последствий ЧС.

Рассмотрим использование средств индивидуальной и коллективной защиты.

**Средства индивидуальной защиты.** Средства индивидуальной защиты (СИЗ) предназначены для защиты от попадания внутрь организма, на кожные покровы и на одежду радиоактивных и химически опасных веществ, а также для защиты от теплового излучения открытого пламени.

По функциональному назначению СИЗ подразделяются на средства защиты органов дыхания и средства защиты кожи. Часто к СИЗ относят и медицинские средства защиты.

По принципу действия средства защиты органов дыхания и кожи делятся на фильтрующие и изолирующие.

Средства индивидуальной защиты могут быть табельными, обеспечение которыми предусматривается табелями (нормами), и нетабельными, предназначенными для обеспечения формирований ГО и населения в дополнение к табельным средствам или в порядке их замены.

*Средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД)* предназначены для защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от всех вредных примесей, находящихся в воздухе.

К *фильтрующим СИЗОД* относятся фильтрующие противогазы, респираторы, камеры детские, дополнительные патроны и простейшие средства (противопылевые тканевые маски и ватно-марлевые повязки).

Защита с помощью фильтрующих СИЗОД основана на очистке наружного зараженного воздуха от находящихся в нем примесей. Фильтрующие средства не обогащают вдыхаемый воздух кислородом, поэтому

их можно использовать в атмосфере, содержащей не менее 17 % кислорода.

Основным средством индивидуальной защиты органов дыхания являются фильтрующие противогазы. При всем многообразии фильтрующих противогазов все они имеют два основных элемента: лицевую часть и фильтрующе-поглощающую систему, которые соединены между собой непосредственно или с помощью соединительной трубки.

*Лицевая часть* предназначена для защиты лица и глаз от вредных примесей, подвода к органам дыхания очищенного воздуха и вывода в атмосферу выдыхаемого воздуха. Лицевая часть может быть выполнена в виде шлем-маски (ШМ-62У и др.) или маски (МГП), которая имеет наголовник в виде пластины с пятью лямками для подгонки маски по размеру головы.

Лицевая часть в виде маски имеет существенное преимущество по сравнению со шлем-маской, так как позволяет снизить механическое воздействие лицевой части на голову и тем самым увеличить время непрерывного пребывания в противогазе.

Шлем-маска ШМ-66МУ и маска МГП имеют переговорное устройство, обеспечивающее четкое понимание передаваемой речи. Маска типа МГП-В дополнительно имеет приспособление для приема воды, которое может присоединяться с помощью специальной крышки к фляжке.

*Фильтрующе-поглощающая система* предназначена для очистки вдыхаемого зараженного воздуха от аэрозолей и паров (газов) вредных примесей. Очистка воздуха от аэрозолей производится противоаэрозольным фильтром (ПАФ), который представляет собой волокнистый фильтрующий материал, задерживающий относительно крупные частицы.

Для паров и газов фильтрующие материалы препятствия не представляют, поэтому СИЗОД, конструктивно имеющие только противоаэрозольный фильтр, предназначены для защиты только от аэрозолей с твердой дисперсной фазой.

Задержанные фильтром жидкие аэрозольные частицы могут испаряться и создавать во вдыхаемом воздухе опасные концентрации токсичных веществ, поэтому для защиты от таких аэрозолей необходимо использовать не только фильтрующие материалы, но и сорбенты.

В СИЗОД для очистки воздуха от вредных примесей в газообразном состоянии используется явление сорбции – физической адсорбции, химической сорбции (хемосорбции) и ее разновидности – каталитической сорбции. Сорбентом является активированный уголь, обработанный каталитическими и хемосорбционными присадками, который называется *шихтой*. В фильтрующем противогазе по току воздуха располагается сначала фильтрующий материал, а за ним – шихта.

Для защиты от некоторых токсических веществ более эффективным оказывается не выведение молекул вредного вещества из воздушного потока, а химическое превращение его в нетоксичный продукт при прохождении воздуха через средство очистки. Так, например, осуществляется защита от оксида углерода (угарного газа) с помощью гопкалитового патрона. Проходя через катализатор «гопкалит» (60 % диоксида марганца и 40 % оксида меди), оксид углерода окисляется до диоксида (углекислого газа).

Фильтрующе-поглощающая система коробочного противогаза представляет собой круглую металлическую или пластмассовую коробку, которая в противогазе малого габарита крепится непосредственно к лицевой части, а в противогазе большого габарита носится в противогазовой сумке и соединяется с лицевой частью с помощью соединительной трубки.

По назначению фильтрующие противогазы делятся на три группы:

- противогазы для личного состава Вооруженных Сил;
- гражданские противогазы;
- промышленные противогазы.

*Гражданские противогазы* предназначены для использования населением в чрезвычайных ситуациях. Для взрослого населения предназначены противогазы ГП-5, ГП-5М, ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ, отличающиеся фильтрующе-поглощающими коробками (ГП-5 и ГП-7К соответственно) и лицевыми частями (шлем-маски ШМ-62У, ШМ-66МУ у ГП-5 и маски МГП, МГП-В у ГП-7). Детские противогазы: ПДФ-2Д – для детей дошкольного возраста, ПДФ-2Ш – школьного возраста, в комплект входят фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7К и лицевая часть МД-4.

С целью расширения возможностей противогазов по защите от АХОВ используются *дополнительные патроны*: ДПГ-1 – для защиты, в основном, от оксида углерода, ДПГ-3 – от аммиака. Для подсоединения

дополнительных патронов к противогазам малого габарита используется соединительная трубка, патрон подсоединяется за фильтрующе-поглощающей коробкой по току воздуха между коробкой и лицевой частью.

Защитные свойства гражданских противогазов представлены в табл. 3.1. Концентрации АХОВ, для которых приводится время защитного действия, соответствуют примерно нескольким тысячам ПДК в воздухе рабочей зоны (табл. 1.20).

Т а б л и ц а 3.1

**Защитные свойства по АХОВ гражданских противогазов ГП-5(ГП-5М), ГП-7(ГП-7В, ГП-7ВМ)**

Наименование АХОВ	Концентрация, мг/л	Время защитного действия, мин		
		Противогаз	Противогаз +ДПГ-1	Противогаз +ДПГ-3
Аммиак	5,0	0	30	60
Диметиламин	5,0	0	60	80
Диоксид азота	1,0	0	30	0
Метил хлористый	0,5	0	35	0
Оксид углерода	3,0	0	40	0
Оксид этилена	1,0	0	25	0
Сероводород	10,0	25	50	50
Соляная кислота	5,0	20	30	30
Хлор	5,0	40	60	100
Этилмеркаптан	5,0	40	120	120

Примечания. 1. «0» означает, что защита отсутствует.

2. Время защитного действия дано для скорости воздушного потока 30 л/мин (объем легочной вентиляции: покой – 8 л/мин, ходьба быстрая – 25 л/мин, тяжелая работа – 70 л/мин), относительной влажности воздуха 75 % и температуре окружающей среды от –30 до +40 °С; оксида углерода, оксида этилена и хлористого метила от –10 до +40 °С.

3. Для детских противогазов время защитного действия по АХОВ (при скорости воздушного потока 15 л/мин) примерно в 2 раза больше.

*Камера защитная детская (КЗД-4, КЗД-6)* предназначена для защиты детей в возрасте до 1,5 лет. Камера представляет собой оболочку из прорезиненной ткани, находящейся на металлическом каркасе, в которую

вмонтированы два фильтрующе-поглощающих элемента. Непрерывный срок пребывания ребенка в камере – до 6 часов, масса камеры около 4 кг.

*Промышленные противогазы* предназначены для защиты органов дыхания, глаз, лица персонала предприятий от конкретных вредных примесей (или их смесей). Лицевые части – такие же, как у гражданских противогазов. Коробки промышленных противогазов в соответствии со своим назначением содержат один или несколько специальных поглотителей, маркируются определенной краской (табл. 3.2), при наличии противоаэрозольного фильтра имеют белую полосу на коробке или дно белого цвета у пластмассовой коробки малого габарита.

Время защитного действия коробок промышленных противогазов малого габарита при концентрациях вредных веществ, превышающих ПДК в сотни-тысячи раз, составляет от одного до нескольких часов.

*Респираторы* – облегченные средства защиты органов дыхания. По назначению респираторы подразделяются на противопылевые, противогазовые и газопылезащитные.

Противопылевые респираторы ШБ-1 «Лепесток», «Кама», У-2К (Р-2) защищают от аэрозолей с твердой дисперсной фазой, вещество которой не способно сублимироваться. В качестве основного фильтрующего материала используются тонковолокнистые полимерные материалы. Респираторы «Лепесток» и «Кама» – одноразового применения, У-2К (Р-2) может использоваться многократно после выколачивания пыли или продувки чистым воздухом.

Противогазовый респиратор РПГ-67 предназначен для защиты от вредных паров и газов при их содержании в воздухе не выше 10...15 ПДК. Очистка воздуха от вредных газов осуществляется с помощью сменных патронов различных марок.

Газопылезащитный респиратор РУ-60М предназначен для защиты от газов, паров и аэрозолей при одновременном их присутствии в воздухе. Состоит из тех же элементов, что и РПГ-67, но патроны содержат кроме поглотителя и противоаэрозольный фильтр.

*Изолирующие СИЗОД* – изолирующие дыхательные аппараты (ИДА) предназначены для защиты органов дыхания, лица и глаз от любой вредной примеси в воздухе независимо от ее концентрации. Ими обеспечива-



ются формирования, привлекаемые к проведению аварийно-спасательных работ в районе аварии.

Т а б л и ц а 3.2

**Промышленные противогазы, применяемые для защиты персонала предприятий от АХОВ**

Марка коробки	Опознавательная окраска коробки	Вредные вещества, от которых защищает коробка
А	Коричневая	Пары: бензина, керосина, ацетона, толуола, ксилола, сероуглерода; спирты; эфиры; анилин; соединения бензола; тетраэтилсвинец.
В	Желтая	Сернистый ангидрид, хлор, сероводород, синильная кислота, окислы азота, хлористый водород, фосген.
Г	Черная и желтая	Пары ртути.
Е	Черная	Мышьяковый и фосфористый водород.
К	Зеленая	Пары аммиака.
КД	Серая	Пары аммиака, смесь сероводорода с аммиаком.
КВ	Желтая и серая	Смесь двуокиси азота и аммиака.
М	Красная	Оксид углерода в присутствии аммиака, мышьяковистого и фосфористого водорода.
С	Голубая	Сернистый ангидрид.
СО	Белая	Оксид углерода.
СОХ	Защитная	Оксид углерода, хлор, производственная пыль.
БКФ	Зеленая	Мышьяковистый и фосфористый водород, синильная кислота, различные аэрозоли (пыль, дым, туман).

Примечания. 1. При пользовании противогазом марки «Г» необходимо вести учет времени работы коробки. Коробки с ПАФ должны заменяться через 80 часов работы, без ПАФ – через 100 часов.

2. Отработка фильтрующих коробок марок «М» и «СО» определяется по увеличению массы. При увеличении массы коробок «М» на 35 г и коробок «СО» на 50 г по сравнению с первоначальной (эта масса указана на корпусе коробки) коробки считаются отработанными и заменяются новыми.

ИДА применяются в следующих случаях: если состав и концентрация вредных веществ неизвестны; при недостатке (менее 18 %) или отсутствии кислорода в воздухе; когда время защитного действия фильтрующих

СИЗОД недостаточно для выполнения работ в зоне заражения.

Принцип действия ИДА основан на полной изоляции органов дыхания от внешней среды. Необходимый для дыхания кислород находится в самом аппарате.

В зависимости от способа резервирования кислорода ИДА делятся на три группы:

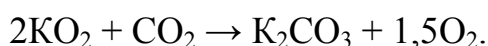
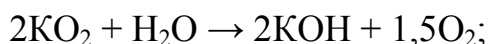
– со сжатым воздухом (АСВ-2, «ВЛАДА») или со сжатым кислородом (КИП-7, КИП-8);

– с жидким кислородом («Комфорт»);

– с химически связанным кислородом (ИП-4, ИП-4М).

В аппаратах со сжатыми или сжиженными газами вдыхаемая воздушная смесь готовится легочным автоматом, их недостатком является относительно большая масса, обусловленная наличием толстостенного металлического баллона.

В изолирующих дыхательных аппаратах с химически связанным кислородом – изолирующих противогасах – поглощение из выдыхаемого воздуха углекислого газа и паров воды и обогащение вдыхаемого воздуха кислородом осуществляется регенеративным патроном (РП). В качестве реагента в РП используется супероксид натрия или калия, которые вступают в химическую реакцию с продуктами дыхания:



Эти реакции протекают при достижении определенной температуры, поэтому для запуска РП и получения первых порций кислорода используется пусковое устройство. В зависимости от интенсивности физической нагрузки время работы в изолирующем противогазе составляет 30...180 минут.

При использовании изолирующих противогазов необходимо помнить, что РП может запускаться только один раз, т. е. не подлежит повторному применению даже в том случае, если не выработал по времени свой ресурс.

Основными элементами конструкции ИДА являются: лицевая часть, блок резервирования кислорода (баллоны со сжатым или сжиженным газом, регенеративный патрон), легочный автомат или дыхательный мешок,

клапан избыточного давления.

Работа с ИДА требует специальной подготовки и осуществляется в соответствии с руководствами по эксплуатации каждого средства защиты.

*Средства индивидуальной защиты кожи (СЗК)* обеспечивают защиту кожных покровов от газов, паров, аэрозолей, капель АХОВ, радиоактивной пыли. По принципу действия СЗК подразделяются на фильтрующие и изолирующие.

*Фильтрующие СЗК* предназначены для защиты от вредных веществ, находящихся в виде газа (пара). Они изготавливаются из воздухопроницаемых тканей, поэтому возможно их длительное непрерывное использование. Защитное действие фильтрующих СЗК обусловлено пропиткой, наносимой на ткань средства защиты, которая вступает в химическое или физико-химическое взаимодействие с парами АХОВ. Фильтрующие СЗК часто называют импрегнированной одеждой.

СЗК фильтрующего типа предназначены, главным образом, для невоенизированных формирований ГО промышленных объектов.

Табельными СЗК фильтрующего типа являются: комплект защитной фильтрующей одежды (ЗФО), комплект защитный ФЛ-Ф, универсальная защитная фильтрующая одежда КСВ-2, общевойсковой комплексный защитный костюм ОКЗК (ОКЗК-М), импрегнированное обмундирование ДГ.

*Изолирующие СЗК* предназначены, в основном, для защиты кожных покровов от вредных веществ, находящихся в жидкой фазе (аэрозоли, капли). Они изготавливаются из воздухонепроницаемых прорезиненных тканей или полимерных материалов. Применяются при проведении дегазации, дезактивации и дезинфекции в очагах поражения и зонах заражения, могут использоваться многократно после соответствующей специальной обработки.

СЗК этого типа нарушают нормальный теплообмен организма с внешней средой, поэтому при высокой температуре и тяжелой физической нагрузке возможен перегрев организма (тепловой удар), а при низкой температуре – переохлаждение. Так при температуре наружного воздуха +30 °С и выше время пребывания в изолирующих СЗК ограничено 15...20 минутами, повторная работа в этих СЗК возможна после 30-минутного отдыха.

Табельными изолирующими СЗК, использующимися в различных формированиях и на различных объектах экономики, являются: легкий защитный костюм Л-1, общевойсковой защитный комплект ОЗК, костюм защитный изолирующий «Авария» и «Авария-1», костюм защитный изолирующий КЗИМ, костюм изолирующий химический КИХ-4 (КИХ-5), комплект автономного изолирующего снаряжения КАИС, костюм ЛГ-5 (пленочный изолирующий), костюм защитный аварийный КЗА, защитный изолирующий комплект Ч-20, костюм изолирующий ИК-АЖ.

*Средства медицинской защиты* предназначены для профилактики или снижения действия различных поражающих факторов. К ним относятся: аптечка индивидуальная (АИ-2), индивидуальный противохимический пакет (ИПП-8, ИПП-10), пакет перевязочный индивидуальный (ППИ).

Аптечка индивидуальная АИ-2 содержит шприц-тюбик и пеналы разной окраски с лекарственными препаратами. Медикаментозные средства из аптечки применяются в зависимости от обстановки по указанию врача или самостоятельно в соответствии с инструкцией.

В гнезде № 1 аптечки находится шприц-тюбик с 2 %-м раствором промедола. Промедол – болеутоляющее средство, применяется для профилактики шока при сильных болях, вызванных переломами, ожогами.

В гнезде № 2 размещен круглый пенал красного цвета с антидотом (противоядием) против фосфорорганических отравляющих веществ – та-рен + атропин (6 таблеток).

В гнезде № 3 размещен длинный круглый пенал без окраски с противобактериальным средством № 2 – 15 таблеток сульфадиметоксина.

В гнезде № 4 размещены два восьмигранных пенала розового цвета с радиозащитным средством № 1 (по 6 таблеток в каждом). В качестве радиозащитного средства используется цистамин – профилактическое средство, принимается за 30...40 минут до предполагаемого облучения, если ожидаемая доза составляет более 1 Зв. Продолжительность защитного действия 6...7 часов.

В гнезде № 5 размещены два четырехгранных пенала без окраски с противобактериальным средством № 1 (по 5 таблеток в каждом). Это средство (хлортетрациклин) предназначено для экстренной неспецифической профилактики инфекционных заболеваний при угрозе бактериального за-

ражения, а также при обширных ранах и ожогах для предотвращения гнойных осложнений.

В гнезде № 6 находится четырехгранный пенал белого цвета – радиозащитное средство № 2 – 10 таблеток йодистого калия по 0,25 г. Это – средство йодной профилактики, предназначается для насыщения щитовидной железы стабильным йодом, принимается при авариях на АЭС, сопровождающихся выбросом радиоактивных продуктов в окружающую среду.

В гнезде № 7 размещен круглый пенал голубого цвета, в котором находится противорвотное средство – этаперазин (5 таблеток). Принимается по 1 таблетке при появлении тошноты, рвоты как после облучения, так и после контузии, сотрясения головного мозга.

Индивидуальный противохимический пакет ИПП-8 (ИПП-10) предназначен для обеззараживания капельно-жидких фосфорорганических АХОВ и отравляющих веществ (ОВ), а также ОВ кожно-нарывного действия на открытых участках кожи, одежде, средствах индивидуальной защиты.

Дегазирующая жидкость находится в стеклянном флаконе (ИПП-8) или металлическом баллоне (ИПП-10). Тампонами, смоченными жидкостью необходимо обработать кожу, одежду сразу же после попадания на них АХОВ и ОВ.

Пакет перевязочный индивидуальный ППИ предназначен для наложения первичной повязки на рану, ожоговую поверхность. В пакете находится марлевый бинт шириной 10 см и длиной 7 м и две ватно-марлевые подушки размером 17×32 мм.

**Коллективные средства защиты.** К коллективным средствам защиты (КСЗ) относят специально оборудованные инженерные сооружения (защитные сооружения), предназначенные для групповой защиты личного состава формирований ГО, персонала, населения от любых поражающих воздействий, возникающих в результате аварий или катастроф на потенциально опасных объектах, а также от воздействия современных средств поражения.

Защитные сооружения по конструкции подразделяются на сооружения открытого и закрытого типов.

К защитным сооружениям *открытого типа* относятся простейшие укрытия – открытые и перекрытые щели, котлованные и насыпные укрытия. Они предназначены для массовой защиты людей от мгновенных поражающих факторов ядерного взрыва – светового излучения, ударной волны, проникающей радиации.

Защитные сооружения *закрытого типа* делят на две категории: убежища и противорадиационные укрытия.

*Убежища* – защитные сооружения, в которых в течение определенного времени могут укрываться люди с целью защиты от современных средств поражения, воздействия химически опасных и радиоактивных веществ. Убежища – сложные в техническом отношении сооружения, оборудованные комплексом различных инженерных систем и измерительных приборов, которые должны обеспечить требуемые нормативные условия пребывания людей в течение расчетного времени.

Специальное оборудование убежищ включает: защитные (защитно-герметичные) двери; систему герметизации ограждающих конструкций, входов и других отверстий; систему фильтровентиляции. Специальное оборудование обеспечивает длительное пребывание людей в убежищах без средств индивидуальной защиты. В убежищах организуется отдых, оказание медицинской помощи, прием пищи.

Для обеспечения длительного пребывания людей убежища должны иметь также систему электропитания, санитарно-технические устройства (водопровод, отопление, канализацию), радио- и телефонную связь, запасы воды, продовольствия, медикаментов.

Устройство убежища и его оборудование зависят от класса и вместимости. Класс защищенности убежищ устанавливается по величине допустимого избыточного давления во фронте ударной волны. Убежища большой вместимости имеют более сложное оборудование по сравнению с сооружениями малой вместимости. Сложность внутреннего оборудования и инженерных сетей, оснащенность агрегатами, механизмами, приборами зависят также от назначения и характера использования помещения в мирное время.

По месту расположения убежища подразделяются на отдельно стоящие и встроенные. В последнем случае убежища размещаются в подваль-

ных и цокольных этажах производственных, вспомогательных, жилых и общественных зданий. Большая часть убежищ является встроенными. Это обусловлено тем, что по технико-экономическим и эксплуатационным показателям они имеют преимущества перед отдельно стоящими. Встроенные убежища значительно дешевле (обычно это готовый фундамент для наземного здания), не требуется отдельная территория и коммуникации при строительстве, удобнее в эксплуатации. Очень важно, что они могут быстрее без выхода людей из здания заполняться по сигналам оповещения. Поэтому строительство отдельно стоящих убежищ допускается лишь в том случае, если по обоснованным причинам строительство встроенного сооружения исключается.

В качестве убежищ могут использоваться станции метрополитена, подземные транспортные переходы, шахты, выработки, пещеры и т. п.

Убежища должны обладать защитой от избыточного давления не менее 100 кПа, иметь коэффициент ослабления ионизирующего излучения (по гамма-излучению) не менее 1000, продолжительность полной изоляции убежища должна составлять несколько часов, автономность – несколько суток. Конкретные характеристики каждого убежища определяются его проектной документацией.

Вместимость защитных сооружений, как правило, не менее 150 человек и определяется суммой мест для сидения (на первом ярусе) и лежа (на втором и третьем ярусах).

Планировка и состав помещений зависят от вместимости сооружения, характера использования в мирное время, размещения укрываемых. Помещения делятся на основные и вспомогательные. *Основными* помещениями являются отсеки, где размещаются люди, пункт управления, медпункт, тамбуры, шлюзы. К *вспомогательным* относятся фильтровентиляционные камеры, помещения санузлов, дизельной электростанции, баков для воды или артезианской скважины, кладовой и др. Главным помещением убежища является помещение для укрываемых.

Помещение для укрываемых оборудуется скамейками для сидения и полками для лежа. Герметизация его достигается повышенной плотностью стен и перекрытий, соответствующим оборудованием входов. Для предотвращения проникновения внешнего зараженного воздуха через

мельчайшие трещины в ограждающих конструкциях в помещении создается подпор воздуха за счет работы фильтровентиляционного агрегата.

Норма площади пола убежища на одного укрываемого составляет  $0,5 \text{ м}^2$  при двухъярусном расположении и  $0,4 \text{ м}^2$  при трехъярусном. При этом высота помещений должна быть не менее 2,2 м, а объем воздуха в пределах зоны герметизации – не менее  $1,5 \text{ м}^3$  на одного укрываемого.

Люди в отсеках располагаются на местах для сидения из расчета  $0,45 \times 0,45 \text{ м}$  на одного человека и на нарах для лежания на втором и третьем ярусах нар из расчета  $0,55 \times 1,80 \text{ м}$  на одного человека.

Высота первого яруса – 0,45 м; второго – 1,40 м; третьего – 2,15 м от пола. Расстояние от верхнего яруса до перекрытия не менее 0,75 м.

Количество мест для лежания при двух ярусах составляет 20 %, а при трех ярусах – 30 %.

Санитарные посты назначаются из расчета один пост площадью  $2 \text{ м}^2$  на 500 чел. Помимо санитарных постов в убежищах вместимостью 900...1200 чел. должен быть медпункт площадью  $9 \text{ м}^2$ , на каждые 100 чел. сверх 1200 добавляется  $1 \text{ м}^2$  площади.

Убежища должны иметь не менее двух входов, расположенных в противоположных направлениях. Входы встроенных в первые этажи убежищ должны обеспечивать необходимую защиту от проникающей радиации и исключать возможность прямого попадания излучения в защищенные помещения. Для этого предусматривается устройство во входах поворотов под углом  $90^\circ$  или экранов против дверных проемов.

Для убежищ вместимостью 300 человек и более при одном из выходов делают тамбур-шлюз, каждая камера которого имеет площадь  $8...10 \text{ м}^2$ . Тамбур-шлюз имеет две защитно-герметические двери и обеспечивает вход в сооружение без нарушения его защитных свойств. Все входы в убежища, кроме тех, которые оборудованы тамбурами-шлюзами, оборудуются тамбурами.

На случай эвакуации людей при разрушении наземной части здания во встроенных убежищах предусматривают аварийный (эвакуационный) выход в виде подземной галереи размером  $1,2 \times 2,0 \text{ м}$  с прочным оголовком, вынесенным за пределы зоны возможных завалов. В убежищах вместимостью до 600 человек допускается аварийный выход в виде верти-



кальной шахты с защитным оголовком.

В убежищах большой вместимости для четкой организации заполнения сооружения людьми, их размещения, управления инженерными системами может быть устроен пункт управления (ПУ) площадью 10...20 м<sup>2</sup>, оборудованный средствами связи.

Фильтровентиляционное оборудование убежищ очищает наружный воздух от АХОВ, ОВ, бактериальных средств, радиоактивной пыли, дыма, распределяет его по отсекам и создает в сооружении избыточное давление (подпор), препятствующее проникновению зараженного воздуха внутрь помещения. Система воздухообеспечения, как правило, работает в двух режимах: чистой вентиляции (первый режим) и фильтровентиляции (второй режим). Если убежище расположено в пожароопасном районе или в районе возможной сильной загазованности АХОВ, дополнительно предусматривают режим изоляции с регенерацией внутреннего воздуха (третий режим).

В режиме чистой вентиляции наружный воздух очищается только от пыли. Подается он с учетом необходимости удаления из убежища тепла и влаги, поэтому количество воздуха в зависимости от климатического пояса может колебаться от 8 м<sup>3</sup>/(чел.·ч) при наружной температуре менее +20 °С до 13 м<sup>3</sup>/(чел.·ч) при температуре более +30 °С.

Противопыльные фильтры системы фильтровентиляции должны иметь защитный экран (располагаться в отдельном помещении), исключающий возможность облучения обслуживающего персонала и укрываемых от накапливающейся в фильтрах радиоактивной пыли.

При режиме фильтровентиляции воздух дополнительно пропускают через фильтры-поглотители, где он очищается от паров вредных примесей и бактериальных средств. Фильтры-поглотители имеют определенную пропускную способность, поэтому во втором режиме подача воздуха сокращается: 2 м<sup>3</sup>/(чел.·ч) для укрываемых и 5 м<sup>3</sup>/(чел.·ч) для работающих.

Для защиты от затекания ударной волны внутрь убежища, что может привести к разрушению вентиляционного оборудования и поражению людей, на воздухозаборных и вытяжных каналах устанавливают противовзрывные устройства и расширительные камеры.

При работе регенеративной установки воздух засасывается из поме-

щения, где находятся укрываемые, и пропускается через регенеративные патроны.

*Противорадиационные укрытия (ПРУ)* – защитные сооружения, предназначенные для укрытия населения от поражающего воздействия ионизирующих излучений при радиоактивном заражении местности, а также для частичной защиты от других поражающих факторов ядерного взрыва. Они имеют более простое оборудование по сравнению с убежищами. Практически ПРУ могут быть размещены в подвалах, цокольных и первых этажах зданий. К помещениям, приспособленным под ПРУ, предъявляются следующие требования:

- наружные ограждения конструкций зданий (сооружений) должны обеспечивать необходимую кратность ослабления ионизирующих излучений;

- проемы и отверстия должны быть подготовлены для заделки их при переводе помещения в режим укрытия;

- помещения должны располагаться вблизи мест пребывания укрываемых.

Устойчивость ПРУ к ударной волне определяется характеристиками используемого для этой цели помещения (сооружения). В ПРУ не предусматриваются противовзрывные устройства на системах воздухооборудования, защитно-герметичные двери. Ослабление действия ударной волны на укрываемых происходит вследствие ее затекания в ПРУ, поэтому двери к моменту прихода ударной волны должны быть открыты. После прохождения ударной волны двери в ПРУ плотно закрывают.

Помещения ПРУ подразделяются на основные и вспомогательные. В основных помещениях размещаются укрываемые, санитарные посты и медпункт. Вспомогательные помещения предназначены для санитарного узла, вентиляционной, хранения загрязненной верхней одежды.

Площадь основных помещений ПРУ принимают исходя из нормы площади на 1 чел. так же, как и для убежищ 0,4 и 0,5 м<sup>2</sup> в зависимости от числа ярусов нар. Норма площади может быть увеличена до 0,75 м<sup>2</sup> на 1 чел. при температуре наружного воздуха свыше +25 °С и до 1 м<sup>2</sup> для детей до 12 лет. При размещении ПРУ в подвалах, горных выработках при высоте 1,7...1,9 м норма площади увеличивается до 0,6 м<sup>2</sup> на одного укрыв-

ваемого. По тем же нормам, что и для убежищ, определяют площади санитарных постов и медицинской комнаты.

Количество входов в ПРУ зависит от вместимости, но должно быть не менее двух шириной 0,8 м. При вместимости укрытия до 50 чел. допускается устройство одного входа при наличии эвакуационного выхода с люком размером 0,6×0,9 м или окна размером 0,7×1,5 м.

В ПРУ используют, в основном, естественную вентиляцию, принудительная вентиляция используется в укрытиях вместимостью более 50 человек по нормам, установленным для убежищ.

### **Вопросы и задания**

1. Каковы права и обязанности граждан РФ в области защиты от чрезвычайных ситуаций?
2. Перечислите основные задачи единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.
3. Что означает эшелонированное использование сил и средств для ликвидации чрезвычайных ситуаций?
4. Каковы задачи гражданской обороны?
5. Каков порядок привлечения сил гражданской обороны к ликвидации чрезвычайных ситуаций?
6. Назовите основные мероприятия защиты населения в чрезвычайных ситуациях.
7. Когда используются фильтрующие средства защиты органов дыхания и когда изолирующие?
8. Каково назначение фильтрующего противогаза и как он устроен?
9. В каких случаях необходимо использовать средства защиты кожи?
10. Какие препараты имеются в индивидуальной аптечке и в каких ситуациях они принимаются?
11. Для чего предназначены убежища и противорадиационные укрытия?
12. Какие существуют сигналы оповещения гражданской обороны и как надо действовать при их получении?

## 4. УСТОЙЧИВОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

### 4.1. ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Проблема обеспечения национальной безопасности страны непосредственно связана с устойчивой, стабильной работой промышленных предприятий, предприятий сельскохозяйственного производства и социальной сферы (объединенных термином «объекты экономики» – ОЭ) в любых условиях, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций. Устойчивость работы объектов при возникновении ЧС имеет большое значение и потому, что ликвидация последствий ЧС требует привлечения дополнительных материальных, финансовых и людских ресурсов.

В настоящее время многие объекты экономики сами являются потенциально опасными, поэтому важно обеспечить их устойчивость в ЧС с целью предотвращения появления вторичных (инициированных) поражающих воздействий.

Применительно к объектам экономики различают два понятия устойчивости: устойчивость функционирования объекта и устойчивость объекта.

Под *устойчивостью объекта* понимают способность всего его инженерно-технического комплекса противостоять разрушающему действию поражающих факторов ЧС.

*Устойчивость функционирования объекта* – это его способность в условиях чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени выпускать продукцию в запланированном объеме и номенклатуре (для объектов непроизводственной сферы – выполнять свои функции в соответствии с предназначением), а в случае аварии (повреждения) восстанавливать производство в минимально короткие сроки.

Объекты экономики, несмотря на отличия, обусловленные структурой, технологическими процессами, местоположением и другими характеристиками, имеют много общих элементов. Основные из них: здания и со-

оружия, в которых размещено технологическое оборудование; системы энергетического хозяйства, водоснабжения, канализации; инженерные, технологические, транспортные коммуникации; системы связи и управления; складское хозяйство; здания административного, хозяйственного и бытового назначения.

Сходство и однотипность основных элементов ОЭ позволяют выделить факторы, которые определяют устойчивость их работы в чрезвычайных ситуациях:

- наличие надежной защиты рабочих и служащих от поражающих факторов чрезвычайных ситуаций;
- способность инженерно-технического комплекса объекта противостоять в определенной степени этим воздействиям;
- защищенность объекта от поражения вторичными факторами (пожары, взрывы, загазованность продуктами горения и АХОВ, затопления территории и т. д.), которые могут возникнуть на данном или соседнем объекте;
- надежность системы обеспечения объекта всем необходимым для производства продукции (сырьем, топливом, комплектующими изделиями, электроэнергией, водой, газом, теплом);
- устойчивость и непрерывность управления производством;
- подготовленность объекта к восстановлению производства в кратчайшие сроки в случае его нарушения при возникновении ЧС;
- наличие подготовленных формирований ГО.

Перечисленные факторы определяют основные требования к устойчивости функционирования ОЭ в условиях чрезвычайных ситуаций, а также пути повышения устойчивости.

Решая вопросы защиты и повышения устойчивости ОЭ, следует соблюдать принцип равной устойчивости по всем поражающим воздействиям.

#### **4.2. ОСНОВЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Пути и способы повышения устойчивости функционирования объектов экономики в условиях ЧС мирного и военного времени весьма много-

образны и определяются конкретными специфическими особенностями каждого отдельного предприятия.

Выбор наиболее эффективных (в том числе и с экономической точки зрения) путей и способов повышения устойчивости работы ОЭ возможен только на основе ее всесторонней оценки. В результате таких исследований выявляются наиболее слабые элементы ОЭ, определяется возможный ущерб и объем восстановительных работ при различных степенях повреждения объекта, разрабатываются мероприятия, направленные на обеспечение устойчивости как наиболее слабых элементов, так и всего объекта в целом.

Устойчивость функционирования ОЭ должна рассматриваться в условиях тех ЧС, которые для него возможны, независимо от вероятности их наступления.

Оценка устойчивости ОЭ к воздействию различных поражающих факторов проводится с помощью детерминированных или вероятностных методик. При *детерминированном подходе* последовательно рассматриваются поражающие факторы, которые могут действовать на данный объект экономики при всех возможных чрезвычайных ситуациях и оцениваются последствия их воздействия на ОЭ. Для каждого поражающего фактора и каждого отдельного элемента объекта, а затем и всего ОЭ получают зависимости потерь (вероятности потерь) от интенсивности воздействия (параметрический закон поражения), например, для землетрясений и взрывов:

$$П_n = f(J), \quad П_n = f(\Delta P_\phi);$$

$$P = f(J), \quad P = f(\Delta P_\phi);$$

$$У = f(J), \quad У = f(\Delta P_\phi),$$

где  $П_n$ ,  $P$ ,  $У$  – соответственно потери персонала, вероятность разрушения здания, ущерб, наносимый в результате действия поражающих факторов;  $J$ ,  $\Delta P_\phi$  – соответственно интенсивность землетрясения, избыточное давление во фронте воздушной ударной волны.

На основе этих зависимостей определяются потери, пределы устойчивости объекта, разрабатываются меры по ее повышению.

*Вероятностная оценка устойчивости* объекта экономики предполагает расчет вероятности ее нарушения (сохранения) в условиях ЧС. При

самом общем подходе потеря устойчивости ОЭ зависит от возможности проявления опасного явления в районе расположения объекта, интенсивности порождаемых опасным явлением поражающих факторов, устойчивости объекта. Вероятностная оценка существенно сложнее детерминированной, требует большего числа исходных данных, но ее результат позволяет всесторонне анализировать поведение устойчивости при изменении внешних по отношению к объекту условий и характеристик объекта, выбрать оптимальный по материальным или иным критериям путь повышения устойчивости ОЭ.

Для проведения расчетов с помощью обеих методик требуются следующие исходные данные (некоторые из них могут быть результатом самостоятельных исследований):

- перечень вероятных чрезвычайных событий, которые могут инициировать ЧС (опасное природное явление, техногенная авария, катастрофа, применение противником современных средств поражения), определение наиболее вероятного события или в более общем случае – расчет параметров законов распределения этих событий;

- вероятные параметры поражающих факторов источников ЧС, которые будут влиять на устойчивость объектов экономики;

- параметры вторичных поражающих факторов, возникающих при воздействии основных (первичных) источников ЧС;

- зоны воздействия поражающих факторов;

- схема функционирования производственного объекта с выделением элементов, влияющих на функционирование предприятия;

- значение критического параметра (максимальная величина параметра поражающего фактора, при котором функционирование объекта не нарушается);

- значение критического радиуса (минимальное расстояние от центра формирования источника поражающих факторов, на котором функционирование объекта не нарушается).

Кроме того, должны быть собраны данные по характеристикам самого оцениваемого объекта: количество зданий и сооружений и их конструкция, плотность застройки, наибольшая работающая смена, обеспеченность защитными сооружениями, средствами индивидуальной защиты, характе-

ристка оборудования, коммунально-энергетических сетей, местности.

В качестве примера рассмотрим схему упрощенной вероятностной оценки устойчивости производственного объекта.

При оценке устойчивости работы ОЭ учитываем, что современное предприятие – это сложная система, состоящая из нескольких подсистем (элементов), поэтому показатель устойчивости – вероятность функционирования всей системы зависит от вероятностей функционирования всех ее подсистем.

Для отдельного элемента полагаем, что его функциональные возможности (например, производственные) зависят от двух показателей, характеризующих: состояния технологического оборудования, задействованного в производстве, и состояния обслуживающего его персонала.

Тогда вероятность функционирования отдельного элемента  $P_{эл}$  можно определить следующим образом:

$$P_{эл} = P_n \cdot P_{то}, \quad (4.1)$$

где  $P_n$  – вероятность непоражения (сохранения работоспособности) персонала рассматриваемого элемента;  $P_{то}$  – вероятность функционирования технологического оборудования элемента.

Вышедшими из строя считаются: промышленные здания, имеющие сильные разрушения; жилые здания, имеющие средние разрушения; рабочие и служащие (персонал), получившие поражения средней тяжести.

Вероятность того, что оборудование не получит сильных и полных повреждений:

$$P_{то} = 1 - (P_3 + P_4)_{то}, \quad (4.2)$$

где  $P_3$  и  $P_4$  – вероятности сильного и полного (индексы степени повреждения: слабые – «1», средние – «2», сильные – «3», полные – «4») повреждения технологического оборудования элемента объекта.

Если персонал находится в здании цеха, то вероятность сохранения его работоспособности:

$$P_n = 1 - (P_3 + P_4)_{зд}, \quad (4.3)$$

где  $P_3$  и  $P_4$  – вероятности сильных и полных разрушений здания цеха.

Если персонал предварительно укрыт и находится в защитных сооружениях, то вероятность сохранения его работоспособности:



$$P_n = 1 - \sum_{(i)} n_i P_i, \quad (4.4)$$

где  $n_i$  – доля персонала элемента объекта, находящегося в  $i$ -м защитном сооружении;  $P_i$  – вероятность выхода из строя  $i$ -го защитного сооружения.

Рассмотрим функционирование простого объекта экономики, выпускающего готовую продукцию (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Схема функционирования производственного объекта

Для выпускающих цехов возможны два случая:

- производственные цеха независимы и производят одну продукцию;
- производственные цеха на объекте работают последовательно, работа каждого последующего цеха базируется на продукции предыдущего.

Устойчивости функционирования ОЭ будут определяться в первом случае выражениями (4.5) и втором (4.6) соответственно:

$$P_{OЭ} = P_k \cdot P_y \cdot P_m \cdot \sum_{(i)} \alpha_i P_i, \quad (4.5)$$

$$P_{OЭ} = P_k \cdot P_y \cdot P_m \cdot \prod_{(i)} P_i, \quad (4.6)$$

где  $P_k, P_y, P_m$  – соответственно вероятности функционирования систем: коммунальной, управленческой, материальных ресурсов;  $\alpha_i$  – доля  $i$  – го производящего цеха в объеме производства объекта ( $\sum_{(i)} \alpha_i = 1$ );  $P_i$  – веро-

ятность функционирования  $i$  – го производящего цеха.

Вероятности функционирования каждой из рассматриваемых систем (коммунальной, управления, снабжения, производящего цеха) оцениваются с помощью выражений (4.1)-(4.4). Расчеты проводятся для всех поражающих факторов чрезвычайных ситуаций, возникновение которых воз-

можно в районе расположения объекта экономики.

Наиболее часто используемый при расчетах устойчивости функционирования объектов экономики поражающий фактор – воздушная ударная волна. Это – основной поражающий фактор для зданий, сооружений, техники, оборудования. Он вызывает косвенное поражение находящихся в зданиях людей. Методика расчета вероятности поражения ударной волной объектов изложена в разд. 1.5.2 и 2.3.

Оценка устойчивости отдельных элементов объектов к другим поражающим факторам (тепловому излучению, радиоактивному загрязнению и т. д.) производится с помощью соответствующих методик. В случае радиоактивного и химического заражения оценивается только поражение персонала.

#### **4.3. ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Оценка устойчивости функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях производится заблаговременно (в мирное время) и в случае ее недостаточности разрабатываются и осуществляются мероприятия по повышению устойчивости. Эта работа выполняется также заблаговременно, за исключением тех мероприятий, исполнение которых предусмотрено в режиме ЧС. Они планируются в режиме повседневной деятельности, а выполняются в условиях угрозы и после введения режима ЧС (нападения противника).

Основные принципы деятельности по повышению устойчивости объектов экономики в ЧС.

1. Повышение устойчивости объекта должно являться необходимой составной частью деятельности проектных, строительных, монтажных организаций, руководства и всего производственного персонала объекта в процессе его эксплуатации от ввода до вывода. Требования повышения устойчивости должны быть приоритетными при принятии управленческих, проектных, строительных, хозяйственных и социальных решений при создании и эксплуатации ОЭ.

2. Повышение устойчивости функционирования должно осуществ-

ляться на всех объектах независимо от формы собственности и профиля объекта.

3. Повышение устойчивости функционирования объектов должно осуществляться силами и средствами объектов, министерств и ведомств, органов местного самоуправления, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации. При их недостатке привлекаются силы и средства федеральных органов.

4. Повышение устойчивости должно отвечать требованиям эффективности и экономической целесообразности. Мероприятия повышения устойчивости будут считаться эффективными и экономически обоснованными в том случае, если они максимально связаны с решаемыми в безопасный период задачами совершенствования производственного процесса, обеспечения безаварийной работы объекта, улучшения условий труда.

5. Устойчивость ОЭ должна обеспечиваться надежностью и безопасностью инженерных систем и технологического оборудования объекта экономики на всех стадиях его функционирования.

6. Деятельности по повышению устойчивости ОЭ в ЧС должна быть присуща комплексность – охват всех видов производственной деятельности, всех инженерных систем, всех путей и способов повышения устойчивости.

7. Деятельности по повышению устойчивости ОЭ в ЧС должна быть присуща превентивность. Приоритет в этой работе должен отдаваться мероприятиям, направленным на снижение вероятности возникновения причин потери устойчивости. Основные из этих мероприятий: безопасное размещение ОЭ и его структурных элементов относительно потенциальных источников ЧС; обеспечение максимально возможной надежности инженерных систем и технологического оборудования; эргономика; использование имитационных моделей и тренажеров для подготовки производственного персонала по направлению их основной деятельности и деятельности при угрозе и возникновении ЧС; повышение психофизической устойчивости, дисциплинированности и высокой профессиональной подготовки персонала, его умению быстро принять решение и действовать в ЧС.

8. Повышение устойчивости элементов объекта должно осуществляться до целесообразного предела (например, таким пределом для эле-

ментов объекта может считаться устойчивостью основного цеха, на котором выпускается продукция).

Повышение устойчивости работы ОЭ в ЧС достигается заблаговременным проведением комплекса организационных, инженерно-технических и технологических мероприятий, направленных на максимальное снижение воздействия поражающих факторов при ЧС мирного и военного времени.

*Организационные* мероприятия предусматривают планирование действий руководящего, командно-начальствующего состава, органов управления РСЧС и ГО, служб и формирований по защите рабочих и служащих предприятий, проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ в зонах ЧС, восстановлению производства, а также по выпуску продукции на сохранившемся оборудовании.

*Инженерно-технические* мероприятия осуществляются преимущественно заблаговременно и обычно включают комплекс работ, обеспечивающих повышение устойчивости производственных зданий и сооружений, оборудования, коммунально-энергетических систем к воздействию поражающих факторов.

*Технологические* мероприятия обеспечивают повышение устойчивости работы объекта путем изменения технологического процесса, способствующего упрощению производства продукции и исключаящего возможность образования вторичных поражающих факторов.

Перечисленные выше мероприятия включают в себя:

- рациональное размещение объектов экономики, их зданий и сооружений;
- обеспечение надежной защиты рабочих и служащих объекта экономики;
- повышение надежности инженерно-технического комплекса ОЭ;
- исключение или ограничение поражения вторичными факторами;
- обеспечение надежности и оперативности управления производством;
- организацию надежных производственных связей и повышение надежности системы энергоснабжения;
- подготовку объектов к переводу на аварийный режим работы;

– подготовку к восстановлению нарушенного производства.

Кратко рассмотрим эти пути и способы повышения устойчивости работы объектов экономики в ЧС.

**Рациональное размещение объектов экономики, их зданий и сооружений.** Размещение объекта и отдельных его элементов должно обеспечивать уменьшение степени их поражения при применении современных средств поражения, воздействия вторичных поражающих факторов, при стихийных бедствиях, возникновении крупных производственных аварий и катастроф. Это обычно осуществляется на этапах проектирования и реконструкции предприятия и реже на этапе его эксплуатации. Рациональное размещение предусматривает зонирование производств, т. е. размещение однотипных видов производств в отдельных зонах, разделяемых широкими магистральными проездами, искусственными водоемами или зелеными насаждениями; использование рельефа местности; малоэтажную рассредоточенную планировку производств; минимально возможную с учетом производственного и экономического факторов плотность застройки.

Размещение объекта должно учитывать также необходимость обеспечения надежных производственных связей по кооперации, предусматривать развитие предприятий-дублеров или филиалов предприятий в загородной зоне.

Места размещения материально-технических резервов следует выбирать так, чтобы они не оказались уничтоженными при ЧС природного или техногенного характера. В то же время их целесообразно располагать как можно ближе к объекту. При определении мест хранения материально-технических резервов учитывается наличие на объекте транспортных средств и путей для быстрой и безопасной (и в условиях ЧС) доставки различных материалов к местам их потребления на объекте.

**Обеспечение надежной защиты рабочих и служащих объекта экономики.** Одной из основных задач повышения устойчивости работы объектов в ЧС является заблаговременное принятие мер по обеспечению защиты рабочих, служащих и членов их семей.

Мероприятия по защите персонала предусматривают своевременное обнаружение, оповещение и исключение или ослабление действия пора-

жающих факторов. Главным образом, они относятся к радиационно и химически опасным объектам.

Можно выделить следующие основные пути и способы защиты.

1. Заблаговременное строительство убежищ на предприятиях с взрывоопасными, радиоактивными и химически опасными веществами.

2. Планирование и подготовка к эвакуации населения из районов, подверженных катастрофическим затоплениям, землетрясениям, селевым потокам, радиоактивному и химическому заражению.

3. Разработка режимов защиты рабочих и служащих в условиях заражения местности радиоактивными и химически опасными веществами.

4. Обучение персонала объекта выполнению работ по ликвидации очагов радиоактивного и химического заражения.

5. Накопление средств индивидуальной защиты для обеспечения всех рабочих и служащих объекта, организация их хранения и поддержания в готовности к использованию.

6. Обучение рабочих, служащих и членов их семей способам защиты при радиоактивном и химическом заражении.

7. Организация и поддержание в постоянной готовности объектовой системы оповещения рабочих, служащих и проживающего вблизи объекта население об опасности радиоактивного и химического заражения, подключение объектовой системы оповещения к городской или региональной.

8. Исключение возможности скопления на территории объекта большего, чем позволяет вместимость имеющихся убежищ, количества людей.

#### **Повышение надежности инженерно-технического комплекса ОЭ.**

Повышение надежности инженерно-технического комплекса объекта заключается в повышении сопротивляемости зданий, сооружений и конструкций объекта к воздействию поражающих факторов производственных аварий, стихийных бедствий и современных средств поражения, а также в защите оборудования, в наличии средств связи и других средств, составляющих материальную основу производственного процесса.

Повышение устойчивости зданий и сооружений может быть достигнуто за счет их рационального размещения на территории объекта, оптимальной конструкции и увеличения прочности. В целом задача повышения

устойчивости функционирующих сооружений решается значительно сложнее, чем проектируемых.

Одним из основных поражающих факторов, вызывающих разрушение зданий, сооружений является ударная волна. Для снижения действия ударной волны на здание могут применяться два способа: пропуск волны через здание или повышение прочности основных конструктивных элементов здания. Второй путь является традиционным и наиболее часто используется.

Повышение устойчивости и механической прочности зданий, оборудования и их конструкций достигается следующими путями.

1. Проектирование и строительство сооружений с жестким металлическим или железобетонным каркасом. Это снижает степень разрушения несущих конструкций при землетрясениях, взрывах, ураганах и других бедствиях.

2. Применение при строительстве каркасных зданий облегченных конструкций стенового заполнения и увеличение световых проемов путем использования стекла, панелей из пластика и других легко разрушающихся материалов. Эти материалы, разрушаясь, снижают воздействие ударной волны на сооружение, а их обломки меньше повреждают оборудование.

3. Применение легких огнестойких кровельных материалов, облегченных междуэтажных перекрытий и лестничных маршей. Обрушение этих конструкций нанесет меньший ущерб оборудованию по сравнению с тяжелыми железобетонными перекрытиями.

4. Дополнительное крепление воздушных линий связи, электропередач, наружных трубопроводов на высоких эстакадах в целях защиты от повреждений при ураганах, взрывах, наводнениях.

5. Установка в наиболее ответственных сооружениях дополнительных опор для уменьшения пролетов, усиление наиболее слабых узлов и отдельных элементов несущих конструкций, применение бетонных или металлических поясов, повышающих жесткость конструкций.

6. Повышение устойчивости оборудования путем усиления его наиболее слабых элементов, создание запасов этих элементов, отдельных узлов и деталей, материалов и инструментов для ремонта поврежденного

оборудования. Прочное закрепление на фундаментах станков, установок и другого оборудования, имеющего большую высоту и малую площадь опоры. Устройство растяжек и дополнительных опор, повышающих устойчивость на опрокидывание.

Размещение тяжелого оборудования на нижних этажах производственных зданий.

7. Рациональная компоновка технологического оборудования при разработке объемно-планировочного решения предприятия для исключения или снижения его повреждения обломками разрушающихся конструкций и ослабления воздействия различных источников ЧС. Некоторые виды технологического оборудования размещают вне здания – на открытых площадках под навесами. Это исключит его повреждение обломками ограждающих конструкций.

Уникальное и особо ценное оборудование, без которого невозможно продолжение производства, целесообразно размещать в сооружениях с повышенными прочностными характеристиками, в заглубленных, подземных или специально построенных зданиях. Для защиты такого оборудования разрабатываются специальные индивидуальные энергогасящие устройства: камеры, шатры, кожухи, зонты, шкафы, сетки, козырьки.

8. Устройство дополнительных конструкций для возможно более быстрой эвакуации людей при пожарах, особенно из высотных зданий.

9. Возведение насыпей и дамб для защиты от наводнений.

10. Возведение в целях защиты от селей подпорных стенок и селевых ловушек.

11. Углубление или укрепление емкостей для хранения химически опасных веществ, применение автоматических отключающих устройств на системах их подачи.

**Исключение или ограничение поражения вторичными факторами.** К вторичным поражающим факторам относятся пожары, взрывы, обрушение сооружений, утечка легковоспламеняющихся и ядовитых жидкостей в результате разрушения емкостей, технологических коммуникаций, затопление территории при разрушении плотин гидроузлов и других гидротехнических сооружений. При разработке мероприятий защиты от вторичных факторов учитываются характер и масштабы возможных ЧС как в



мирное, так и в военное время.

Уменьшение поражения производственных объектов вторичными факторами достигается следующими путями и способами.

1. Максимально возможное сокращение запасов АХОВ, легковоспламеняющихся и взрывоопасных жидкостей на промежуточных складах и в технологических емкостях предприятий.

2. Защита емкостей для хранения АХОВ от разрушения взрывами и другими воздействиями путем расположения их в защищенных хранилищах, заглубленных сооружениях, в обваловании. Устройство специальных отводов от них в более низкие участки местности (овраги, лощины и др.). При обваловании емкостей высота вала рассчитывается на удержание полного объема жидкости, хранящейся в емкости.

3. Ограничение в использовании или отказ от применения в производстве химически опасных и горючих веществ, переход на их неопасные заменители. Если такой переход невозможен, разрабатываются способы нейтрализации опасных веществ.

4. Применение мер, способов, приспособлений, исключающих разлив АХОВ по территории предприятия: поддонов, ловушек с направленным стоком, земляных валов; устройство самозакрывающихся и обратных клапанов; заглубление в грунт технологических коммуникаций; обеспечение надежной герметизации стыков и соединений в транспортирующих трубопроводах.

5. Создание запасов нейтрализующих веществ в цехах, где используются ядохимикаты.

6. Устройство автоматической сигнализации в помещениях предприятия для своевременного оповещения рабочих и служащих об аварии, взрыве, загазованности территории и т. п.

7. Размещение складов потенциально опасных веществ с учетом направления господствующих ветров.

8. Сведение до минимума возможности возникновения пожаров путем: установки водяных завес, устройства противопожарных разрывов. Обеспечение маневра пожарных сил и средств в период тушения или локализации пожаров, сооружение специальных противопожарных резервуаров с водой, искусственных водоемов, применение огнестойких конструкций.

9. Заглубление линий электроснабжения и установка автоматических отключающих устройств для предотвращения воспламенения материалов при коротком замыкании.

10. Установка в хранилищах взрывоопасных веществ устройств, локализирующих разрушительный эффект взрыва: вышибных панелей, самооткрывающихся окон, фрамуг, различного рода клапанов-отсекателей.

**Обеспечение надежности и оперативности управления производством.** В условиях ЧС надежность управления производством обеспечивают следующие мероприятия.

1. Заблаговременная подготовка руководящих работников и ведущих специалистов к взаимозаменяемости.

2. Подготовка 2-3 групп управления (по числу смен), которые должны быть готовы принять руководство производством и организовать аварийно-спасательные и другие неотложные работы при возникновении чрезвычайной ситуации.

3. Оборудование на потенциально опасном производстве пункта управления в одном из убежищ объекта.

4. Обеспечение надежной связи с важнейшими производственными участками объекта, убежищами, размещение диспетчерских пунктов и радиоузлов в наиболее прочных сооружениях и подвальных помещениях, дублирование каналов связи. Обеспечение формирований гражданской обороны штатными радиостанциями, определение режима их работы.

5. Разработка надежных способов оповещения должностных лиц, аварийных служб, спасателей и всего производственного персонала.

6. Обеспечение сохранности технической документации и изготовление ее дубликатов.

**Организация надежных производственных связей и повышение надежности системы энергоснабжения.** Устойчивая работа предприятий во время производственных аварий, стихийных бедствий и в военное время зависит от бесперебойного снабжения электроэнергией, водой, газом, надежности производственных связей (наличия сырья и полуфабрикатов, которые поставляются предприятиями-поставщиками).

С этой целью на объектах проводятся следующие основные мероприятия.

1. Подготовка запасных вариантов производственных связей с предприятиями, находящимися в пределах не только одного экономического или административного района.

2. Дублирование железнодорожного транспорта (наиболее часто используемого) автомобильным или речным для доставки технологического сырья и вывоза готовой продукции.

3. Хранение на заблаговременно подготовленных базах произведенной готовой продукции, которую нельзя вывезти потребителям и которая может быть источником вторичных поражающих факторов.

4. Определение необходимых запасов сырья, топлива и других материалов, необходимых для выпуска запланированной продукции в течение заданного времени и хранение этих запасов на территории предприятия.

Современные производства часто характеризуются большой потребностью в электроэнергии и воде.

Повышение устойчивости системы энергоснабжения достигается проведением следующих мероприятий.

1. Создание дублирующих источников электроэнергии, газа, воды и пара путем прокладки нескольких подводящих электро-, газо-, водо- и пароснабжающих коммуникаций с последующим их закольцовыванием.

2. Перенос инженерных и энергетических коммуникаций в подземные коллекторы, размещение наиболее ответственных устройств (центральных диспетчерских распределительных пунктов) в подвальные помещения зданий или в специально построенных прочных сооружениях.

3. На тех предприятиях, где укладка подводящих коммуникаций в траншеях или тоннелях не представляется возможной, производится крепление трубопроводов к эстакадам, чтобы избежать их сдвига или сброса. Сами эстакады укрепляются путем установки уравнивающих растяжек в местах поворотов и разветвлений. Опоры целесообразно изготавливать из металла или железобетона.

4. Создание резерва автономных источников электро- и водоснабжения – использование передвижных электростанций, насосных агрегатов с автономными двигателями.

5. Обеспечение возможности работы тепловых электростанций на различных видах топлива, создание запасов топлива и его укрытие в кон-

структивно усиленных хранилищах.

6. Установка автоматических выключателей поврежденных участков линий при перенапряжениях и коротких замыканиях.

Повышение устойчивости системы водоснабжения объекта достигается проведением следующих мероприятий.

1. Обеспечение водоснабжения объекта от нескольких систем или двух-трех независимых водоисточников, удаленных друг от друга на безопасное расстояние.

2. Обеспечение водоснабжения объекта только от защищенного источника с автономным и защищенным источником энергии. К таким источникам относятся артезианские и безнапорные скважины, которые присоединяются к общей системе водоснабжения объекта.

3. Создание дублирующих линий и устройство перемычек, по которым подают воду в обход поврежденных участков.

4. Размещение пожарных гидрантов и отключающих устройств на территории, где не будет завалов в случае разрушения зданий и сооружений.

5. Внедрение полуавтоматических и автоматических устройств, отключающих поврежденные участки без нарушения работы остальной части сети.

6. Применение на объектах, потребляющих большое количество воды, оборотного водоснабжения с повторным использованием воды для технических целей. Это уменьшает общую потребность воды и, следовательно, повышает устойчивость водоснабжения объекта.

7. Выполнение инженерных мероприятий по защите водозаборов на подземных источниках воды.

Для повышения устойчивости системы газоснабжения объекта выполняются следующие мероприятия.

1. Подача газа в газовую сеть объекта от газорегуляторных пунктов (газораздаточных станций).

2. Создание закольцованных систем в газовых сетях на каждом объекте.

3. Расположение узлов и линий газоснабжения под землей, что снижает вероятность их поражения ударной волной.

4. Установка на газопроводах автоматических запорных и переключающихся устройств, дистанционного управления, позволяющих отключать сети или переключать поток газа при разрыве труб непосредственно с диспетчерского пункта.

Повышение устойчивости системы теплоснабжения объекта достигается проведением следующих мероприятий.

1. Защита источников тепла и заглубление коммуникаций в грунт.

2. Строительство тепловой сети по кольцевой системе, прокладка труб отопительной системы в специальных каналах.

3. Установка на тепловых сетях запорно-регулирующей аппаратуры, предназначенной для отключения поврежденных участков, размещение ее на территории вне возможных завалов при разрушении зданий и сооружений.

**Подготовка объектов к переводу на аварийный режим работы.** В случае крупной производственной аварии или стихийного бедствия предприятие необходимо перевести на заранее запланированный аварийный режим работы, обеспечивающий снижение возможных потерь и разрушений.

При подготовке перевода объекта на аварийный режим выполняют следующие мероприятия.

1. Организация защиты рабочих, служащих и членов их семей (обеспечение средствами индивидуальной защиты, проведение специальных профилактических мероприятий).

2. Подготовка укрытий к приему персонала предприятий и членов их семей.

3. Повышение надежности работы предприятия в условиях аварий, стихийных бедствий (подготовка к безаварийной остановке производства по установленным сигналам).

4. Обеспечение предприятия электроэнергией, водой и т. п. по заранее разработанным схемам в случае нарушения централизованного снабжения; защита уникального оборудования и технической документации; выполнение мероприятий по исключению и ограничению возможности возникновения вторичных поражающих факторов; защита материалов, сырья и готовой продукции; частичная герметизация зданий и сооружений и

другие мероприятия при угрозе химического заражения.

5. Уточнение графиков работы производственного персонала с учетом специфики чрезвычайной ситуации.

**Подготовка к восстановлению нарушенного производства.** Один из важнейших критериев устойчивости объекта – это готовность его к восстановлению производства в случае слабых и средних разрушений. Для сокращения времени ведения восстановительных работ на объектах экономики заблаговременно должны проводиться следующие мероприятия:

- разработка планов первоочередного восстановления инженерно-технического комплекса по различным вариантам возможного разрушения элементов объекта;

- создание и подготовка ремонтно-восстановительных бригад;

- создание запасов материалов, конструкций, оборудования, необходимых для ведения восстановительных работ.

Первоочередное восстановление производства организуется после проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ, а в отдельных случаях – одновременно с этими работами.

При планировании восстановительных работ следует учитывать, что в зависимости от вида производственного объекта, степени его повреждения и имеющихся средств восстановление может носить временный и частичный характер, производиться методами временного или капитального восстановления.

Проводимые работы должны учитывать основное требование – скорейшее возобновление выпуска продукции, поэтому допустимы незначительные отступления от принятых строительных, технических и иных норм.

При ведении восстановительных работ в условиях радиоактивного или химического заражения местности необходимо учитывать возможность поражения личного состава формирований, это может отодвинуть начало работ на более поздний срок и снизить их темпы.

#### 4.4. МЕТОДИКА ВЫБОРА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Рассмотренные выше мероприятия повышения устойчивости функционирования объекта отличаются друг от друга эффективностью, материальными затратами, трудоемкостью. Поэтому стоит задача определения и обоснования их рациональной структуры. Под эффективностью проводимых мероприятий повышения устойчивости функционирования ОЭ в ЧС понимается степень соответствия их результатов интересам достижения поставленной цели. Оценку эффективности проводимых мероприятий проводят по количественным показателям (критериям), характеризующим рассматриваемые решения. Одним из критериев эффективности применения того или иного мероприятия повышения устойчивости может быть:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta C}{\Delta P}, \quad (4.7)$$

где  $\Delta C$  – стоимость мероприятия по повышению устойчивости функционирования ОЭ в ЧС, руб.;  $\Delta P = P_2 - P_1$ ,  $P_1, P_2$  – вероятности функционирования объекта соответственно до и после проведения мероприятий по повышению устойчивости функционирования объекта экономики в ЧС, определяются экспериментально или рассчитываются теоретически.

Из рассматриваемых мероприятий, характеризующихся критериями  $\mathcal{E}_i$ , оптимальным будет то мероприятие, для которого этот показатель будет минимальным.

Такой подход справедлив при выборе только какого-то одного оптимального мероприятия повышения устойчивости. Если реализуется комплекс мероприятий, то их экономическая целесообразность может быть оценена сравнением ущерба объекту от ЧС до и после проведения мероприятий повышения устойчивости:

$$\Delta C_k < Y_1 - Y_2, \quad (4.8)$$

где  $\Delta C_k$  – стоимость всего комплекса мероприятий по повышению устойчивости функционирования ОЭ в ЧС;  $Y_1, Y_2$  – величины ущерба объекту экономики (в рублях) от ЧС соответственно до и после проведения мероприятий по повышению устойчивости функционирования.

Если условие (4.8) выполняется, то оцениваемый комплекс меро-

приятый по повышению устойчивости является экономически оправданным. Рассматривая различные комплексы мероприятий стоимостью  $(\Delta C_k)_i$ , будем получать соответствующие разности  $(Y_1 - Y_2)_i$ ; наиболее эффективным является тот комплекс мероприятий, для которого правая часть условия (4.8)  $(Y_1 - Y_2)_i$  будет максимальной, а левая часть  $(\Delta C_k)_i$  – минимальной. Выбор того или иного комплекса мероприятий в этом случае будет зависеть и от суммы средств, выделяемых на повышение устойчивости функционирования.

Следует отметить, что в ряде случаев (например, предприятия, обеспечивающие обороноспособность страны) экономическая целесообразность – не единственный (главный) критерий проведения мероприятий по повышению устойчивости функционирования ОЭ в ЧС.

#### **4.5. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ И ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКОНОМИКИ**

Поскольку с течением времени могут меняться, с одной стороны, угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций, а с другой – условия производства, характеристики отдельных элементов объектов экономики, необходимо периодически по планам министерств и ведомств в установленные сроки проводить исследования устойчивости функционирования ОЭ в ЧС. Эта работа проводится силами инженерно-технического персонала предприятия с привлечением (в случае необходимости) специалистов научно-исследовательских и проектных организаций.

Организует и руководит исследованиями устойчивости функционирования объекта председатель комиссии по чрезвычайным ситуациям – руководитель объекта. Его приказом назначаются рабочие группы для проведения исследований, как правило – это группа руководства во главе с главным инженером и расчетно-исследовательские группы по направлениям деятельности главных специалистов предприятия (группы главных специалистов: начальника отдела капитального строительства, главного энергетика, главного механика, главного технолога, начальника производственного отдела и т. д.). Группы оценивают устойчивость по направлениям деятельности своих служб и разрабатывают мероприятия по ее увеличе-



нию в случае необходимости.

Задачи этих групп на примере группы главного энергетика сводятся к следующему:

- оценка устойчивости энергетического оборудования и сетей к воздействию возможных поражающих факторов;
- оценка возможных последствий и потерь энергетического оборудования вследствие ЧС;
- определение способов сохранения и защиты энергетических источников, оборудования и сетей;
- определение сроков и объемов восстановительных работ на оборудовании и сетях, потребности в силах, средствах и материалах;
- разработка перечня необходимых для проведения восстановительных работ запасных частей, узлов, деталей с указанием их требуемого количества.

Группы по оценке устойчивости работают в соответствии с календарным планом, который является приложением к приказу руководителя объекта экономики. Календарный план, как правило, предусматривает 4 этапа в проведении исследований.

На первом (подготовительном) этапе продолжительностью 1...2 недели определяются состав участников исследований, задачи, сроки, изучаются руководящие документы.

На втором этапе продолжительностью до двух месяцев проводятся исследования в группах главных специалистов по оценке устойчивости структурных подразделений ОЭ, выявляются наиболее слабые участки, для которых необходимы дополнительные мероприятия по повышению устойчивости.

На третьем этапе производится комплексная оценка устойчивости объекта в целом, разрабатываются организационные и инженерно-технические мероприятия, направленные на обеспечение устойчивой работы ОЭ в условиях ЧС. Продолжительность этапа 1...2 недели.

На последнем (заключительном) этапе продолжительностью 1...2 недели подводятся итоги проведенных исследований, составляется отчет о проделанной работе, разрабатывается «План-график наращивания мероприятий по повышению устойчивости функционирования объекта». План-

график включает три раздела: 1 – в мирное время, 2 – при угрозе нападения, 3 – по сигналу «Воздушная тревога». Каждый раздел имеет подразделы:

- защита рабочих и служащих;
- повышение устойчивости зданий, сооружений, оборудования;
- повышение устойчивости технологического процесса и уменьшение вторичных поражающих факторов;
- противопожарная устойчивость;
- устойчивость энергоснабжения;
- повышение устойчивости производственных связей;
- повышение устойчивости управления производством.

В каждом подразделе отражаются мероприятия, сроки их выполнения и ответственные лица.

#### **Вопросы и задания**

1. Поясните суть понятий: устойчивость функционирования объекта экономики в ЧС и устойчивость объекта экономики в ЧС.
2. Какие мероприятия обеспечивают повышение устойчивости функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях?
3. Как производится выбор наиболее оптимального перечня мероприятий, обеспечивающих повышение устойчивости функционирования объекта экономики в чрезвычайных ситуациях?
4. Кто и как организует на предприятии работу по повышению устойчивости его функционирования в чрезвычайных ситуациях?
5. Каково содержание плана-графика наращивания мероприятий по повышению устойчивости функционирования объекта в чрезвычайных ситуациях?

## 5. ЛИКВИДАЦИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

### 5.1. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ

В соответствии со статьей 1 Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» под *ликвидацией чрезвычайных ситуаций* понимаются аварийно-спасательные и другие неотложные работы, проводимые при возникновении ЧС и направленные на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей природной среде и материальных потерь, а также на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов.

Статья 7 этого закона определяет, что ликвидация чрезвычайных ситуаций осуществляется силами и средствами организаций, органов местного самоуправления, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, на территории которых сложилась чрезвычайная ситуация. При недостаточности вышеуказанных сил и средств в установленном законодательством Российской Федерации порядке привлекаются силы и средства федеральных органов исполнительной власти.

*Аварийно-спасательные и другие неотложные работы (АСДНР)* представляют собой совокупность первоочередных работ в зоне чрезвычайной ситуации, заключающихся в спасении и оказании помощи людям, локализации и подавлении очагов поражающих воздействий, предотвращении возникновения вторичных поражающих факторов, защите и спасении материальных и культурных ценностей, восстановлении минимально необходимого жизнеобеспечения.

Федеральный закон «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей», принятый 22 августа 1995 г., определяет составные части этих работ отдельно: *аварийно-спасательные работы* – это действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне чрезвычайных ситуаций, локализации чрезвычайных ситуаций и подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов.

К аварийно-спасательным работам относятся поисково-

спасательные, горноспасательные, газоспасательные, противодымные работы, также аварийно-спасательные работы, связанные с тушением пожаров, работы по ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций и другие, перечень которых может быть дополнен решением Правительства Российской Федерации.

*Неотложные работы* при ликвидации чрезвычайных ситуаций – это деятельность по всестороннему обеспечению аварийно-спасательных работ, оказанию населению, пострадавшему в чрезвычайных ситуациях, медицинской и других видов помощи, созданию условий, минимально необходимых для сохранения жизни и здоровья людей, поддержания их работоспособности.

Основные виды других неотложных работ:

- прокладка колонных путей и устройство проездов (проходов) в завалах и зонах заражения;

- ликвидация аварий на газовых, энергетических, водопроводных, канализационных и технологических сетях в целях создания условий для проведения спасательных работ;

- укрепление или обрушение конструкций зданий и сооружений, угрожающих обвалом и препятствующих безопасному движению и проведению спасательных работ;

- ремонт и восстановление поврежденных и разрушенных линий связи и коммунально-энергетических сетей в целях обеспечения спасательных работ, а также защитных сооружений для укрытия людей в случае повторных чрезвычайных ситуаций;

- обнаружение, обезвреживание и уничтожение неразорвавшихся боеприпасов в обычном снаряжении и других взрывоопасных предметов.

В реальных условиях отделить аварийно-спасательные работы от других неотложных работ затруднительно, для значительной части работ это различие оказывается чисто условным. Поэтому в практике аварийно-спасательного дела и закрепилось общее понятие АСДНР.

Условиями успешного проведения мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций, выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ являются:

- заблаговременная и целеустремленная подготовка органов управ-

ления, сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) к действиям при угрозе и возникновении ЧС;

- экстренное реагирование РСЧС на возникновение чрезвычайной ситуации, организация эффективной разведки, приведение в готовность органов управления, сил и средств, своевременное выдвижение их в зону ЧС, развертывание системы управления, необходимых сил и средств;

- принятие обоснованного решения на ликвидацию ЧС и последовательное претворение его в жизнь;

- непрерывное, твердое и устойчивое управление работами (их планирование, координация, контроль) и тесное взаимодействие участников в ходе работ;

- непрерывное ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ днем и ночью, в любую погоду до полного их завершения, с применением способов и технологий, обеспечивающих наиболее полное использование возможностей аварийно-спасательных формирований;

- неуклонное выполнение участниками работ установленных режимов работы и мер безопасности, своевременная смена формирований в целях восстановления их работоспособности;

- организация бесперебойного и всестороннего материально - технического обеспечения работ, жизнеобеспечения населения и участников работ, оказание им психологической помощи.

Ликвидация чрезвычайных ситуаций является одной из задач единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Заблаговременная подготовка к ликвидации возможных чрезвычайных ситуаций организуется и проводится органами исполнительной власти всех уровней в соответствии с их полномочиями на основе соответствующих программ и планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС. Эти планы разрабатываются на основе оценки риска возникновения ЧС для определенной территории, прогнозирования вариантов возможной при этом обстановки, анализа возможных решений на проведение работ.

В целях согласования планов исходные данные, необходимые для планирования, доводятся до подведомственных органов управления и сил РСЧС. Методическое руководство планированием осуществляется выше-

стоящими органами управления РСЧС. Разработанные проекты планов рассматриваются и утверждаются председателями соответствующих вышестоящих комиссий по чрезвычайным ситуациям.

Планы действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций уточняются при возникновении угрозы и непосредственно в процессе работ по ликвидации чрезвычайной ситуации.

Ликвидация чрезвычайной ситуации организуется и осуществляется в соответствии с решением руководителя ликвидации ЧС и решением комиссии по чрезвычайным ситуациям, выполнение которых является обязательным для всех граждан и организаций, находящихся в зоне возникшей ЧС. Комиссия по чрезвычайным ситуациям и ее штаб осуществляют непосредственное руководство ликвидацией чрезвычайной ситуации.

Исходными данными для принятия решения о ликвидации чрезвычайной ситуации являются:

- задача, поставленная вышестоящим органом управления;
- данные разведки об обстановке в зоне чрезвычайной ситуации;
- выводы из оценки обстановки в зоне чрезвычайной ситуации;
- оценка возможностей имеющихся и прибывающих для оказания помощи сил и средств;
- выводы из оценки местности, метеорологических условий, их возможного влияния на ход работ.

АСДНР организуются и ведутся на основе единого замысла – решения, при этом строго соблюдается принцип централизации управления.

Для проведения АСДНР в зависимости от характера и масштаба чрезвычайной ситуации могут привлекаться:

- федеральные, региональные и территориальные поисково-спасательные отряды и службы МЧС России;
- соединения, части, подразделения и формирования гражданской обороны;
- военизированные и невоенизированные аварийно-спасательные службы, аварийно-спасательные и специализированные формирования министерств, ведомств и организаций Российской Федерации;
- штатные и нештатные аварийно-спасательные службы субъектов РФ и органов местного самоуправления;

- учреждения и формирования Всероссийской службы медицины катастроф;
- противопожарные части и подразделения МВД России, других министерств и ведомств;
- специально подготовленные соединения, части и подразделения инженерных войск, войск радиационной, химической и биологической защиты, аварийно-поисково-спасательные подразделения Вооруженных Сил Российской Федерации, другие войска и воинские формирования;
- подразделения Ассоциации спасательных формирований России, других добровольных общественных организаций.

Привлечение сил различной принадлежности для ликвидации ЧС проводится в порядке, определенном законодательством Российской Федерации, Положением о Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, положениями, руководствами и соглашениями о взаимодействии между министерствами и ведомствами РФ по вопросам предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Развертывание органов управления и наращивание группировки сил для организации и ведения АСДНР осуществляется по мере приведения их в готовность и выдвижения в зону чрезвычайной ситуации. Группировка сил состоит из формирований первого эшелона, второго эшелона, третьего эшелона (при необходимости) и резерва.

В первую очередь (*первый эшелон*) в зону чрезвычайной ситуации вводятся подразделения разведки, формирования постоянной готовности (территориальные поисково-спасательные отряды, дежурные подразделения воинских частей ГО, ведомственные формирования постоянной готовности) и оперативные группы органов управления РСЧС. Ими организуется разведка зоны ЧС, пострадавших объектов и населенных пунктов, проводятся первоочередные мероприятия по защите населения.

Во *втором эшелоне* вводятся соединения и воинские части гражданской обороны, территориальные и ведомственные аварийно-спасательные и аварийно-восстановительные формирования, с помощью которых организуется проведение полномасштабных аварийно-спасательных и других неотложных работ. В дальнейшем (*третий эшелон*) осуществляется наращивание сил и средств, привлекаемых к ликвидации чрезвычайных ситуа-

ций.

*Резерв* предназначен для решения внезапно возникающих задач, наращивания усилий, замены части первого (второго) эшелона, переноса усилий на новые участки работ.

Аварийно-спасательные и другие неотложные работы ведутся, как правило, непрерывно, днем и ночью, в любую погоду. При крупных авариях и катастрофах, больших объемах АСДНР и в сложных условиях их проведения работы организуются в 2-3 смены. Смена формирований (подразделений) проводится непосредственно на рабочих местах. При этом тяжелая инженерная техника обычно не выводится, а передается подразделению, прибывшему на смену, непосредственно на месте работ.

Чрезвычайная ситуация считается ликвидированной, когда устранена или снижена до приемлемого уровня непосредственная угроза жизни и здоровью людей, локализовано или подавлено воздействие поражающих факторов, организовано первоочередное жизнеобеспечение населения. Решение о завершении АСДНР и переходе РСЧС на режим повседневной деятельности принимает руководитель работ или комиссия по чрезвычайным ситуациям, которые осуществляли руководство ликвидацией чрезвычайной ситуации.

## **5.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ВСЕСТОРОННЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ**

В ходе аварийно-спасательных и других неотложных работ организуется и проводится их всестороннее обеспечение – комплекс мер, осуществляемых в целях создания условий для успешного выполнения задач привлекаемыми к работам силами ликвидации ЧС. К основным видам обеспечения относятся: разведка; радиационная, химическая и биологическая защита; инженерное, противопожарное, дорожное, транспортное, гидрометеорологическое, техническое, метрологическое, материальное и медицинское обеспечение; комендантская служба; охрана общественного порядка.

*Разведка.* Все виды разведки, система наблюдения и лабораторного контроля должны своевременно обеспечивать начальников и органы



управления необходимыми данными для принятия решений на проведение АСДНР в зоне ЧС и защиту личного состава сил ликвидации ЧС.

*Радиационная, химическая и биологическая защита (РХБЗ)* – комплекс мероприятий по созданию условий для успешных действий сил ликвидации ЧС в обстановке радиоактивного, химического и бактериологического заражения и обеспечения их радиационной безопасности. РХБЗ включает: радиационную, химическую и неспецифическую биологическую разведку; своевременное и умелое использование средств индивидуальной и коллективной защиты; радиационный и химический контроль; специальную обработку личного состава и техники, а также дегазацию и дезинфекцию участков местности, дорог и сооружений.

Радиационная, химическая и неспецифическая биологическая разведка организуется для получения данных о радиационной, химической и биологической обстановке в зоне ликвидации ЧС.

Использование средств индивидуальной и коллективной защиты позволяет исключить или снизить поражение личного состава формирований ликвидации ЧС при работе в условиях радиоактивного, химического и биологического заражения.

Радиационный и химический контроль включает определение доз облучения личного состава и степени заражения людей, техники и других материальных средств радиоактивными и химическими веществами. По данным контроля облучения личного состава определяется порядок (сменность) использования сил ликвидации ЧС при ведении АСДНР, уточняются режимы работы на зараженной местности. Данные о степени заражения радиоактивными и химическими веществами позволяют сделать вывод о возможности использования продуктов питания, воды и других материальных средств, оказавшихся в зоне заражения, а также определить необходимость и объем специальной обработки формирований, ведущих работы на зараженной местности.

Специальная обработка (СО) заключается в проведении дегазации, дезактивации и дезинфекции техники, средств защиты и других материальных средств и в санитарной обработке личного состава. Она может быть частичной или полной. Частичная СО проводится самим личным составом в ходе работ по ликвидации ЧС с помощью табельных или подруч-

ных средств. Полная СО проводится, как правило, после выполнения задачи и выхода формирования из зоны заражения.

*Инженерное обеспечение* включает: инженерную разведку объектов и местности в районе действий; оборудование районов, занимаемых силами ликвидации ЧС; устройство и содержание путей движения, подвоза и эвакуации; оборудование и содержание переправ через водные преграды; обеспечение ввода сил ликвидации ЧС в зону ЧС; инженерные мероприятия по преодолению зон разрушений, затоплений; оборудование пунктов водоснабжения.

*Дорожное обеспечение* направлено на создание условий для беспрепятственного маневра силами и средствами, эвакуации, своевременного подвоза необходимых материально-технических ресурсов и заключается в поддержании дорог и дорожных сооружений в исправном состоянии, строительстве (при необходимости) новых дорог, оборудовании колонных путей и переправ.

*Транспортное обеспечение* имеет целью вывоз эвакуируемого населения, пораженных, доставку сил РСЧС к местам работ, вывоз из зоны ЧС материальных ценностей, а также доставку материальных средств, необходимых для проведения АСДНР.

*Гидрометеорологическое обеспечение* организуется в целях всесторонней оценки элементов погоды, своевременного выявления опасных метеорологических и гидрометеорологических явлений и процессов, оценки их возможного влияния на действия сил РСЧС.

*Техническое обеспечение* организуется с целью поддержания в рабочем состоянии всех видов транспорта, инженерной и другой специальной техники, используемой при ликвидации ЧС. Задачи технического обеспечения: проведение технического обслуживания машин в установленные сроки и текущий ремонт и эвакуация техники, вышедшей из строя в ходе выполнения поставленных задач.

*Метрологическое обеспечение* направлено на поддержание в готовности техники, аппаратуры, приборов, состоящих на оснащении РСЧС. Оно заключается в организации правильного содержания и применения измерительных приборов, создании их обменного фонда и резерва.

*Материальное обеспечение* действий сил РСЧС заключается в беспре-

ребойном снабжении их материальными средствами, необходимыми для ликвидации ЧС, жизнеобеспечения населения и сил ликвидации ЧС. Решениями соответствующих должностных лиц устанавливается порядок обеспечения личного состава, участвующего в АСДНР, горячей пищей, одеждой, обувью, заправки техники ГСМ.

*Медицинское обеспечение* организуется и осуществляется в целях сохранения здоровья и работоспособности личного состава, участвующего в АСДНР, своевременного оказания медицинской помощи пораженным и больным, их эвакуации, лечения и быстреего возвращения в строй, предупреждения возникновения и распространения среди личного состав сил инфекционных заболеваний.

Пораженным и больным оказывается первая медицинская помощь, первая врачебная и специализированная медицинская помощь. Первая медицинская помощь оказывается в порядке само- и взаимопомощи. Первую врачебную помощь оказывают медицинские подразделения воинских частей ГО и медицинские учреждения в очагах поражения или вблизи них. Специализированную медицинскую помощь оказывают специализированные медицинские учреждения.

*Комендантская служба* в зоне ЧС организуется с целью обеспечения своевременного и планового развертывания органов управления и сил РСЧС, выдвижения их в исходные районы и к местам проведения АСДНР.

В зависимости от вида поражающих факторов, характера чрезвычайной ситуации и ее масштаба, некоторые виды обеспечения могут стать не только обеспечивающими, но и основными мероприятиями аварийно-спасательных и других неотложных работ. Так, например, при радиационных и химических авариях мероприятия радиационной и химической защиты составляют важную часть ликвидационных мер, а при пожарах эта роль принадлежит противопожарным мероприятиям. В случае значительных санитарных потерь важнейшей составной частью АСДНР являются меры медицинской защиты.

### **5.3. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ В ЗОНАХ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ, РАДИОАКТИВНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ**

Аварийно-спасательные и другие неотложные работы, выполняемые при стихийных бедствиях, в зонах ЧС техногенного характера существенно отличаются друг от друга.

*Наводнения.* Основные мероприятия по ликвидации последствий наводнений: разведка и определение границ районов затопления; поиск и обнаружение пострадавших; обеспечение подходов к местам нахождения пострадавших; спасение пострадавших и оказание им медицинской и других видов помощи; эвакуация населения из опасных зон и их жизнеобеспечение.

Разведка и определение границ районов затопления осуществляются, чаще всего, средствами воздушной разведки. Для проведения аэрофотосъемки используются самолеты и вертолеты. Как свидетельствует опыт организации спасательных работ при наводнениях, наиболее эффективным средством обнаружения и спасения людей являются вертолеты. Для обнаружения пострадавших, обеспечения подхода к ним и спасения могут быть использованы десантные и надувные лодки, плавающие транспортеры и самоходные паромы, а также лодки и катера местных жителей.

*Сели* или горные наводнения возникают при смыве горных пород водой, скопившейся в верховьях гор в результате интенсивных дождей или таяния снегов. По составу они бывают грязевые, грязекаменные и водокаменные.

В случае возникновения селя осуществляется задержание, отвод и сброс паводковых вод и селевой массы, а также проводятся спасательные работы в зонах затопления и движения селя. Из зон возможного затопления и селевого смыва производится заблаговременная эвакуация населения. Время эвакуации определяется в соответствии с прогнозами гидрометеорологической службы. Маршруты эвакуации выбираются с учетом сохранности дорог и мостов после затопления и возможности беспрепятственного проезда автомобильного транспорта.

Непосредственно в зоне воздействия селевого потока производят:

инженерно-спасательные работы, включая поиск, откапывание и извлечение пострадавших из завалов, полуразрушенных сооружений; доставку пострадавшим воды, питания, одежды; срочное устройство защитных насыпей взрывным методом; прodelывание проездов и проходов в уличных завалах с помощью инженерной техники; краткосрочное восстановление коммунально-энергетических сетей, мостов и дорожных сооружений; обрушение стен зданий и других конструкций, не подлежащих восстановлению и представляющих опасность для окружающих; краткосрочное восстановление зданий и сооружений путем укрепления конструкций, угрожающих обрушением.

*Ураганы.* В наиболее короткие сроки данные о последствиях прошедших ураганов может дать воздушная разведка. Она устанавливает общий характер разрушений в районах, подвергшихся воздействию ураганов, наличие повреждений и аварий на коммунально-энергетических сетях, телефонных линиях, выявляет пожарную обстановку, состояние дорог.

Спасатели, прибывшие в район, повергшийся воздействию урагана, приступают к спасению людей, оказанию пострадавшим медицинской помощи и их эвакуации, к локализации и тушению пожаров. Одновременно расчищаются завалы улиц и дорог, проводятся работы по устранению аварий и повреждений на коммунально-энергетических сетях и линиях связи.

В зимнее время ураганы могут сопровождаться сильными метелями и заносами на дорогах. В этом случае основные силы на начальном этапе аварийно-спасательных работ направляются на расчистку дорог от снега и освобождение застрявших автомашин.

*Землетрясения.* Состав и действия сил при ликвидации последствий землетрясений определяется характером и объемом разрушений. Успех проведения АСДНР во многом зависит от полноты и оперативности получения данных о масштабах и характере разрушений зданий и сооружений, местонахождении и состоянии пострадавшего населения, степени повреждения коммунально-энергетических сетей, пожарах, возможности возникновения вторичных поражающих факторов, связанных с АХОВ, пожарами и взрывами на газо- и нефтепроводах.

В районах землетрясений, особенно в летнее время, может сложиться неблагоприятная санитарно-эпидемиологическая обстановка, поэтому в

зонах бедствия организуется и ведется медицинская разведка, которая наряду с определением количества и состояния пострадавших контролирует и эпидемическое состояние районов землетрясений.

Особенностью проведения АСДНР в этом случае является то, что в результате землетрясения основная масса личного состава формирований общего назначения и служб ГО районов, подвергшихся бедствию, сама может оказаться в зонах разрушений и будет нуждаться в помощи. Поэтому на начальном этапе спасательные работы будут проводиться ограниченными силами и средствами, в основном прибывающими из соседних регионов в соответствии с планами взаимодействия. На пути их движения могут встречаться значительные трещины почвы, вновь возникшие водные преграды, очаги пожаров, разрушенные мосты и другие препятствия. Поэтому следует широко использовать обладающие высокой проходимостью гусеничные машины, авиацию (вертолеты).

В этих условиях первоочередными работами должны быть: поиск и извлечение людей из обрушившихся зданий, из-под завалов; оказание пострадавшим первой медицинской помощи; эвакуация нуждающихся в лечении в медицинские учреждения; жизнеобеспечение людей, оставшихся без крова. Спасение людей организуется в первую очередь из тех зданий, которым угрожают затопления, пожары и обвалы, а также из зданий с большим количеством пострадавших (детские сады, школы, больницы).

При развертывании АСДНР, в первую очередь, устраняются те аварии на коммунально-энергетических сетях, которые создают непосредственную угрозу жизни людей, аварии на химически и радиационно опасных объектах, на нефте- и газопроводах (сначала перекрывают подачу продуктов в сеть), на водопроводе.

Для наведения и поддержания порядка среди населения в зоне землетрясения организуется комендантская служба, на основных маршрутах устанавливаются контрольно-пропускные пункты, организуется патрулирование.

*Зоны радиоактивного загрязнения.* АСДНР в зонах радиоактивного загрязнения – это первоочередные работы по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды, локализации и прекращению миграции первичного загрязнения, снижению (до фоновых

значений) уровня радиоактивного загрязнения.

В ходе АСДНР выполняются следующие мероприятия: разведка района аварии; поиск и спасение пострадавших; оказание пострадавшим первой медицинской помощи; эвакуация пораженных из зоны радиоактивного загрязнения; сбор, транспортировка и захоронение радиоактивных отходов; дезактивация техники, зданий, промышленных объектов, одежды.

При организации всех АСДНР особое внимание уделяется прогнозированию радиационной обстановки на объектах проведения работ и радиационному контролю.

При разборке завалов, образовавшихся в результате разрушения ядерного реактора АЭС, следует использовать инженерные машины, имеющие большой коэффициент ослабления ионизирующих излучений (например, инженерные машины разграждения ИМР).

Для захоронения радиоактивных обломков, оборудования и грунта сооружаются специальные могильники, как правило, котлованного типа, полностью или частично заглубленные в грунт. Могильники могут размещаться в заброшенных штольнях, карьерах.

В зависимости от площади зоны загрязнения, определяемой характером радиационной аварии, выделяют локальные и массовые зоны загрязнения. Локальные (объектовые) зоны загрязнения образуются при аварийных ситуациях на радиационно опасных объектах (табл. 1.18) и ограничены территорией объекта (для АЭС – зданием энергоблока). Массовые (масштабные) зоны загрязнения образуются при тепловых взрывах ядерных реакторов, крупных авариях на перерабатывающих комбинатах, хранилищах высокоактивных отходов, сопровождающихся выбросом значительных активностей в атмосферу.

При локальных загрязнениях производится дезактивация всей территории аварийного объекта, в массовых зонах загрязнения дезактивируются отдельные здания, участки дорог, прилегающей местности.

Основными способами снижения радиоактивного загрязнения местности являются:

- снятие поверхностного загрязненного слоя грунта (толщиной до 10 см) с его последующим захоронением;
- засыпка чистым грунтом загрязненных участков местности, на ко-

торых предполагается размещение людей, транспорта, механизмов и других небольших объектов;

- изоляция загрязненной поверхности слоем бетона (укладка бетонных плит), асфальта;

- дезактивация твердых покрытий дорог (асфальтовых, бетонных) струей воды с использованием поверхностно активных (моющих) веществ, загрязненная после смыва жидкость собирается и вывозится в могильники;

- временное закрепление радиоактивных веществ на местности путем нанесения пленкообразующих растворов, что предотвращает пылеобразование и вторичное загрязнение прилегающей местности.

Для предотвращения смыва талой и дождевой водой радиоактивных веществ с загрязненных участков местности в водоемы и реки проводятся водоохранные мероприятия. К ним относятся: возведение земляных защитных дамб вокруг радиационно опасных объектов, глухих и фильтрующих плотин на ручьях, каналах, небольших реках и оврагах, расположенных в зонах загрязнения; устройство донных ловушек (илоулавливателей) в русле рек, протекающих вблизи радиационно опасных объектов, на дне акваторий водохранилищ, а также вблизи мест расположения водозаборных устройств.

*Зоны химического заражения.* АСДНР в зонах химического заражения включают: ведение химической и медицинской разведки; проведение профилактических мероприятий, само- и взаимопомощи; розыск и выявление пораженных людей, оказание им первой медицинской помощи и эвакуацию в лечебные учреждения; эвакуацию непораженного населения из очагов; дегазацию местности, сооружений, техники, транспорта, одежды, средств защиты, санитарную обработку людей; выявление зараженного продовольствия, источников воды и обеззараживание их.

Отличительной особенностью спасательных работ в очаге химического заражения является то, что на их организацию отводится минимальное время. Это обусловлено тем, что при высоких концентрациях АХОВ быстро наступает отравление токсичными веществами и время, в течение которого должна быть оказана первая медицинская помощь пострадавшим, ограничено.

В связи с этим эффективность спасательных работ зависит от умело-



го сочетании само- и взаимопомощи с быстрым оказанием помощи медицинскими работниками и последующей эвакуации пораженных из очага заражения.

Само- и взаимопомощь заключается в надевании противогаза на пораженного, введении антидота, обработке участков кожных покровов, на которые попало АХОВ, дегазирующим раствором. Эти действия эффективны только в том случае, если выполнены в первые минуты после появления признаков поражения.

Для проведения спасательных работ привлекаются подразделения радиационной, химической и биологической защиты Вооруженных Сил, подразделения химической защиты воинских частей ГО, специальные отряды (команды, группы) противорадиационной и противохимической защиты объектов экономики, медицинские формирования.

Весь личный состав сил, вводимых в очаг химического заражения, обеспечивается средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, антидотами, индивидуальными противохимическими пакетами.

На начальном этапе АСДНР основные усилия сосредоточиваются на оказании немедленной медицинской помощи пораженным и их эвакуации на незараженную местность, на дегазацию территории, сооружений и техники.

Эвакуируют в первую очередь лиц, не имеющих средств индивидуальной защиты органов дыхания, затем – имеющих противогазы и в последнюю очередь – укрытых в средствах коллективной защиты, оборудованных фильтровентиляционными установками.

Спасательные работы в очагах химического заражения ведутся в противогазах и средствах защиты кожи. Если известен вид АХОВ, могут использоваться соответствующие ему фильтрующие коробки промышленных противогазов. В районе аварии с очень высокими концентрациями АХОВ используются изолирующие дыхательные аппараты.

Продолжительность работы личного состава одной смены зависит в основном от температуры воздуха и степени физической нагрузки. Ограничение срока пребывания личного состава в изолирующих средствах защиты кожи может быть: летом при повышенных температурах – из-за опасности перегрева организма, зимой – из-за опасности переохлаждения.

АСДНР в зоне химического заражения считаются законченными, когда пребывание людей без средств защиты в них становится безопасным.

#### **5.4. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ**

Условия проведения АСДНР требуют от личного состава формирований строгого соблюдения мер безопасности. Это позволяет предотвратить несчастные случаи, потери личного состава формирований и населения при проведении спасательных работ.

Командиры формирований обязаны заблаговременно разъяснить личному составу характерные особенности предстоящих работ, ознакомить с порядком их проведения и правилами безопасности, строго следить за их выполнением. Конкретные меры безопасности указываются личному составу непосредственно перед работой одновременно с постановкой задачи.

Спасательные работы в полуразрушенных, горящих или задымленных помещениях, в завалах проводятся группами (не менее двух человек) при взаимной страховке.

При разборке и обрушении здания необходимо вести постоянное наблюдение за его состоянием. При возникновении какой-либо опасности, а также при усилении ветра свыше 10 м/с работы немедленно прекращаются, людей и технику выводят в безопасное место.

В ходе спасательных работ передвижение машин, эвакуация пораженных и населения организуется по разведанным и обозначенным путям. Опасные места ограждаются знаками.

Для освещения участков работ в котлованах, траншеях, галереях, трубах, сырых помещениях используют электрические лампы с напряжением не выше 12 В. В ночное время участки работ освещаются прожекторами или другими источниками освещения. Наиболее сложные и опасные виды работ следует завершить до наступления темноты.

При проведении работ на загазованных участках (объектах) запрещается пользоваться открытыми источниками огня. Работы, как правило, ведутся в изолированных дыхательных аппаратах, инструментом из цвет-

ных металлов или обмедненных, стальной инструмент обильно смазывают тавотом. Для освещения рабочих мест применяются взрывобезопасные аккумуляторы.

Работу в загазованных колодцах ведут только в изолирующих дыхательных аппаратах звеном из трех человек: один – в колодце, двое – наверху, используют предохранительные пояса с прикрепленными к ним страховочными веревками. Продолжительность пребывания одного человека в колодце не должна превышать 10 минут, после чего ему следует 10...15 минут отдыхать на свежем воздухе.

Аварийные работы на электросетях проводятся после отключения поврежденных участков сети на распределительных пунктах (щитах), в резиновых перчатках и сапогах, с соблюдением при этом мер электробезопасности (наложение заземления, вывешивание предупредительных знаков и др.).

При разборке завалов, работе в разрушенных зданиях необходимо постоянно следить за появлением обвисших (оборванных, обгоревших) электрических проводов. Отключение электропроводов путем резки допускается при фазном напряжении в сети не более 220 В и только тогда, когда иными способами нельзя обесточить участок, где ведутся работы.

На местности, загрязненной радиоактивными веществами, необходимо соблюдать режим, регламентирующий допустимое время нахождения под воздействием облучения и время нахождения в укрытии. Весь личный состав работающих подразделений должен быть обеспечен индивидуальными измерителями дозы облучения. При возможности пылеобработки работа должна проводиться в респираторах или противогазах.

При ликвидации аварий на технологических линиях (сетях) и емкостях с токсичными веществами, подходить к месту их разлива или выхода в атмосферу следует с наветренной стороны, в изолирующих дыхательных аппаратах и средствах защиты кожи. Фильтрующими противогазами можно пользоваться только при отсутствии высоких концентраций токсических веществ. В зависимости от температуры воздуха и интенсивности физической нагрузки необходимо ограничивать время пребывания в защитной одежде.

К действиям в очагах бактериологического заражения допускаются

только специально подготовленные формирования, обеспеченные необходимыми средствами защиты.

При работах в зонах пожаров и задымления личный состав обеспечивается противогазами и дополнительными патронами (ДПГ-1) к ним, обеспечивающими защиту от окиси углерода, а также специальной одеждой и касками.

Для тушения любых загораний, в том числе и электроустановок, находящихся под напряжением не более 300 В, можно использовать углекислотные огнетушители. Пенные огнетушители нельзя использовать для тушения электроустановок под напряжением и щелочных материалов. Воду нельзя использовать для тушения веществ, вступающих с ней в бурную химическую реакцию (металлический натрий, калий, магний, карбид кальция и др.), а также необесточенных электроустановок.

При работах на высоте следует применять страхующие средства, исключающие возможность падения.

#### **Вопросы и задания**

1. Что понимается под ликвидацией чрезвычайной ситуации?
2. Какие силы привлекаются для ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ?
3. Что понимается под эшелонированием ведения аварийно-спасательных и других неотложных работ?
4. Когда чрезвычайная ситуация считается ликвидированной? Кто принимает решение о прекращении аварийно-спасательных и других неотложных работ?
5. Каковы особенности проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в районах, пострадавших от наводнений, ураганов, землетрясений, радиоактивного и химического заражения?
6. Какие дополнительные меры безопасности необходимо принимать при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ на электросетях, в районах радиоактивного и химического заражения?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безопасность жизнедеятельности. Сборник нормативных документов по подготовке учащейся молодежи в области защиты от чрезвычайных ситуаций. М.: ДИК, АСТ-ЛТД, 1998. 704 с.
2. Шахраманьян М. А., Акимов В. А., Козлов К. А. Оценка природной и техногенной безопасности России: теория и практика. М.: ФИД Деловой экспресс, 1998. 218 с.
3. Храмов Г. Н. Опасные природные процессы: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 182 с.
4. Васильев В. И. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. 340 с.
5. Храмов Г. Н. Горение и взрыв. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2004. 278 с.
6. Яковлев В. В., Яковлев А. В. Последствия аварийных взрывов газопаровоздушных смесей: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. 72 с.
7. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): СП 2.6.1. 758-99. М.: Минздрав России, 1999. 116 с.
8. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99): СП 2.6.1. 799-99. М.: Минздрав России, 2000. 98 с.
9. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учебник /М.Н. Дудко, Н.И. Локтионов, В.И. Юртушкин и др. М.: ГУУ, 2000. 315 с.
10. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций /С.А. Буланенков, С.И. Воронов, П.П. Губченко и др. Калуга: ГУП Облиздат, 2001. 480 с.
11. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: Учеб. пособие /В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев и др. М.: Высш. шк., 2006. 592 с.
12. Гельфанд Б.Е., Сильников М.В. Фугасные эффекты взрывов. СПб.:ООО «Издательство “Полигон”», 2002. 272 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

### Поражающее действие землетрясений

Объекты	Интенсивность землетрясения <i>J</i> , балл		
	Разрушения объекта		
	слабые	средние	сильные
Промышленные здания с металлическим или железобетонным каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25...50 т	6-7,5	7,5-9	>9
Промышленные здания с легким металлическим каркасом и бескаркасной конструкции	6-7,5	7,5-8	8-8,5
Здания АЭС и ГЭС антисейсмической конструкции	7,5	7,5-9	>9
Многоэтажные кирпичные здания (3 и более этажей)	5-6	6-7,5	>7,5
Малоэтажные кирпичные здания	6-7	7	7-8
Наземные здания и сооружения с деревянным каркасом	5	6	6-7,5
Остекление промышленных и жилых зданий	4	5	6
Окна из стеклоблоков	5-6	6-7	7-7,5
Внутренние стены и перегородки гипсобе-тонные, железобетонные	6	7	7,5
Штукатурка	4	5	6
Подземные стальные трубопроводы диаметром 350 мм	12	-	-
Трубопроводы заглубленные до 0,7 м	9-10	11-12	-
Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	7,5	7,5-8	8-8,5
Кабельные подземные линии	12	-	-
Воздушные линии высокого напряжения, низкого напряжения на деревянных опорах	7-8	8-8,5	8,5-9
Столбы линий связи и электропередач	6-7,5	7,5-8	8-9
Металлические мосты и путепроводы длиной до 45 м	9-10	10-12	-

## Окончание приложения 1

Объекты	Интенсивность землетрясения $J$ , балл		
	Разрушения объекта		
	слабые	средние	сильные
Металлические мосты и путепроводы длиной до 100 м	8	8-9	9-11
Мосты деревянные	6-7,5	7,5-8	8-9
Тепловозы и электровозы	8,5	8,5-9	9-10
Грузовые автомобили и автоцистерны	7,5	7,5-8	-
Легковые автомобили	7	8	10

**Характеристика степеней разрушения зданий**

Степени разрушения	Характеристика разрушения
Слабые	Частичное разрушение внутренних перегородок, кровли, дверных и оконных коробок, легких построек и др. Основные несущие конструкции сохраняются. Для полного восстановления требуется капитальный ремонт. Ущерб составляет 10...15 % от стоимости здания.
Средние	Разрушение меньшей части несущих конструкций. Большая часть несущих конструкций сохраняется и лишь частично деформируется. Может сохраняться часть ограждающих конструкций (стен), однако при этом второстепенные и несущие конструкции могут быть частично разрушены. Здание выводится из строя, но может быть восстановлено. Ущерб составляет 30...40 % от стоимости здания.
Сильные	Разрушение большей части несущих конструкций. При этом могут сохраняться наиболее прочные элементы здания, каркасы, ядра жесткости, частично стены и перекрытия нижних этажей. При сильном разрушении образуется завал. В большинстве случаев восстановление нецелесообразно. Ущерб составляет 50...70 % от стоимости здания.
Полные	Полное обрушение здания, от которого могут сохраниться только поврежденные (или неповрежденные) подвалы и незначительная часть прочных элементов. При полном разрушении образуется завал. Здание восстановлению не подлежит. Ущерб составляет около 100 % от стоимости здания.



**Значения избыточных давлений во фронте воздушной ударной волны,  
приводящих к разрушениям зданий и сооружений,  
транспорта, оборудования**

Здания, сооружения, транспорт, оборудование	Значения $\Delta P_{\phi}$ , вызывающие разрушения, кПа			
	Слабые	Средние	Сильные	Полные
Защищенные пункты управления	200-300	300-500	500-700	>700
Подвал без усиления несущих конструкций	20-30	30-100	100	>100
Деревоземляные ПРУ, рассчитанные на 30 кПа	30-50	50-80	80	>80
Здания вокзалов, депо, ТЭЦ с тяжелым металлическим или железобетонным каркасом и тяжелым стеновым заполнением	10-20	20-40	40-60	60-100
Здания кирпичные (блочные) многоэтажные	8-12	12-20	20-30	30-40
Здания кирпичные (блочные) малоэтажные	8-15	15-25	25-35	35-45
Здания каркасного типа с легким заполнением	10-20	20-50	50-80	80-120
Здания тяговых подстанций, фидерных трансформаторных	10-30	30-60	60-70	>70
Деревянные дома	6-8	8-12	12-20	>20
Остекление зданий	0,6-1	1-2	2-3	>3
Мосты железобетонные и металлические с пролетом до 45 м	100-150	150-200	200-250	>250
То же с пролетом 100 м и более	50-100	100-150	150-200	>200
Мосты железобетонные с пролетом 20-25 м	50-100	100-150	150-200	>200
Мосты деревянные низководные	20-50	50-80	80-100	>100
Железнодорожное полотно, стрелочные переводы	100-200	200-300	300-500	>500
Водонапорные башни	20-40	40-60	60-70	>70

## Продолжение приложения 3

Здания, сооружения, транспорт, оборудование	Значения $\Delta P_{\phi}$ , вызывающие разрушения, кПа			
	Слабые	Средние	Сильные	Полные
Подземные сети водопровода, канализации, газоснабжения	400-600	600-1000	1000-1500	>1500
Трубопроводы наземные	20	50	130	>130
Трубопроводы подземные чугунные, асбоцементные, керамические	200-600	600-1000	1000-2000	>2000
Трубопроводы на эстакадах	20-30	30-40	40-50	>50
Тоннели	150-200	200-300	300-500	>500
Шоссейные дороги с твердым покрытием	100-300	300-1000	1000-2000	2000-3000
Взлетно-посадочные полосы	300-400	400-1500	1500-3000	>3000
Подземные кабельные линии связи и электроснабжения	200-300	300-600	600-1000	>1000
Наземные кабели	10-30	30-50	50-70	>70
Контактная железнодорожная сеть, воздушные ЛЭП высоковольтные	20-50	50-70	70-120	>120
ЛЭП воздушные низковольтные	20-60	60-100	100-160	>160
Антенные устройства	10-20	20-40	40-60	>60
Заглубленные емкости	20-50	50-100	100-200	>200
Частично заглубленные резервуары	30-50	50-80	80-110	>110
Резервуарные парки (заполненные)	20-40	40-70	70-90	>90
Резервуары наз. Для ГСМ (пустые)	15-20	20-30	30-40	>40
Магистральные трубопроводы	200-350	350-600	600-1000	>1000
Перекачивающие и компрессорные станции	15-25	25-35	35-45	>45
Пристани, причалы металлические	50-100	100-150	150-200	>200
Крановое хозяйство портов	20-30	30-60	60-80	>80
Суда на плаву	80-100	100-130	130-180	>180
Автомобили грузовые, цистерны	20-30	30-50	50-65	>65
Автобусы, КУНГ	15-20	20-45	45-60	60-80
Автозаправочные станции	20-30	30-40	40-60	>60

## Окончание приложения 3

Здания, сооружения, транспорт, оборудование	Значения $\Delta P_{\phi}$ , вызывающие разрушения, кПа			
	Слабые	Средние	Сильные	Полные
Гусеничные тягачи и тракторы	30-40	40-60	60-80	>80
Самолеты, вертолеты на стоянке	9-10	10-15	15-25	>25
Локомотивы (тепловозы, электровозы)	50-70	70-100	100-150	>150
Вагоны, платформы, цистерны	30-40	40-80	80-100	>100
Кузнечно-прессовое оборудование	50-100	100-150	150-200	>200
Станочное оборудование депо и мастерских	25-40	40-60	60-80	>80

**Структура возможных поражений людей в зонах разрушений  
зданий и сооружений городской застройки**

Характер застройки	Зоны разрушения	Потери, %					
		Всего	Безвозвратные	Санитарные			
				Всего	Тяжесть поражения		
					Крайне тяжелая и тяжелая	Средняя	Легкая
Кирпичные жилые дома и здания производственного типа	Полного	90	80	10	5	5	-
	Сильного	50(14)	15(9)	35(5)	15(2)	5(2)	15(1)
	Среднего	40	15	25	10	8	7
	Слабого	15	-	15	-	-	15
Деревянные дома	Полного	75	55	20	10	10	-
	Сильного	35	5	30	-	5	25
	Среднего	20	-	20	-	-	20
	Слабого	5	-	5	-	-	5

Примечание: в скобках приведены потери в зданиях производственного типа.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ**

Т а б л и ц а П. 5.1

**Категории устойчивости атмосферы**

Скорость ( $V_{10}$ ) ветра на высоте 10 м, м/с	Время суток				
	День			Ночь	
	Облачность				
	Отсутст- вует	Средняя	Сплошная	Отсутст- вует	Сплошная
$V_{10} < 2$	А	А	А	А	А
$2 < V_{10} < 3$	А	А	Д	Ф	Ф
$3 < V_{10} < 5$	А	Д	Д	Д	Ф
$5 < V_{10} < 6$	Д	Д	Д	Д	Д
$V_{10} > 6$	Д	Д	Д	Д	Д

Обозначения:

А – сильно неустойчивая атмосфера (конвекция);

Д – нейтральная атмосфера (изотермия);

Ф – очень устойчивая атмосфера (инверсия).

Т а б л и ц а П. 5.2

**Средняя скорость ветра ( $V_{cp}$ ) в слое от поверхности**

**земли до высоты перемещения центра облака, м/с**

Категория устойчивости атмосферы	Скорость ветра на высоте 10 м ( $V_{10}$ ), м/с					
	Менее 2	2-3	3-4	4-5	5-6	Более 6
А	2	2	5	5	5	10
Д	2	2	5	5	5	10
Ф	2	5	10	10	10	10

Т а б л и ц а П. 5.3

**Размеры возможных зон радиоактивного загрязнения местности  
на следе облака при аварии на АЭС с реактором типа РБМК-1000  
(длина зоны или начало зоны/конец зоны и ширина зоны, км)**

Выход активно- сти, %	Индекс зоны загрязне- ния	Категория устойчивости атмосферы				
		А – конвек- ция	Д – изотермия		F – инверсия	
		Средняя скорость ветра ( $V_{cp}$ ), м/с				
		2	5	10	5	10
		$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$
3	М	$\frac{62,6}{12,1}$	$\frac{145}{8,42}$	$\frac{135}{5,99}$	$\frac{11/138}{3,63}$	$\frac{13/128}{3,04}$
3	А	$\frac{14,1}{2,75}$	$\frac{34,1}{1,74}$	$\frac{26}{1,04}$	-	-
3	Б	-	-	-	-	-
3	В	-	-	-	-	-
3	Г	-	-	-	-	-
10	М	$\frac{140}{29,9}$	$\frac{270}{18,2}$	$\frac{272}{14}$	$\frac{8/249}{7,86}$	$\frac{10/249}{6,81}$
10	А	$\frac{28}{5,97}$	$\frac{75}{3,92}$	$\frac{60}{2,45}$	$\frac{16/69}{1,72}$	$\frac{19/61}{1,18}$
10	Б	$\frac{6,88}{0,85}$	$\frac{17,4}{0,69}$	$\frac{11}{0,32}$	-	-
10	В	-	$\frac{5,8}{0,11}$	-	-	-
10	Г	-	-	-	-	-
30	М	$\frac{249}{68,1}$	$\frac{418}{31,5}$	$\frac{482}{28}$	$\frac{6/436}{14}$	$\frac{6/447}{12}$
30	А	$\frac{62,6}{12,1}$	$\frac{145}{8,42}$	$\frac{135}{5,99}$	$\frac{126}{3,63}$	$\frac{115}{3,04}$
30	Б	$\frac{13,9}{2,71}$	$\frac{33,7}{1,73}$	$\frac{25}{1,02}$	-	-

30	В	$\frac{6,96}{0,87}$	$\frac{17,6}{0,69}$	$\frac{12}{0,33}$	-	-
30	Г	-	-	-	-	-

Окончание табл. П. 5.3

Выход активно-сти, %	Индекс зоны загрязнения	Категория устойчивости атмосферы				
		А – конвекция	Д – изотермия		F – инверсия	
		Средняя скорость ветра ( $V_{cp}$ ), м/с				
		2	5	10	5	10
		$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$
50	М	$\frac{324}{81,8}$	$\frac{583}{42,8}$	$\frac{619}{37}$	$\frac{5}{18}$ $\frac{567}{18}$	$\frac{6}{17}$ $\frac{585}{17}$
50	А	$\frac{88,3}{18,1}$	$\frac{191}{11,7}$	$\frac{184}{8,71}$	$\frac{10}{4,88}$ $\frac{179}{4,88}$	$\frac{11}{4,24}$ $\frac{167}{4,24}$
50	Б	$\frac{18,3}{3,64}$	$\frac{47,1}{2,4}$	$\frac{36}{1,51}$	$\frac{25}{0,41}$ $\frac{43}{0,41}$	-
50	В	$\frac{9,21}{1,57}$	$\frac{23,7}{1,1}$	$\frac{17}{0,59}$	-	-
50	Г	-	$\frac{9,41}{0,27}$	-	-	-

Т а б л и ц а П. 5.4

**Размеры возможных зон радиоактивного загрязнения местности на следе облака при аварии на АЭС с реактором типа ВВЭР-1000**

**(длина зоны или начало зоны/конец зоны и ширина зоны, км)**

Выход активно-сти, %	Индекс зоны загрязнения	Категория устойчивости атмосферы				
		А – конвекция	Д – изотермия		F – инверсия	
		Средняя скорость ветра ( $V_{cp}$ ), м/с				
		2	5	10	5	10
		$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$

3	М	$\frac{82,8}{16,2}$	$\frac{74,5}{3,7}$	$\frac{53}{1,87}$	$\frac{28}{0,61} / 45$	-
3	А	$\frac{13}{2,22}$	$\frac{9,9}{0,29}$	$\frac{5,2}{0,07}$	-	-
3	Б	-	-	-	-	-

Окончание табл. П. 5.4

Выход активно-сти, %	Индекс зоны загрязнения	Категория устойчивости атмосферы				
		А – конвекция	Д – изотермия		F – инверсия	
		Средняя скорость ветра ( $V_{cp}$ ), м/с				
		2	5	10	5	10
		$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$	$\frac{\text{Длина}}{\text{Ширина}}$
3	В	-	-	-	-	-
3	Г	-	-	-	-	-
10	М	$\frac{185}{40,2}$	$\frac{155}{8,76}$	$\frac{110}{5,3}$	$\frac{13}{2,58} / 89$	$\frac{15,88}{2,1}$
10	А	$\frac{39,4}{6,81}$	$\frac{29,5}{1,16}$	$\frac{19}{0,58}$	-	-
10	Б	-	-	-	-	-
10	В	-	-	-	-	-
10	Г	-	-	-	-	-
30	М	$\frac{338}{82,9}$	$\frac{284}{18,4}$	$\frac{274}{13}$	$\frac{10}{5,0} / 182$	$\frac{11}{4,4} / 173$
30	А	$\frac{82,8}{15,4}$	$\frac{74,5}{3,51}$	$\frac{53}{1,87}$	$\frac{28}{0,61} / 45$	
30	Б	$\frac{17,1}{2,53}$	$\frac{9,9}{0,28}$	$\frac{5,05}{0,07}$	-	-
30	В	-	-	-	-	-
30	Г	-	-	-	-	-
50	М	$\frac{438}{111}$	$\frac{379}{25,3}$	$\frac{369}{19}$	$\frac{8}{6,91} / 212$	$\frac{10}{6,3} / 234$



50	А	$\frac{123}{24,6}$	$\frac{100}{5,24}$	$\frac{79}{3,22}$	$\frac{17/64}{1,52}$	$\frac{22/55}{0,95}$
50	Б	$\frac{20,4}{3,73}$	$\frac{16,6}{0,62}$	$\frac{10}{0,27}$	-	-
50	В	$\frac{8,87}{1,07}$	-	-	-	-
50	Г	-	-	-	-	-

**Мощность дозы излучения на оси следа, рад/час (реактор РБМК-1000,  
выход радиоактивных продуктов 10%, время – 1 час после остановки  
реактора)**

Расстояние от АЭС, км	Категория устойчивости атмосферы				
	А	Д		F	
	Средняя скорость ветра ( $V_{cp}$ ), м/с				
	2	5	10	5	10
5	1,89	4,50	2,67	0,00002	0,00001
10	0,643	2,62	1,6	0,0210	0,0136
20	0,212	1,01	0,64	0,213	0,142
30	0,122	0,546	0,355	0,303	0,212
40	0,0849	0,351	0,236	0,302	0,221
50	0,0632	0,256	0,177	0,245	0,187
60	0,0492	0,196	0,14	0,181	0,144
70	0,0395	0,155	0,114	0,136	0,115
80	0,0324	0,125	0,0948	0,102	0,0937
100	0,0230	0,0870	0,0691	0,0769	0,0661
150	0,0117	0,0427	0,0375	0,0368	0,0319
200	0,007	0,0248	0,0235	0,0214	0,0207
250	0,005	0,0160	0,0160	0,0139	0,0139
300	0,003	0,0110	0,0115	0,0097	0,0099
350	0,0023	0,0078	0,0086	0,0072	0,0075
400	0,0017	0,0055	0,0067	0,0055	0,006
450	0,0013	0,0044	0,0053	0,0044	0,0046
500	0,001	0,0036	0,0043	0,0035	0,0037

**Мощность дозы излучения на оси следа, рад/час (реактор ВВЭР-1000,  
выход радиоактивных продуктов 10%, время – 1 час после остановки  
реактора)**

Расстояние от АЭС, км	Категория устойчивости атмосферы				
	А	Д		Ф	
	Средняя скорость ветра ( $V_{cp}$ ), м/с				
	2	5	10	5	10
5	1,24	0,803	0,475	-	-
10	0,723	0,466	0,285	0,0037	0,0024
20	0,289	0,189	0,119	0,037	0,025
30	0,172	0,127	0,081	0,053	0,037
40	0,121	0,103	0,0667	0,0527	0,0385
50	0,0915	0,0763	0,0506	0,0427	0,0325
60	0,0722	0,0593	0,0403	0,0316	0,0251
70	0,0587	0,0476	0,0331	0,0238	0,0200
80	0,0488	0,0391	0,0277	0,0177	0,0163
100	0,0354	0,0280	0,0206	0,0134	0,0115
150	0,0190	0,0146	0,0116	0,0064	0,0056
200	0,0119	0,009	0,0075	0,0037	0,0036
250	0,0080	0,0059	0,0053	0,0024	0,0024
300	0,0058	0,0041	0,0040	0,0017	0,0017
350	0,0043	0,0033	0,0030	0,0013	0,0013
400	0,0033	0,0025	0,0024	0,0010	0,0010
450	0,0026	0,0018	0,0020	0,0008	0,0008
500	0,0021	0,0013	0,0016	0,0006	0,0007

**Коэффициент  $K_y$  для определения мощности дозы излучения  
в стороне от оси следа (сильно неустойчивая атмосфера – категория А)**

x, км	Удаление от оси следа (y), км														
	0,5	1	2	4	5	6	10	15	20	25	30	40	50	75	100
5	0,9	0,6	0,1												
7	0,9	0,7	0,3												
10	1	0,8	0,5	0,0											
12	1	0,9	0,6	0,1											
14	1	0,9	0,7	0,2	0,0										
16	1	0,9	0,7	0,2	0,0										
18	1	0,9	0,8	0,3	0,0	0,0									
20	1	0,9	0,8	0,4	0,1	0,0									
25	1	1	0,8	0,5	0,2	0,0	0,0								
30	1	1	0,8	0,6	0,4	0,1	0,0								
40	1	1	0,9	0,7	0,6	0,3	0,1	0,0							
50	1	1	0,9	0,7	0,7	0,4	0,3	0,1	0,0						
60	1	1	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,1	0,0						
70	1	1	0,9	0,9	0,8	0,6	0,5	0,2	0,1	0,0					
80	1	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,3	0,1	0,0	0,0				
100	1	1	1	0,9	0,9	0,7	0,7	0,5	0,2	0,1	0,0				
150	1	1	1	1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2	0,0	0,0		
200	1	1	1	1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,5	0,4	0,1	0,0		
300	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2	0,0	
500	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,5	0,2	0,1

**Коэффициент  $K_y$  для определения мощности дозы излучения  
в стороне от оси следа (нейтральная атмосфера – категория Д)**

x, км	Удаление от оси следа (y), км														
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
5	0,1														
7	0,3	0,0													
10	0,6	0,1													
12	0,7	0,2													
14	0,7	0,3													
16	0,8	0,4	0,0												
18	0,8	0,5	0,1												
20	0,8	0,6	0,1												
25	0,9	0,7	0,2	0,0											
30	0,9	0,8	0,3	0,1	0,0										
40	0,9	0,8	0,5	0,2	0,1	0,0									
50	1	0,9	0,6	0,4	0,2	0,1									
60	1	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1	0,0								
70	1	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,0							
80	1	1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0					
100	1	1	0,9	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0				
150	1	1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	0,0			
200	1	1	1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,3	0,1	0,0		
300	1	1	1	1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0
500	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,5	0,3	0,1

**Коэффициент  $K_y$  для определения мощности дозы излучения  
в стороне от оси следа (очень устойчивая атмосфера – категория F)**

x, км	Удаление от оси следа (y), км													
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	10	15	20
5														
7	0,1													
10	0,1													
12	0,2													
14	0,3													
16	0,4													
18	0,5													
20	0,5	0,1												
25	0,7	0,2	0,0											
30	0,7	0,3	0,1											
40	0,8	0,5	0,2	0,1										
50	0,9	0,6	0,3	0,1	0,0									
60	0,9	0,7	0,5	0,2	0,1									
70	0,9	0,8	0,6	0,3	0,2	0,1								
80	0,9	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,0							
100	1	0,9	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0						
150	1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0			
200	1	1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0		
300	1	1	1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1	0,0	
500	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,2	0,0

**Время начала формирования следа загрязнения  $t_{\phi}$**   
**(начала загрязнения в данной точке) после аварии, час**

Расстояние от АЭС, км	Категория устойчивости атмосферы				
	А	Д			Ф
	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	1,6
70	7,5	3,5	1,8	3,5	1,9
80	8,0	4,0	2,0	4,0	2,2
100	9,5	5,0	2,5	5,0	3,0
150	14,0	7,5	3,5	8,0	4,0
200	19,0	10,0	5,0	10,0	5,2
250	23,0	12,0	6,0	13,0	6,5
300	28,0	15,0	7,5	16,0	8,0
350	32,0	17,0	9,0	18,0	9,3
400	37,0	19,0	10,0	21,0	11,0
450	41,0	22,0	11,0	23,0	12,0
500	46,0	24,0	12,0	26,0	13,0

Т а б л и ц а П. 5.11

**Коэффициент  $K_t$  для пересчета мощности дозы на различное время  
после аварии (реактор типа РБМК, кампания 3 года,  $t_{изм}$  - время,  
на которое измерена мощность дозы)**

$t_{изм}$		Время после аварии, на которое пересчитывается мощность дозы											
		Ч а с ы							С у т к и				
		1	2	3	5	6	9	18	1	2	5	10	15
Ч а с ы	1	1,00	0,83	0,75	0,64	0,61	0,53	0,42	0,37	0,28	0,19	0,13	0,11
	2	1,19	1,00	0,89	0,76	0,72	0,63	0,50	0,45	0,34	0,23	0,16	0,13
	3	1,33	1,11	1,00	0,86	0,81	0,71	0,56	0,50	0,38	0,25	0,18	0,15
	5	1,54	1,29	1,16	1,00	0,94	0,82	0,65	0,58	0,44	0,30	0,21	0,17
	6	1,63	1,37	1,23	1,05	1,00	0,87	0,68	0,61	0,47	0,31	0,22	0,18
	7	1,71	1,44	1,29	1,11	1,05	0,92	0,72	0,65	0,49	0,33	0,24	0,19
	9	1,86	1,56	1,40	1,20	1,13	1,00	0,78	0,70	0,53	0,36	0,26	0,21
	12	2,05	1,72	1,54	1,32	1,25	1,10	0,86	0,77	0,59	0,39	0,28	0,23
	15	2,22	1,86	1,67	1,43	1,35	1,19	0,93	0,84	0,64	0,43	0,31	0,25
	18	2,37	1,99	1,78	1,53	1,45	1,27	1,00	0,89	0,68	0,46	0,33	0,27

Т а б л и ц а П. 5.12

**Коэффициент  $K_t$  для пересчета мощности дозы на различное время  
после аварии (реактор типа ВВЭР, кампания 3 года,  $t_{изм}$  - время,  
на которое измерена мощность дозы)**

$t_{изм}$		Время после аварии, на которое пересчитывается мощность дозы											
		Ч а с ы							С у т к и				
		1	2	3	5	6	9	18	1	2	5	10	15
Ч а с ы	1	1,00	0,83	0,74	0,63	0,59	0,51	0,40	0,35	0,26	0,17	0,12	0,10
	2	1,20	1,00	0,88	0,75	0,71	0,62	0,48	0,43	0,32	0,21	0,14	0,12
	3	1,35	1,12	1,00	0,85	0,80	0,70	0,54	0,48	0,36	0,23	0,16	0,13
	5	1,58	1,31	1,17	1,00	0,94	0,82	0,63	0,56	0,42	0,27	0,19	0,15
	6	1,67	1,39	1,24	1,05	1,00	0,87	0,67	0,60	0,45	0,29	0,20	0,16
	7	1,76	1,47	1,30	1,11	1,05	0,91	0,71	0,63	0,47	0,31	0,22	0,17
	9	1,92	1,60	1,42	1,21	1,14	1,00	0,77	0,69	0,51	0,34	0,24	0,19
	12	2,13	1,77	1,58	1,35	1,27	1,10	0,85	0,76	0,57	0,37	0,26	0,21
	15	2,32	1,93	1,71	1,46	1,38	1,20	0,93	0,83	0,62	0,40	0,28	0,23
	18	2,48	2,07	1,84	1,57	1,43	1,29	1,00	0,89	0,66	0,43	0,31	0,25



**Коэффициент  $K_{доз}$  для определения дозы излучения по значению  
мощности дозы на 1 час после аварии (реактор типа РБМК,  
кампания 3 года,  $t_{нач}$  – время начала облучения)**

$t_{нач}$		Продолжительность пребывания в зоне загрязнения											
		Ч а с ы							С у т к и				
		1	2	3	5	6	9	18	1	2	5	10	15
Ч а с ы	1	0,90	1,70	2,42	3,71	4,31	5,95	10,0	12,4	20,1	36,7	56,2	71,3
	2	0,79	1,51	2,17	3,40	3,97	5,55	9,57	11,8	19,5	36,0	55,4	70,5
	3	0,71	1,38	2,01	3,17	3,72	5,25	9,18	11,4	19,0	35,4	54,8	69,8
	5	0,62	1,22	1,79	2,86	3,37	4,81	8,57	10,7	18,2	34,4	53,6	68,6
	6	0,59	1,16	1,71	2,74	3,23	4,63	8,33	10,5	17,8	33,9	53,2	68,1
	7	0,56	1,11	1,64	2,64	3,12	4,48	8,11	10,2	17,5	33,5	52,7	67,6
	9	0,52	1,03	1,52	2,47	2,92	4,23	7,73	9,81	16,9	32,8	51,9	66,7
	12	0,47	0,94	1,40	2,27	2,70	3,93	7,26	9,27	16,2	31,8	50,7	65,5
	15	0,44	0,87	1,30	2,12	2,53	3,69	6,88	8,83	15,6	31,0	49,7	64,5
	18	0,41	0,82	1,22	2,00	2,38	3,49	6,57	8,45	15,0	30,2	48,8	63,5
С у т к и	1	0,37	0,74	1,10	1,82	2,17	3,19	6,06	7,83	14,1	28,9	47,3	61,8
	2	0,28	0,57	0,85	1,41	1,68	2,50	4,83	6,32	11,7	25,2	42,6	56,6
	3	0,24	0,48	0,72	1,19	1,43	2,13	4,16	5,46	10,3	22,7	39,2	52,8
	5	0,19	0,38	0,57	0,96	1,15	1,71	3,37	4,45	8,58	19,5	34,6	47,3
	10	0,13	0,27	0,41	0,69	0,83	1,24	2,47	3,27	6,41	15,1	27,8	38,9
	15	0,11	0,22	0,34	0,56	0,68	1,02	2,03	2,69	5,31	12,7	23,8	33,8
	30	0,07	0,15	0,23	0,39	0,47	0,71	1,41	1,88	3,74	9,12	17,5	25,4

**Коэффициент  $K_{доз}$  для определения дозы излучения по значению  
мощности дозы на 1 час после аварии (реактор типа ВВЭР,  
кампания 3 года,  $t_{нач}$  – время начала облучения)**

$t_{нач}$		Продолжительность пребывания в зоне загрязнения											
		Ч а с ы							С у т к и				
		1	2	3	5	6	9	18	1	2	5	10	15
Ч а с ы	1	0,90	1,68	2,39	3,66	4,24	5,83	9,78	12,0	19,3	34,5	52,0	65,4
	2	0,78	1,49	2,14	3,33	3,88	5,41	9,27	11,4	18,6	33,8	51,3	64,6
	3	0,70	1,36	1,97	3,10	3,63	5,11	8,87	11,0	18,1	33,2	50,6	63,9
	5	0,61	1,19	1,74	2,78	3,27	4,65	8,25	10,3	17,3	32,2	49,5	62,7
	6	0,57	1,13	1,66	2,66	3,13	4,48	8,00	10,0	16,9	31,7	49,0	62,2
	7	0,55	1,08	1,59	2,55	3,01	4,32	7,77	9,80	16,6	31,3	48,5	61,7
	9	0,50	0,99	1,47	2,38	2,82	4,06	7,39	9,36	16,0	30,6	47,7	60,9
	12	0,46	0,90	1,34	2,18	2,59	3,76	6,92	8,81	15,3	29,6	46,6	59,7
	15	0,42	0,84	1,24	2,03	2,41	3,52	6,54	8,36	14,6	28,8	45,6	58,6
	18	0,39	0,78	1,16	1,91	2,27	3,32	6,22	7,98	14,1	28,0	44,7	57,7
С у т к и	1	0,35	0,70	1,05	1,72	2,05	3,02	5,71	7,37	13,2	26,7	43,2	56,0
	2	0,26	0,53	0,79	1,31	1,57	2,32	4,49	5,86	10,8	23,1	38,6	50,9
	3	0,22	0,44	0,66	1,10	1,32	1,96	3,83	5,02	9,48	20,7	35,4	47,3
	5	0,17	0,35	0,52	0,87	1,04	1,56	3,06	4,04	7,77	17,5	30,9	42,0
	10	0,12	0,24	0,37	0,61	0,74	1,11	2,20	2,91	5,69	13,3	24,4	34,1
	15	0,10	0,20	0,30	0,50	0,60	0,89	1,78	2,36	4,66	11,1	20,7	29,3
	30	0,06	0,13	0,20	0,33	0,40	0,61	1,21	1,61	3,20	7,80	14,9	21,6

Т а б л и ц а П. 5.15

**Средние значения кратности ослабления излучения  
от зараженной местности**

Укрытия	$K_{осл}$
Открытая местность	1
Дезактивированные (недезактивированные) открытые щели, траншеи, окопы	20(3)
Перекрытые щели	40
Убежища	1000
Дома:	
деревянные одноэтажные	3
каменные:	
одноэтажные	10
двухэтажные	20
трехэтажные	40
многоэтажные	70
Автобусы, автомобили	2
Бронетранспортеры	4
Танки	10

Т а б л и ц а П. 5.16

**Толщина слоя половинного ослабления для гамма-излучения  
радиоактивного загрязнения местности, см**

Вода	13
Глина	6,3
Известняк	4,8
Сталь	1,8
Свинец	1,2
Грунт	9,2
Бетон	5,6
Древесина	19
Кирпич	8,2

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Т а б л и ц а П. 6.1

## Коэффициенты эквивалентности АХОВ к хлору и поправочные коэффициенты к глубине и площади зоны заражения

№ п/п	Наименование АХОВ	$K_{экв}^*$	Поправочные коэффициенты к глубине и площади зоны заражения ( $K_z / K_s$ )		
			Температура воздуха		
			-20 °С	0 °С	+40 °С
1	Хлор	1**	0,5/0,25	0,8/0,64	1,2/1,4
		1	1	1	1
2	Азотная кислота (концентрированная)	0***	0	0	0
		21	0,3/0,09	0,5/0,26	1,7/2,9
3	Аммиак	25	0,5/0,25	0,8/0,64	1,2/1,4
		25	1	1	1
4	Ацетонитрил	0	0	0	0
		150	0,3/0,09	0,6/0,36	1,6/2,5
5	Ацетонциангидрин	0	0	0	0
		250	0	1	1
6	Водород хлористый	1,65	0,8/0,64	0,9/0,8	1,1/1,2
		3,7	1	1	1
7	Водород фтористый	500	0	0	0
		7,8	0,4/0,16	0,7/0,5	1
8	Водород цианистый	0	0	0	0
		1,5	0	0,6/0,36	1,1/1,2
9	Диметиламин	40	0	0	1,6/2,6
		7,1	0,5/0,25	0,9/0,8	1
10	Метиламин	25	0	0,5/0,25	1,3/1,7
		7,8	0,7/0,05	1	1
11	Метил бромистый	800	0	0	1,5/2,3
		165	0,6/0,36	0,9/0,8	1
12	Метил хлористый	165	0,3/0,09	0,7/0,5	1,2/1,4
		165	1	1	1
13	Нитрил акриловой кислоты	0	0	0	0
		3,7	0,3/0,09	0,6/0,36	0,6/2,6

Окончание табл. П. 6.1

№ п/п	Наименование АХОВ	$K_{эkv}^*$	Поправочные коэффициенты к глубине и площади зоны заражения ( $K_z / K_s$ )		
			Температура воздуха		
			-20 °С	0 °С	+40 °С
14	Окись этилена	370	0	0	1,8/3,2
		70	0,5/0,25	0,8/0,64	1
15	Сернистый ангидрид	10	0	0,6/0,36	1,3/1,7
		35	0,8/0,64	1	1
16	Сероводород	20	0,7/0,5	0,9/0,8	1,2/1,4
		28	1	1	1
17	Сероуглерод	0	0	0	0
		350	0,4/0,16	0,6/0,36	1,4/2,0
18	Соляная кислота	0	0	0	0
		7,0	0,3/0,09	0,6/0,36	1,7/2,9
19	Формальдегид	1,2	0	0,7/0,5	1,2/1,4
		1	1	1	1
20	Фосген	3,6	0	0	1,6/2,6
		1	0,5/0,25	0,9/0,8	1
21	Хлорпикрин	0	0	0	0
		0,52	0,3/0,09	0,6/0,36	1,7/2,9

Примечания. 1. \*  $K_{эkv}$  – коэффициент эквивалентности аварийно химически опасного вещества к хлору при температуре +20 °С.

2. \*\* В числителе – для первичного, в знаменателе – для вторичного облака зараженного воздуха.

3. \*\*\*  $K_{эkv} = 0$  означает, что  $Q_{эkv} = 0$ .

**Степень вертикальной устойчивости воздуха**

Скорость ветра по прогнозу, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	я	с	я	с	я	с	я	с
<2	ин	из	из (ин)	из	к (из)	из	ин	из
2-4	ин	из	из (ин)	из	к (из)	из	из (ин)	из
>4	из	из	из	из	из	из	из	из

Примечания. 1. Обозначения: «я» – ясно, переменная облачность; «с» – сплошная облачность; «из» – изотермия; «ин» – инверсия; «к» – конвекция, в скобках – при снежном покрове.

2. «Утро» – период времени, равный 2-м часам после восхода Солнца, «вечер» период времени, равный 2-м часам после захода Солнца. Промежутки времени между «утром» и «вечером» и между «вечером» и «утром» – соответственно «день» и «ночь».

**Глубина и площадь заражения при аварийном выбросе (выливе)  
хлора (свободный разлив)**

Скорость ветра, м/с	Глубина (км) /площадь заражения (км <sup>2</sup> ) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т					
	0,3	1	5	10	50	100
<b>И Н В Е Р С И Я</b>						
1	0,88/0,045	1,74/0,2	4,44/1,56	6,71/3,87	17,5/33,5	20,0/42,7
	2,40/0,5	4,8/2,1	12,5/13,6	19,1/31,8	20,0/42,7	20,0/42,7
2	0,61/0,017	1,12/0,66	2,6/0,44	3,9/1,05	10,1/8,3	15,3/20,8
	1,58/0,21	3,02/0,75	7,53/4,69	11,3/10,5	29,6/72,5	40,0/171
3	0,50/0,01	0,92/0,04	2,05/0,22	2,98/0,51	7,4/3,8	11,1/9,4
	1,32/0,14	2,41/0,46	5,75/2,64	8,53/5,80	21,8/38,1	33,1/87,3
4	0,43/0,01	0,79/0,026	1,77/0,15	2,51/0,33	6,02/2,3	9,0/5,56
	1,16/0,10	2,12/0,35	4,84/1,81	7,10/3,90	17,8/24,6	26,8/55,7
<b>К О Н В Е К Ц И Я</b>						
1	0,25/0,007	0,45/0,038	1,04/0,17	1,55/0,41	3,93/3,23	5,9/8,0
	0,62/0,1	1,16/0,34	2,85/2,05	4,26/4,57	11,0/30,8	16,9/71,4
2	0,17/0,003	0,32/0,01	0,71/0,07	1,01/0,14	2,37/0,92	3,51/2,2
	0,45/0,05	0,82/0,16	1,84/0,81	2,69/1,74	6,7/10,7	10,0/23,9

Скорость ветра, м/с	Глубина (км) /площадь заражения (км <sup>2</sup> ) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т					
	0,3	1	5	10	50	100
	<b>К О Н В Е К Ц И Я</b>					
3	0,14/0,002	0,26/0,006	0,58/0,04	0,82/0,08	1,8/0,5	2,6/1,1
	0,37/0,03	0,68/0,10	1,53/0,54	2,17/1,09	5,12/6,08	7,57/13,2
4	0,12/0,001	0,22/0,004	0,5/0,03	0,71/0,06	1,6/0,34	2,2/0,7
	0,33/0,02	0,6/0,08	1,35/0,4	1,9/0,81	4,3/4,2	6,3/9,0
<b>И З О Т Е Р М И Я</b>						
1	0,41/0,01	0,76/0,04	1,88/0,29	2,81/0,7	7,29/5,7	11,1/14,3
	1,06/0,12	2,06/0,47	5,22/3,0	7,87/6,82	20,8/52,88	24,0/78,3
3	0,24/0,002	0,43/0,01	0,98/0,05	1,38/0,11	3,22/0,75	4,77/1,79
	0,63/0,04	1,15/0,13	2,59/0,67	3,74/1,42	9,22/8,65	13,8/19,7
5	0,18/0,001	0,34/0,005	0,76/0,03	1,07/0,06	2,4/0,36	3,4/0,77
	0,50/0,024	0,91/0,08	2,07/0,4	2,9/0,81	6,71/4,32	9,86/9,3
7	0,15/0,001	0,28/0,003	0,64/0,02	0,9/0,04	2,03/0,23	2,87/0,5
	0,45/0,017	0,79/0,058	1,77/0,29	2,5/0,58	5,6/2,9	8,08/6,0
9	0,14/0,001	0,25/0,002	0,56/0,01	0,8/0,03	1,79/0,16	2,56/0,36
	0,39/0,013	0,71/0,045	1,59/0,22	2,24/0,45	5,02/2,25	7,11/4,5
11	0,12/0,001	0,22/0,002	0,51/0,01	0,72/0,02	1,62/0,12	2,29/0,27
	0,35/0,01	0,65/0,037	1,45/0,18	2,06/0,37	4,61/1,84	6,52/3,69
13	0,11/0,00	0,21/0,001	0,47/0,01	0,66/0,02	1,49/0,1	2,11/0,22
	0,33/0,001	0,6/0,031	1,35/0,15	1,91/0,31	4,29/1,56	6,07/3,13
15	0,1/0,00	0,19/0,001	0,43/0,007	0,62/0,01	1,38/0,08	1,96/0,18
	0,3/0,01	0,57/0,027	1,27/0,13	1,8/0,27	4,03/1,53	5,71/2,7

Т а б л и ц а П. 6.4

**Глубина и площадь заражения при аварийном выбросе (выливе)  
хлора (разлив в поддон)**

Скорость ветра, м/с	Глубина (км) /площадь заражения (км <sup>2</sup> ) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т					
	0,3	1	5	10	50	100
	<b>И Н В Е Р С И Я</b>					
1	0,88/0,04	1,74/0,2	4,44/1,56	6,7/3,87	17,9/33,5	20,0/42,7
	1,25/0,16	2,48/0,62	6,31/4,03	9,5/9,19	20,0/42,7	20,0/42,7
2	0,61/0,01	1,12/0,06	2,66/0,44	3,9/1,06	10,1/8,3	15,3/20,8
	0,92/0,08	1,68/0,28	3,99/1,61	5,9/3,56	15,2/23,3	23,0/53,5

Скорость ветра, м/с	Глубина (км) /площадь заражения (км <sup>2</sup> ) первичным (в числителе) и вторичным (в знаменателе) облаком при аварийных выбросах, т					
	0,3	1	5	10	50	100
<b>ИНВЕРСИЯ</b>						
3	0,5/0,01	0,91/0,04	2,05/0,22	2,9/0,51	7,4/3,8	11,1/9,4
	0,81/0,06	1,48/0,22	3,31/1,1	4,8/2,38	12,1/15,0	18,2/33,8
4	0,43/0,01	0,79/0,02	1,77/0,15	2,5/0,33	6,0/2,3	9,0/5,5
	0,74/0,05	1,36/0,19	3,05/0,94	4,3/1,89	10,6/11,4	15,8/25,4
<b>КОНВЕКЦИЯ</b>						
1	0,24/0,01	0,45/0,027	1,04/0,17	1,54/0,41	3,9/3,2	5,9/7,99
	0,35/0,04	0,64/0,123	1,49/0,65	2,2/1,42	5,5/9,1	8,1/20,79
2	0,17/0,00	0,32/0,011	0,71/0,06	1,02/0,14	2,3/0,9	3,5/2,2
	0,26/0,02	0,47/0,07	1,07/0,33	1,51/0,67	3,5/3,7	5,2/8,14
3	0,14/0,00	0,26/0,006	0,58/0,04	0,82/0,08	1,8/0,5	2,6/1,1
	0,23/0,02	0,42/0,052	0,94/0,26	1,33/0,52	2,9/2,6	4,3/5,5
4	0,12/0,00	0,22/0,004	0,5/0,027	0,71/0,06	1,6/0,3	2,2/0,7
	0,21/0,01	0,38/0,044	0,87/0,22	1,23/0,44	2,7/2,2	3,8/4,4
<b>ИЗОТЕРМИЯ</b>						
1	0,41/0,01	0,76/0,04	1,88/0,3	2,8/0,7	7,3/5,7	11,1/14,3
	0,59/0,04	1,08/0,15	2,68/0,9	4,0/2,06	10,3/13,8	15,7/31,8
3	0,24/0,002	0,43/0,01	0,98/0,05	1,4/0,12	3,2/0,75	4,7/1,8
	0,38/0,02	0,7/0,065	1,58/0,32	2,2/0,65	5,2/3,5	7,7/7,8
5	0,18/0,001	0,34/0,005	0,76/0,03	1,0/0,06	2,4/0,4	3,4/0,77
	0,33/0,01	0,61/0,05	1,38/0,24	1,9/0,49	4,3/2,4	6,2/5,06
7	0,15/0,001	0,28/0,003	0,64/0,02	0,9/0,04	2,0/0,2	2,8/0,5
	0,31/0,01	0,57/0,04	1,28/0,21	1,8/0,42	4,0/2,1	5,7/4,23
9	0,13/0,001	0,25/0,002	0,56/0,01	0,8/0,03	1,7/0,16	2,5/0,36
	0,29/0,01	0,54/0,04	1,22/0,19	1,7/0,38	3,8/1,9	5,4/3,8
11	0,12/0,001	0,22/0,002	0,51/0,01	0,7/0,02	1,6/0,12	2,2/0,27
	0,28/0,01	0,52/0,035	1,17/0,18	1,6/0,35	3,7/1,8	5,2/3,5
13	0,11/0,00	0,21/0,001	0,47/0,01	0,6/0,02	1,5/0,1	2,1/0,22
	0,27/0,009	0,49/0,03	1,11/0,15	1,5/0,31	3,5/1,56	4,9/3,1
15	0,1/0,00	0,19/0,001	0,43/0,007	0,6/0,01	1,4/0,09	1,9/0,2
	0,25/0,008	0,46/0,03	1,04/0,13	1,5/0,27	3,3/1,35	4,6/2,7



**Угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ  
в зависимости от скорости ветра**

Скорость ветра, м/с	<0,6	0,6...1,0	1,1...2,0	>2,0
Угловой размер $\varphi$ , град	360	180	90	45

**Значения коэффициента  $\alpha$  для расчета площади химического заражения**

$\Gamma_{нас} / \Gamma$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5...1,0
$\alpha$	0,3	0,5	0,75	0,85	0,93	1,0

Примечание:  $\Gamma_{нас} / \Gamma$  – отношение части глубины зоны заражения, приходящейся на населенный пункт, к максимальной глубине зоны заражения.

**Значения коэффициента  $K_v$ .**

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	8	10	12	15
$K_v$	1	0,75	0,6	0,5	0,43	0,3	0,25	0,22	0,18

**Коэффициент защищенности  $K_{защ}$  производственного персонала  
(населения) от хлора (АХОВ) для различных условий**

Место пребывания или применяемые средства защиты	Время пребывания, час				
	0,25	0,5	1	2	3-4
Открыто на местности	0	0	0	0	0
В транспорте	0,95	0,75	0,41	0	0
В производственных помещениях с коэффициентом кратности воздухообмена:	0,5	0,97	0,87	0,68	0,38
	1,0	0,67	0,52	0,30	0
	2,0	0,18	0,08	0,04	0
В убежищах:	с режимом регенерации воздуха	1	1	1	1
	без режима регенерации воздуха	1	1	1	1
В промышленных противогасах	0,95	0,8	0,5	0	0
В жилых зданиях	0,97	0,92	0,80	0,38	0,09
В гражданских противогасах дальше 100 м от источника	0,7	0,7	0,7	0,7	0

Т а б л и ц а П. 6.9

**Средние значения коэффициентов защищенности  $K_{защ}$  городского и сельского населения с учетом его пребывания в жилых и производственных зданиях, транспорте и открыто на местности**

Время суток, час	Городское население				Сельское население			
	Время, прошедшее после начала воздействия АХОВ							
	30мин	1 час	2 час	4 час	30 мин	1 час	2 час	3-4 час
<b>А. Население не оповещено об опасности</b>								
1-6	0,89	0,76	0,36	0,09	0,69/0,84	0,60/0,72	0,28/0,33	0,07/0,10
6-7	0,72	0,64	0,29	0,07	0,37/0,57	0,32/0,48	0,15/0,23	0,10/0,16
7-10	0,54	0,35	0,13	0,02	0,23/0,23	0,20/0,20	0,10/0,10	0,02/0,02
10-13	0,58	0,37	0,15	0,03	0,18/0,18	0,16/0,16	0,08/0,08	0,02/0,02
13-15	0,64	0,47	0,20	0,04	0,14/0,23	0,12/0,20	0,06/0,10	0,02/0,02
15-17	0,58	0,37	0,15	0,03	0,14/0,46	0,12/0,40	0,06/0,19	0,02/0,05
17-19	0,62	0,47	0,19	0,04	0,18/0,57	0,16/0,48	0,08/0,23	0,02/0,05
19-1	0,82	0,67	0,3	0,07	0,46/0,73	0,40/0,64	0,19/0,30	0,05/0,07
<b>Б. Население оповещено об опасности</b>								
1-6	0,89	0,20	0,36	0,09	0,73/0,85	0,64/0,74	0,30/0,35	0,08/0,09
6-7	0,87	0,74	0,65	0,10	0,48/0,77	0,42/0,67	0,21/0,20	0,07/0,08
7-10	0,68	0,49	0,22	0,06	0,37/0,37	0,32/0,32	0,15/0,15	0,04/0,04
10-13	0,67	0,47	0,21	0,04	0,31/0,31	0,27/0,27	0,13/0,13	0,13/0,13
13-15	0,74	0,56	0,25	0,05	0,30/0,37	0,26/0,32	0,12/0,15	0,03/0,04
15-17	0,69	0,49	0,22	0,04	0,30/0,57	0,26/0,48	0,12/0,23	0,05/0,05
17-19	0,78	0,63	0,28	0,06	0,38/0,62	0,29/0,55	0,14/0,26	0,03/0,04
19-1	0,85	0,71	0,34	0,09	0,57/0,77	0,48/0,57	0,23/0,32	0,07/0,06

Примечания. 1. Для сельского населения в числителе указано значение  $K_{защ}$  на период сельскохозяйственных работ, в знаменателе – на зимний период.

2. При определении количества пораженных от первичного облака используется  $K_{защ}$  на 30 минут.

Т а б л и ц а П. 6.10

**Характеристика структуры пораженных, %**

Наименование АХОВ	Характер поражений			
	Смертельные	Тяжелые и средние	Легкие	Пороговые
Хлор	10	15	20	55

## Сигналы оповещения гражданской обороны

**«ВОЗДУШНАЯ ТРЕВОГА»** оповещает о непосредственной опасности поражения противником данного населенного пункта. По радиотрансляционной сети в течение 2-3 минут передается текст: “Внимание! Внимание! Граждане! Воздушная тревога! Воздушная тревога!” Это сообщение сопровождается звуком сирен, гудками предприятий и транспортных средств.

*Действия по сигналу.* На предприятиях в соответствии с установленной инструкцией останавливается производство. Персонал и население укрываются в защитных сооружениях.

**«ОТБОЙ ВОЗДУШНОЙ ТРЕВОГИ»** оповещает о том, что опасность миновала. Передается: “Внимание! Внимание граждане! Отбой воздушной тревоги! Отбой воздушной тревоги!”

*Действия по сигналу.* Население может покинуть убежища, на предприятиях может быть продолжен производственный процесс.

**«РАДИАЦИОННАЯ ОПАСНОСТЬ»** оповещает об угрозе радиоактивного заражения. Передается по каналам радио и телевизионного вещания, через местные радиовещательные станции.

*Действия по сигналу.* Необходимо надеть респиратор, противопыльную тканевую маску или ватно-марлевую повязку, а при их отсутствии – противогаз, взять документы, подготовленный запас продуктов, индивидуальные средства медицинской защиты, предметы первой необходимости и укрыться в убежище, противорадиационном или простейшем укрытии. Персонал на предприятии действует в соответствии с инструкцией.

О том, что опасность миновала и о порядке дальнейших действий распоряжение поступает по тем же каналам связи и оповещения, что и сигнал оповещения «Радиационная опасность».

**«ХИМИЧЕСКАЯ ТРЕВОГА»** оповещает об угрозе химического и бактериологического (биологического) заражения. Передается по каналам радио и телевизионного вещания, через местные радиовещательные станции.

*Действия по сигналу.* Необходимо немедленно надеть противогаз, а в случае необходимости – и средства защиты кожи, и укрыться в защитном сооружении или здании. Персонал на предприятии действует в соответствии с инструкцией.

О том, что опасность миновала и о порядке дальнейших действий распоряжение поступает по тем же каналам связи и оповещения, что и сигнал опове-

щения «Химическая тревога».

