

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова**

Радиационная и химическая защита

Учебное пособие



**Белгород
2011**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

Радиационная и химическая защита

*Допущено Учебно-методическим объединением вузов по университетскому
политехническому образованию в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений, обучающихся
по направлению 280100 «Безопасность жизнедеятельности»*

Белгород
2011

УДК 614.8:519.6

ББК 68.9:22.19

P15

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор Национального
исследовательского университета «БелГУ» *С.В. Сергеев*;

Кандидат технических наук, профессор Белгородского юридического
института МВД РФ *Ю.А. Печунов*

Радиационная и химическая защита: учеб. пособие /
P15 В. С. Добровольский, В. Ю. Радоуцкий, В.Г. Шаптала,
Ю. В. Ветрова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – 158 с.

ISBN 978-5-361-00158-3

В учебном пособии рассматриваются основные источники радиационных и химически опасных объектов и возможные чрезвычайные ситуации при авариях и катастрофах на этих объектах, причины чрезвычайных ситуаций и зон их возможного распространения. Дана подробная характеристика ядерного, химического оружия вероятного противника, способы применения, а также характеристики поражающих факторов этого оружия, средств индивидуальной и коллективной защиты от поражающих факторов для спасателей и населения.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 280100 «Безопасность жизнедеятельности».

УДК 614.8:519.6

ББК 68.9:22.19

ISBN 978-5-361-00158-3

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2011

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Радиационная защита населения.....	5
1.1. Общая характеристика ионизирующих излучений.....	5
1.2. Радиационная безопасность и защита населения.....	15
1.3. Приборы, системы и средства радиационного контроля.....	31
1.4. Выявление и прогнозирование радиационной обстановки	38
1.5. Йодная профилактика в системе радиационной защиты населения	55
Глава 2. Химическая защита населения	64
2.1. Общая характеристика отравляющих веществ.....	64
2.2. Общая характеристика аварийно химически опасных веществ.....	70
2.3. Краткая характеристика химически опасных объектов.....	78
2.4. Характер химических аварий и масштабы их последствий	80
2.5. Выявление и оценка химической обстановки	87
2.6. Химическая защита населения.....	97
Глава 3. Средства индивидуальной защиты населения	108
3.1. Предназначение и классификация средств индивидуальной защиты	108
3.2. Средства индивидуальной защиты органов дыхания	109
3.3. Средства защиты кожи	138
3.4. Медицинские средства индивидуальной защиты	148
Заключение	154
Библиографический список.....	155

ВВЕДЕНИЕ

В условиях возникновения чрезвычайных ситуаций военного и мирного времени, возможно, формирование факторов, вызывающих радиационные и химические поражения.

Чем опасны эти факторы, какие средства защищают от их воздействия, какова организация защиты? Ответы на все вопросы должен знать специалист в области защиты в чрезвычайных ситуациях. И такие ответы дает дисциплина «Радиационная и химическая защита». Данная книга является учебным пособием по этой дисциплине.

Пособие разбито на три главы.

В первой и второй главах рассматриваются основные источники радиационных и химических опасностей мирного времени. Даны характеристики радиационно- и химически опасным объектам, характеристики зон поражения при возникновении на них аварийных ситуаций, а также основы химического и ядерного оружия. Рассмотрены характеристики аварийно химически опасных веществ, боевых токсичных химических веществ и вызываемых ими болезней. Проанализированы поражающие факторы ядерного взрыва. Приведены основы выявления и прогнозирования радиационной и химической обстановки.

В третьей главе приведены средства индивидуальной и коллективной защиты при нахождении в зонах поражающих факторов радиационного и химического заражения.

Глава 1. РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ

1.1. Общая характеристика ионизирующих излучений

Одной из актуальнейших проблем обеспечения устойчивого развития и безопасности России в современных условиях является обеспечение радиационной безопасности и защиты населения.

Важность и сложность решения данной проблемы обусловлена негативным влиянием целого ряда факторов, в том числе:

- наличием на территории Российской Федерации значительного количества организаций, учреждений и предприятий (более 1200 объектов), использующих в научно-производственном процессе ядерные материалы, радиоактивные вещества и изделия из них. В одном только городе Москве находится 20 организаций, учреждений и предприятий федерального подчинения, входящих в Перечень ядерных и радиационно-опасных объектов;

- моральным устареванием и физическим износом оборудования и механизмов существующих инженерных систем защиты и жизнеобеспечения у большинства ядерных и радиационно-опасных объектов;

- тяжестью для населения и территорий последствий возникновения чрезвычайных ситуаций на ядерных и радиационно-опасных объектах;

- общим падением за последние десятилетия уровня профессиональной подготовленности, технологической, исполнительской и трудовой дисциплины всех уровней работников и руководителей, занятых в сфере эксплуатации и обеспечения безопасности ядерных и радиационно-опасных объектов;

- снижением объемов финансирования всех отраслей экономики в том числе и ядерных и радиационно-опасных объектов;

- возрастанием с учетом влияния указанных факторов опасностей и угроз возникновения чрезвычайных ситуаций на ядерных и радиационно-опасных объектах, требующих в целях предупреждения таких ситуаций выработки и реализации единой государственной политики и четкой системы мер и действий по обеспечению радиационной безопасности и защиты населения.

Среди поражающих факторов ядерного взрыва (аварии на радиационно-опасном объекте) особое место занимают проникающее (ионизирующее) излучение и радиоактивное загрязнение (заражение).

Под ионизирующим излучением понимается любое излучение, вызывающее ионизацию среды, то есть протекание в этой среде, в том числе и в организме человека электрических токов, оказывающих неблагоприятное физиологическое воздействие на человека и животных, связанное с разрушением живых клеток их организма, изменение состава крови, которое может привести к тяжелым заболеваниям и даже смерти.

По своей природе ионизирующее излучение делят на два вида:

- коротковолновое электромагнитное излучение – рентгеновское и гамма-излучение;
- корпускулярное излучение, представляющее собой потоки электронов (альфа-частиц, бета-частиц), протонов, нейтронов, фотонов, тяжелых ионов и др.

Для оценки влияния ионизирующих излучений на организм человека (животных) наибольшее значение имеют две их характеристики – ионизирующая и проникающая способность.

Альфа-излучение представляет собой корпускулярное излучение, состоящее из альфа-частиц (ядер гелия с двумя положительными зарядами), испускаемых при ядерных превращениях. Ионизирующая способность альфа-излучения в воздухе характеризуется в среднем 30 000 пар ионов на 1 см пробега. Проникающая способность излучения невелика и составляет в воздухе около 10 см, а в жидких и твердых телах не превышает сотых долей миллиметра. Поскольку альфа-излучение обладает наибольшей ионизирующей, но наименьшей проникающей способностью, внешнее облучение альфа-частицами практически безвредно, но попадание этих частиц внутрь организма весьма опасно.

Бета-излучение представляет собой корпускулярное излучение, состоящее из электронов с зарядом (-1), испускаемых при ядерных превращениях. Ионизирующая способность бета-излучения невелика и составляет в воздухе от 40 до 150 пар ионов на 1 см пробега. Проникающая способность бета-излучения значительно выше, чем у альфа-излучения. Она достигает в воздухе 20 м, в воде и живых тканях – до 3 см, в металле – до 1 см. На практике бета-частицы почти полностью поглощаются оконными или автомобильными стеклами и металлическими экранами толщиной в несколько миллиметров. Ткань обмундирования поглощает до 50% бета-частиц. При внешнем облучении внутрь организма на глубину около 1 мм проникает 20–25% бета-частиц. Поэтому внешнее облучение бета-частицами

представляет серьезную опасность лишь при попадании радиоактивных веществ непосредственно на кожу (особенно на глаза) или же внутрь организма.

Протонное излучение представляет собой корпускулярное излучение, состоящее из протонов с зарядом (+ 1), испускаемых при ядерных превращениях.

Нейтронное излучение представляет собой корпускулярное излучение, состоящее из незаряженных тепловых, промежуточных или быстрых нейтронов, испускаемых при ядерных превращениях.

Фотонное излучение представляет собой ионизирующее излучение, состоящее из частиц с массой покоя, равной нулю, испускаемое при ядерных превращениях или аннигиляции частиц (взаимоуничтожении частиц и античастиц с переходом их в другой вид материи). Имеет электромагнитную природу.

Тормозное излучение представляет собой непрерывное фотонное излучение, возникающее при изменении кинетической энергии заряженных частиц. Отмечается в среде, окружающей источник бета-излучений, в рентгеновских трубках, ускорителях электронов и др.

Характеристическое излучение представляет собой дискретное (прерывистое) фотонное излучение, испускаемое при изменении энергетического состояния отдельных атомов вещества.

Рентгеновское излучение представляет собой совокупность тормозного и характеристического излучений, при которой диапазон энергии фотонов составляет 1–1000 кэВ.

Гамма-излучение представляет собой фотонное излучение, испускаемое при ядерных превращениях, торможении микрочастиц в веществе, аннигиляции и распаде частиц. Гамма-излучение принято рассматривать как поток частиц гамма-квантов, как правило, сопровождает бета-распад, реже альфа-распад. По своей природе гамма-излучение подобно рентгеновскому, но обладает значительно большей энергией (меньшей длиной волны). Гамма-излучение испускается отдельными порциями (квантами) и распространяется со скоростью света. Гамма-кванты не имеют электрического заряда. Поэтому ионизирующая способность гамма-излучения значительно меньше, чем у бета-частиц и тем более у альфа-частиц. Ионизирующая способность гамма-излучения в воздухе несколько пар ионов на 1 см пути. Проникающая способность в 50–100 раз больше проникающей способности бета-излучения и составляет в воздухе сотни метров. Для ослабления энергии гамма-излучения в 2 раза необходим слой вещества (слой половинного ослабления) толщиной: для воды – 23 см,

для дерева – 30 см, для стали – около 3 см. Из-за наибольшей проникающей способности гамма-излучение является важнейшим фактором поражающего действия радиоактивных излучений при внешнем облучении.

Радиоактивное излучение, образующееся непосредственно при ядерном взрыве, называется проникающей радиацией и представляет собой поток гамма-лучей и нейтронов, распространяющихся из зоны ядерной реакции. Проникающая радиация обладает большой интенсивностью, но действует лишь первые 10–15 с после взрыва.

Радиоактивное заражение местности происходит как в районе взрыва, так и по следу движения радиоактивного облака. Источниками радиоактивного заражения местности являются: продукты деления (осколки) ядерного взрывчатого вещества, выпадающего на землю; непрореагировавшая во время взрыва и выпавшая на землю часть ядерного горючего; искусственные радиоактивные элементы (изотопы), образующиеся в поверхностном слое земли и других предметах под воздействием потока нейтронов (наведенная радиоактивность).

Продукты деления и искусственные радиоактивные изотопы испускают главным образом гамма- и бета-излучения, а не прореагировавшая часть ядерного заряда – альфа-излучение. В отличие от проникающей радиации, радиоактивные излучения на зараженной местности действуют в течение длительного времени (несколько часов, суток и т.д.).

Для ионизации среды необходима энергия. Энергию излучения, которая расходуется на ионизацию, измеряют во внесистемных единицах, производных от единицы энергии джоуль (Дж), которая называется электрон-вольт (эВ). Энергию в 1 эВ приобретает электрон с зарядом (-1) при прохождении ускоряющей разности потенциалов в 1 В.

$$1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 3,8 \cdot 10^{-20} \text{ кал}$$

Мерой самой ионизации, по определению, является ионизирующая способность излучения, которая должна иметь размерность количества электричества, отнесенного к единице массы ионизируемой среды, т.е. кулон, деленный на килограмм (Кл/кг). Таким образом, мерой ионизации или облучения (воздействия ионизирующего излучения на вещество) является показатель, характеризующий величину появившихся под действием излучения зарядов электричества в

единице массы вещества. Этот показатель называют экспозиционной дозой, измеряемой во внесистемных единицах – рентгенах (Р).

Один рентген – мера экспозиционной дозы ионизирующего излучения, под действием которого в облучаемой среде (1 см^3 сухого воздуха при температуре 0°C и давлении 760 мм рт. ст.) возникает одна электростатическая единица электричества (э.с.э.). 1 э.с.э. определили, когда в нашей стране была принята система единиц СГС, в которой мерой количества электричества была принята 1 э.с.э., эквивалентная $2,08 \cdot 10^9$ зарядам пар ионов, так как заряд одного иона в системе СГС равен $4,8 \cdot 10^{-10}$ э.с.э. После пересчета 1 см^3 воздуха в килограммы массы и 1 э.с.э. в кулоны получим соотношение $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$. На генерацию такого количества электричества необходимо затратить 0,0088 Дж/кг энергии. Эту величину называют энергетическим эквивалентом 1 рентгена (э.э.р.).

Энергетический эквивалент рентгена можно выразить в радах (рад).

1 э.э.р. = 0,88 рад, или $0,0144 \text{ Дж/кг} = 1,14 \text{ э.э.р.} = 1 \text{ рад}$.

Приращение экспозиционной дозы в единицу времени характеризуется мощностью экспозиционной дозы, выражаемой в амперах на килограмм ($1 \text{ А/кг} = 3876 \text{ Р/с}$).

Важной характеристикой источника ионизирующего излучения является активность источника, равная числу самопроизвольных ядерных превращений в этом источнике за определенный интервал времени. Единица активности беккерель (Бк), равна 1 ядерному превращению (распаду) за 1 с. Единицу, равную $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк, называют кюри (Ки), что соответствует активности 1 г радия. На практике используют удельную активность (Бк/кг; Ки/кг), объемную (Бк/л; Ки/л), а также активность, отнесенную к площади (Бк/м²; Ки/км²).

Степень тяжести радиационного поражения главным образом зависит от дозы излучения (поглощенной дозы), выражаемой в Грехах, соответствующих энергии 1 Дж ионизирующего излучения любого вида, поглощенной единицей массы в 1 кг. При одинаковых условиях облучения доза облучения (поглощенная доза) зависит от состава вещества. Поглощенная доза нарушает физиологические процессы в организме и приводит в ряде случаев к лучевой болезни различной степени тяжести.

Если организм подвергается воздействию различных видов излучения, применяют понятие эквивалентной дозы ($H_{T,R}$), под которым понимают поглощенную дозу в органе или ткани,

умноженную на соответствующий коэффициент качества для данного излучения, т.е.

$$H_{T,R} = k_R \cdot D_{T,R}, \quad (1.1)$$

где k_R – коэффициент качества для излучения вида R ;

$D_{T,R}$ – средняя поглощенная доза в органе или ткани T .

Коэффициент качества – коэффициент для учета биологической эффективности разных видов ионизирующих излучений при определении эквивалентной дозы.

Если поток излучения состоит из нескольких видов излучений с различными величинами взвешивающих коэффициентов (W_R), то эквивалентная доза в органе или ткани определяется в виде суммы эквивалентных доз от каждого вида излучения, т.е.:

$$H_{T,R} = \sum k_R \cdot D_{T,R}. \quad (1.2)$$

В системе СИ эквивалентная доза измеряется в Зивертах.

За внесистемную единицу эквивалентной дозы принят бэр (биологический эквивалент рентгена), представляющий собой поглощенную дозу любого излучения, которая вызывает тот же биологический эффект, что и 1 Р гамма-излучения. Поскольку взвешивающий коэффициент бета- и гамма-излучений равен 1, то на местности, загрязненной радиоактивными веществами, при внешнем облучении: 1 Зв = 1 Гр; 1 бэр = 1 рад; 1 рад = 1 Р. Из этого можно сделать вывод, что эквивалентная, поглощенная и экспозиционная дозы для людей, находящихся в средствах защиты на зараженной местности, практически равны.

Коэффициенты качества для отдельных видов излучений при производстве необходимых расчетов эквивалентной дозы принимаются равными:

– фотоны любых энергий.....	1
– электроны и мюоны любых энергий	1
– протоны (кроме протонов отдачи) с энергией более 2 МэВ.....	5
– альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20
– нейтроны энергией:	
менее 10 кэВ	5
от 10 кэВ до 100 кэВ.....	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 МэВ до 20 МэВ.....	10
более 20 МэВ.....	5

Существующие в настоящее время единицы измерения радиоактивности приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Единицы измерения радиоактивности

Беккерель (Бк, Bq) Кюри (Ки, Си)	1 Бк = 1 распад в 1 с 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк	Единицы активности радионуклида, представляющие собой число распадов в единицу времени
Грей (Гр, Gy) Рад (рад, rad)	1 Гр = 1 Дж/кг 1 рад = 0,01 Гр	Единицы поглощенной дозы, представляющие собой количество энергии ионизирующего излучения, поглощенного единицей массы какого-либо физического тела, например, тканями организма
Зиверт (Зв, Sv) Бэр (бер, rem) – «биологический эквивалент рентгена»	1 Зв = 1 Гр = 1 Дж/кг (для бета и гамма) 1 мкЗв = $1/1000000$ Зв 1 бер = 0,01 Зв = 10 мЗв	Единицы эквивалентной дозы, представляющие собой единицу поглощенной дозы, умноженную на коэффициент, учитывающий неодинаковую опасность разных видов ионизирующего излучения
Грей в час (Гр/ч); Зиверт в час (Зв/ч); Рентген в час (Р/ч)	1 Гр/ч = 1 Зв/ч = 100 Р/ч (для бета и гамма) 1 мкЗв/ч = 1 мкГр/ч = = 100 мкР/ч 1 мкР/ч = $1/1000000$ Р/ч	Единицы мощности дозы, представляющие собой дозу, полученную организмом за единицу времени

Мощность дозы излучения (поглощенной дозы) – приращение дозы в единицу времени. Она характеризуется скоростью накопления дозы и может увеличиваться или уменьшаться во времени. Единицей ее обозначения в системе СИ является грей в секунду (Гр/с), показывающий, что за 1 с в веществе создается доза излучения, равная 1 Гр.

На практике для оценки поглощенной дозы излучения до сих пор широко используют внесистемную единицу мощности поглощенной дозы – рад в час (рад/ч) или рад в секунду (рад/с).

Мощность эквивалентной дозы – отношение приращения эквивалентной дозы за какой-то интервал времени. Выражается в зивертах в секунду. Поскольку время пребывания человека в поле излучения при допустимых уровнях измеряется, как правило, часами, предпочтительно выражать мощность эквивалентной дозы в микрозивертах в час (мкЗв/ч).

Для сравнения тяжести возможных последствий облучения всего тела и локального облучения отдельных органов вводится понятие эффективной эквивалентной дозы.

Эффективная эквивалентная доза – сумма произведений дозы, полученной каждым органом H_i на соответствующий взвешивающий коэффициент W_T , учитывающий различную чувствительность органов к облучению. Эффективная эквивалентная доза обеспечивает сравнимость неравномерного облучения тела по степени возможных последствий, как и при равномерном облучении всего тела.

Значения взвешивающих коэффициентов W_T представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Значения весовых коэффициентов W_T в зависимости от вида облучаемого органа

Облучаемый орган	Значение
Гонады	0,20
Костный мозг (красный)	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная клетка	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Остальное	0,05

Например, доза облучения легких в 1 мЗв при W_T составляет 0,12 мЗв. Это показывает, что при равномерном облучении всего тела дозой в 0,12 мЗв тяжесть возможных последствий будет такая же, как и при облучении дозой в 1 мЗв только легких.

Коллективная эффективная доза – суммарная эффективная эквивалентная доза, полученная группой людей в N человек от какого-либо источника радиации. Измеряется в человеко-зивертах (чел-Зв). Для учета неравномерности облучения отдельных органов вводится понятие "критический орган".

Критический орган – ткань, орган или часть тела человека, облучение которых при общем неравномерном облучении может причинить наибольший ущерб здоровью данного лица или его

потомства. В порядке убывания радиочувствительности критические органы относят к I, II и III группам, для которых устанавливают различные значения основных дозовых пределов, приведенных в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Характеристика групп критических органов

Группа критических органов	Органы, ткани или части тела
I	Все тело, гонады, красный костный мозг
II	Мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, хрусталик глаза и другие органы, ткани или части тела, за исключением органов I и III групп
III	Кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы

При относительно равномерном облучении ущерб здоровью человека рассматривают по уровню облучения всего тела, что соответствует группе критических органов.

В результате облучения человека в его организме начинают происходить ответные реакции, совокупность которых называют лучевой болезнью, которая может возникнуть в результате внешнего облучения, а также при попадании радиоактивных веществ в организм человека.

Ионизирующее излучение при воздействии на организм человека может вызвать два вида эффектов:

- детерминированные (пороговые) эффекты – лучевая болезнь, лучевой ожог, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др;
- стохастические (безпороговые) эффекты – злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни.

Лучевая болезнь проявляется нарушением проницаемости сосудов, подавлением кроветворной функции, поражением центральной нервной системы, образованием опухолей, подавлением размножения некоторых клеток, мутациями и др.

При однократном облучении (минуты, часы) абсолютно летальная (через 30 дней) доза составляет порядка 6 Зв. С увеличением дозы продолжительность жизни сокращается до 3–3,5 сут, при этом дальнейшее увеличение дозы не меняет этого срока. Лишь доза в

100–200 Зв сокращает продолжительность жизни до суток. При дозах 150–250 Зв отмечаются случаи смерти «под лучом».

Эквивалентная доза в 4–5 Зв, полученная за короткое время (до месяца), при облучении всего тела, без специального лечения может привести к смертельному исходу. Однако такая же доза, полученная равномерно, в течение всей жизни, не приводит к видимым изменениям состояния человека.

Минимальная доза, вызывающая подавление детородной функции и размножения (репродукции) клеток при однократном облучении, составляет 0,05 Зв. При длительных ежедневных воздействиях облучения в 0,02–0,05 бэр наблюдаются начальные изменения в крови, при дозах порядка 0,1 бэр возможно образование опухолей.

Так как ионизирующее излучение оказывает ионизирующее действие на воздух, то при облучении малыми дозами облучаемый ощущает легкое возбуждение, легкость дыхания. При облучении средними дозами появляется металлический привкус во рту, покалывание на коже в области позвоночника. Облучение высокими дозами вызывает возбуждение, эйфорию.

Течение острой лучевой болезни начинается непосредственно с момента облучения или через 1–6 ч и продолжается от нескольких часов до двух дней. Облученный вначале возбужден, испытывает головокружение, тошноту, рвоту. Лицо у него краснеет и становится одутловатым. Кровяное давление повышается. В крови отмечается увеличение количества лейкоцитов, которое затем резко падает. Больной бледнеет, кровяное давление падает. Вслед за этим наступает период мнимого благополучия (от нескольких часов до 1–2 недель), в течение которого больной чувствует себя относительно здоровым. В третьем периоде у больного вновь отмечаются рвота, понос, переходящий в кровавый; появляются кожные кровоизлияния, кровотечения из носа, десен, развивается воспаление легких. В тяжелых случаях больной умирает.

Спустя 4–6 или более лет после перенесения острой лучевой болезни могут возникнуть различные заболевания, которые называются отдаленными последствиями облучения. К таким заболеваниям относят анемию (малокровие), лейкоз (белокровие, рак крови), нарушение детородной и защитной функций организма. При этом организм быстро стареет, могут развиваться катаракта (помутнение хрусталика глаза), злокачественные опухоли различных органов.

Весьма важными являются так называемые генетические последствия облучения, о которых судят по частоте генных мутаций у потомков. Доза, удваивающая частоту спонтанных (вызванных внутренними причинами) мутаций у человека, не превышает 1 Зв за поколение. В противном случае, хотя эта доза и не вызывает патологических изменений в организме человека, вероятность генных мутаций в половых клетках значительна.

При хроническом течении лучевой болезни от облучения небольшой дозой наиболее характерным ее признаком является нарушение функции кроветворения. Смерть в таких случаях наступает при явлениях полного подавления кроветворения (лейкемия) и развивающегося общего заражения крови.

В соответствии с заключением Международной комиссии по радиационной защите вредные эффекты у человека могут наступать при эквивалентной дозе не менее 1,5 Зв/год (150 бэр), а в случаях кратковременного облучения – при дозах выше 0,5 Зв (50 бэр). Когда облучение превышает некоторый порог, возникает лучевая болезнь. Мощность эквивалентной дозы, создаваемая естественным излучением (земного и космического происхождения), колеблется в пределах 1,5–2 мЗв/год, да плюс искусственные источники (медицина, радиоактивные осадки) от 0,3 до 0,5 мЗв/год, т.е. человек получает от 2 до 3 мЗв. Эти примерные цифры зависят от конкретных условий. По другим источникам, они выше и доходят до 5 мЗв/год.

1.2. Радиационная безопасность и защита населения

Под радиационной безопасностью понимается состояние защищенности настоящего и будущего поколения людей от вредного для здоровья воздействия ионизирующего излучения [1–3].

Главной целью радиационной безопасности является охрана здоровья граждан (работников и персонала радиационно-опасных объектов, населения и иностранных граждан) на территории Российской Федерации от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиационной безопасности без необходимых ограничений полезной деятельности при использовании излучения в различных областях хозяйства, науке и медицине.

Основными принципами обеспечения радиационной безопасности, установленными законодательством Российской Федерации [1] являются:

- неперевышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения (принцип нормирования);
- запрещение всех видов деятельности с использованием источников ионизирующего излучения, при которой полученная для человека и общества польза превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением (принцип обоснования);
- поддержание на возможно низком уровне индивидуальных доз и числа людей, получающих облучение при использовании любого источника ионизирующего излучения (принцип оптимизации).

При радиационной аварии система радиационной безопасности населения основывается на следующих принципах:

- предполагаемые мероприятия по ликвидации последствий радиационной аварии должны приносить больше пользы, чем вреда;
- виды и масштаб деятельности по ликвидации последствий радиационной аварии должны быть реализованы таким образом, чтобы польза от снижения дозы ионизирующего излучения, за исключением вреда, причиненного указанной деятельностью, была максимальной.

Радиационная безопасность обеспечивается:

- проведением комплекса мер правового, организационного, инженерно-технического, санитарно-гигиенического, медико-профилактического, образовательного и воспитательного характера;
- осуществлением органами государственной власти Российской Федерации, органами государственной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, общественными объединениями, другими юридическими лицами, гражданами мероприятий по соблюдению правил, норм и нормативов в области радиационной безопасности;
- информированием населения о радиационной обстановке и мерах по обеспечению радиационной безопасности;
- обучением населения в области радиационной безопасности.

Основу системы радиационной безопасности составляют требования Федеральных законов «О радиационной безопасности населения», «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», «О санитарно-

эпидемиологическом благополучии населения», «Об использовании атомной энергии», «Об охране окружающей природной среды», норм радиационной безопасности (НРБ–99/2009), основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОПСОРБ–99) и иных нормативных актов Российской Федерации по вопросам обеспечения радиационной безопасности, а также современных международных научных рекомендаций, опыт стран, достигших высокого уровня радиационной защиты населения и отечественный опыт.

Государственное нормирование в области радиационной безопасности осуществляется путем установления санитарных правил, норм, гигиенических нормативов, правил радиационной безопасности, государственных стандартов, строительных норм и правил, правил охраны труда, распорядительных, инструктивных, методических и иных документов по радиационной безопасности, не противоречащим требованиям законодательства Российской Федерации в области радиационной безопасности [1].

По потенциальной радиационной опасности устанавливаются четыре категории объектов [4, 5].

К 1-й категории относятся радиационные объекты, при аварии на которых возможно их радиационное воздействие на население и могут потребоваться меры по его защите.

Для объектов 2-й категории радиационное воздействие при аварии ограничивается территорией санитарно-защитной зоны.

К 3-й категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии которых ограничивается территорией объекта.

К 4-й категории относятся объекты, радиационное воздействие при аварии которых ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения.

Категория радиационных объектов устанавливается при их проектировании по согласованию с органом государственного надзора в области обеспечения радиационной безопасности.

Существующими нормами радиационной безопасности НРБ–99/2009 [2] устанавливаются следующие категории облучаемых лиц:

- категория А – персонал, профессиональные работники, постоянно или временно работающие непосредственно с источниками ионизирующих излучений;
- категория Б – ограниченная часть населения, которая не работает непосредственно с источниками излучений, но по условиям

проживания может быть подвержена облучению от источников, применяемых в учреждениях и (или) удаляемых во внешнюю среду;

- категория В – население страны или региона, кроме лиц категорий А и Б. К указанной категории относятся лица из персонала категории А и В вне сферы и условий их производственной деятельности.

Организация мероприятий в области обеспечения радиационной безопасности осуществляется в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации, медико-санитарных норм и правил [1–3], которыми регламентируются допустимые уровни радиационного воздействия на персонал и население.

Нормами радиационной безопасности НРБ–99/2009 [2] установлены основные требования к ограничению облучения персонала и населения, в соответствии с которыми:

- основные пределы доз для персонала (категория А) не должны превышать 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год. Эффективная доза облучения для указанной категории облучаемых лиц за весь период их трудовой деятельности (50 лет) не должна превышать 1000 мЗв;

- для персонала категории Б основные пределы доз и все остальные допустимые уровни облучения должны составлять не более 25% от их количественных величин, установленных для категории А;

- основные пределы доз для населения (категория В) не должны превышать 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год. Эффективная доза облучения населения за весь период жизни (70 лет) не должна превышать 70 мЗв.

При радиационной аварии или обнаружении радиоактивного загрязнения ограничение облучения населения осуществляется мероприятиями по его радиационной защите.

Радиационная защита населения представляет собой комплекс организационных, технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических и других мероприятий, направленных на ослабление или исключение воздействия ионизирующего излучения на население, персонал радиационно-опасных объектов, биологические объекты природной среды, на радиоэлектронное оборудование и оптические системы, а также на предохранение природных и техногенных объектов от загрязнения радиоактивными веществами и удаление этих загрязнений (деактивацию).

Комплекс обязательных мер и действий по радиационной защите персонала и населения при угрозе, непосредственном возникновении и в течение первого года после возникновения радиационной аварии должен предусматривать:

- укрытие персонала и населения, находящегося в зоне прогнозируемой или реальной радиационной аварии;
- проведение йодной профилактики персонала и населения, находящегося в зоне прогнозируемой или реальной радиационной аварии;
- проведение санитарной обработки персонала и населения, обеззараживание зданий и сооружений, специальной обработки техники и территорий;
- проведение эвакуации, временного или постоянного переселения персонала и населения в безопасные районы;
- введение ограничений на употребление загрязненных продуктов питания.

Обеспечение выполнения основных гигиенических нормативов (допустимых пределов доз) для персонала (категории А) и населения является конечной целью мероприятий радиационной защиты, ее целевой функцией. В результате качественной реализации этих мероприятий достигается требуемый уровень радиационной безопасности.

Мероприятия радиационной защиты, как правило, осуществляются заблаговременно, а при обнаружении радиоактивных загрязнений – в оперативном порядке. Нормы радиационной безопасности (НРБ–99/2009) устанавливают критерии при выявлении локальных загрязнений двух уровней:

- если эффективная годовая доза составляет 0,01–0,3 мЗв/год, уровню загрязнения присваивают условное наименование – «уровень исследований», организованные действия при котором ограничиваются осуществлением наблюдения, контроля и исследования источника в интересах уточнения оценки величины годовой эффективной дозы и определения величины дозы, ожидаемой за 70 лет;
- если эффективная годовая доза превышает 0,3 мЗв/год, локальному загрязнению присваивается второй уровень – «уровень вмешательства», предусматривающего действия руководства и органов управления, руководства предприятий и организаций, допускающие введение ограничений на использование продуктов питания,

перемещение в пределах зоны загрязнения или постоянное пребывание в ней.

При возникновении радиационных аварий или обнаружении радиоактивного загрязнения ограничение облучения осуществляется защитными мероприятиями, основанными на следующих принципах:

- при предлагаемом вмешательстве уменьшение ущерба в результате снижения дозы должно быть достаточным, чтобы оправдать вред и стоимость вмешательства (принцип обоснования вмешательства);

- форма, масштаб и деятельность вмешательства должны быть оптимизированы таким образом, чтобы польза от снижения радиационного ущерба за вычетом ущерба, связанного с вмешательством, была бы максимальной (принцип оптимизации вмешательства).

В соответствии с нормами радиационной безопасности НРБ–99/2009 принятие решений о мерах защиты населения при возникновении радиационной аварии с радиоактивным загрязнением территории проводится на основании сравнения прогнозируемой дозы, предотвращаемой защитным мероприятием, и уровней загрязнения с уровнями А и Б, приведенными в табл. 1.4–1.6.

В целях обеспечения радиационной безопасности, определения объемов необходимых мер радиационной защиты населения осуществляется зонирование территорий, загрязненных в результате радиационных аварий. Зонирование осуществляется по величине годовой эффективной дозы.

Таблица 1.4

Критерии для принятия неотложных решений в начальном периоде радиационной аварии

Меры защиты	Предотвращаемая доза за первые 10 сут, 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

* Только для щитовидной железы

Таблица 1.5

Критерии для принятия решений об отселении и ограничении потребления загрязненных пищевых продуктов

Меры защиты	Предотвращенная эффективная доза, мЗв	
	уровень А	уровень В
Ограничение потребления загрязненных продуктов питания и питьевой воды	3 за первый год, 3 1/год в последующие годы	50 за первый год, 10/год в последующие годы
Отселение	50 за первый год	500 за первый год
	1000 за все время отселения	

Таблица 1.6

Критерии для принятия решений об ограничении потребления загрязненных продуктов питания в первый год после возникновения аварии

Радионуклиды	Удельная активность радионуклидов в пищевых продуктах, кБк/кг	
	уровень А	уровень Б
^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs	1	10
^{90}Sr	0,1	1,0
^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am	0,01	0,1

На территории, где величина годовой эффективной дозы не превышает 1 мЗв, производится обычный контроль радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции, по результатам которого оценивается доза облучения населения. Проживание и хозяйственная деятельность населения на этой территории по радиационному фактору не ограничивается. Эта территория не относится к зонам радиоактивного загрязнения.

При величине годовой дозы более 1 мЗв загрязненные территории по характеру необходимого контроля обстановки и защитных мероприятий подразделяются на зоны:

- зона радиационного контроля – от 1 до 5 мЗв. В этой зоне помимо мониторинга радиоактивности объектов окружающей среды, сельскохозяйственной продукции и доз внешнего и внутреннего облучения населения осуществляются меры по снижению доз облучения на основе принципа оптимизации и другие необходимые активные меры защиты населения;

- зона ограниченного проживания населения – от 5 до 20 мЗв. В этой зоне осуществляются те же меры мониторинга и защиты

населения, что и в зоне радиационного контроля. Добровольный въезд на указанную территорию для постоянного проживания не ограничивается. Лицам, въезжающим на указанную территорию для постоянного проживания, разъясняется риск ущерба здоровью, обусловленный воздействием радиации;

- зона, отселения – от 20 до 50 мЗв. Въезд на указанную территорию для постоянного проживания не разрешен. В этой зоне запрещается постоянное проживание лиц репродуктивного возраста и детей. Здесь осуществляется радиационный мониторинг людей и объектов внешней среды, а также необходимые меры радиационной и медицинской защиты.

- зона отчуждения – более 50 мЗв. В этой зоне постоянное проживание не допускается, а хозяйственная деятельность и природопользование регулируются специальными актами. Осуществляются меры мониторинга и защиты работающих с обязательным и индивидуальным дозиметрическим контролем.

Структурная схема зонирования территорий показана на рис. 1.1.

В общем случае методы и средства защиты от ионизирующих излучений включают в себя организационные, технические, гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия, основными из которых являются:

- увеличение расстояния между оператором и источником ионизирующего излучения (защита расстоянием);
- сокращение продолжительности работ в поле излучения (защита временем);
- экранирование источников ионизирующего излучения;
- дистанционное управление источниками ионизирующего излучения в процессе выполнения работ с ними;
- использование в работе с источниками ионизирующего излучения манипуляторов и робототехнических устройств;
- полная автоматизация технологических процессов использования источников ионизирующего излучения;
- использование средств индивидуальной защиты и предупредительных знаков радиационной опасности;
- осуществление постоянного контроля за уровнем излучения и дозами облучения персонала.

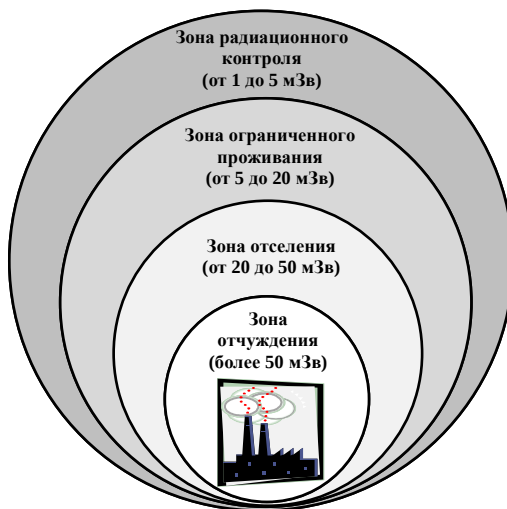


Рис. 1.1. Структурная схема зонирования территорий

К числу основных мероприятий, обеспечивающих радиационную защиту населения при угрозе или возникновении радиационного воздействия (радиационной аварии), относятся:

- обнаружение факта возникновения радиационной опасности и оповещение о ней;
- выявление радиационной обстановки в районе возникновения радиационной опасности и на сопредельных территориях;
- организация радиационного контроля в районе возникновения радиационной опасности и, при необходимости, на сопредельных территориях;
- установление и поддержание режима радиационной безопасности;
- проведение, при необходимости, йодной профилактики населения, персонала аварийного объекта, участников ликвидации последствий;
- обеспечение населения, персонала аварийного объекта, участников ликвидации последствий необходимыми средствами индивидуальной защиты и использование этих средств;

- укрытие населения, оказавшегося в зоне заражения в убежищах и противорадиационных укрытиях, обеспечивающих снижение уровня внешнего облучения, а при возможности и защиту органов дыхания от проникновения в них радионуклидов, оказавшихся в атмосферном воздухе;
- санитарная обработка населения, персонала аварийного объекта, участников ликвидации последствий аварии;
- дезактивация объектов и территорий, транспорта, других технических средств, средств защиты, одежды, имущества, воды и продовольствия;
- эвакуация или отселение населения из зон, в которых уровень радиоактивного загрязнения превышает допустимые нормы для проживания.

Оповещение населения о радиационной опасности является одним из важных и эффективных организационно-технических мероприятий по защите населения при радиационной аварии. Оно осуществляется в общей системе оповещения населения о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера с использованием Общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения (ОКСИОН), соответствующих территориальных систем централизованного оповещения и локальных систем оповещения.

Системы централизованного оповещения (СЦО) создаются заблаговременно на всех уровнях управления и должны обеспечивать циркулярную и выборочную передачу соответствующих сигналов (команд) и речевой информации и включение средств оповещения СЦО данного уровня.

Локальные системы оповещения создаются на потенциально опасных объектах, последствия аварий на которых могут выходить за пределы занимаемых этими объектами территории, создавая угрозу жизни и здоровью людей, проживающих вблизи этих объектов.

Порядок создания локальных систем оповещения определен Правительством Российской Федерации [5] и предусматривает обязательное включение их в планы строительства возводимых потенциально опасных объектов, дооборудование такими системами всех действующих потенциально опасных объектов, а также создание объединенных локальных систем оповещения для нескольких потенциально опасных объектов, компактно расположенных на одной территории.

Зоны действия локальных систем оповещения для ядерно и радиационно-опасных объектов устанавливаются в радиусе не менее 5 км вокруг таких объектов с включением в нее поселков этих объектов.

Общая ответственность за организацию оповещения в районах размещения ядерно и радиационно-опасных объектов возлагается:

на руководителей ядерно и радиационно-опасных объектов и органы управления, в ведении которых они находятся – в части оповещения работников таких объектов, работников других организаций и населения в зоне действия локальных систем оповещения, а также органов исполнительной власти и управления ГОЧС территорий, на которых размещены ядерно и радиационно-опасные объекты;

на соответствующие территориальные органы исполнительной власти, на территории которых действуют ядерно и радиационно-опасные объекты – в части оповещения остального населения, проживающего в зонах возможного радиоактивного загрязнения, в том числе в части дублирования оповещения указанного выше населения.

Система выявления радиационной обстановки должна обеспечивать:

- установление размеров опасных зон радиоактивного загрязнения в течение 4 ч после обнаружения факта радиационного загрязнения местности;
- определение мощности и уровня радиоактивного загрязнения по гамма- и бета-излучению в диапазоне измерений от $1-10^{-7}$ до 10 Зв/ч;
- определение зон экстренной эвакуации населения;
- установление оптимальных маршрутов движения транспорта, эвакуации населения, сельскохозяйственных животных, материальных и культурных ценностей из зон радиоактивного загрязнения в безопасные районы.

Организация радиационного контроля является важнейшей частью обеспечения радиационной защиты, начиная со стадии проектирования радиационно-опасных объектов.

Основной целью проведения радиационного контроля является определение степени соблюдения принципов радиационной безопасности и требований нормативов, включая не превышение установленных основных пределов доз и допустимых уровней при нормальной работе, получение необходимой информации для оптимизации защиты и принятия решений о вмешательстве в случае

радиационных аварий, загрязнения местности и зданий радионуклидами, а также на территориях и в зданиях с повышенным уровнем природного облучения, допустимого времени пребывания людей в зоне заражения, контроля доз облучения и уровней радиоактивного загрязнения.

Радиационный контроль осуществляется за всеми источниками ионизирующего излучения за исключением источников, создающих при любых условиях обращения с ними:

- индивидуальную годовую эффективную дозу не более 10 мкЗв;
- минимальную годовую эквивалентную дозу на коже не более 50 мЗв и в хрусталике глаза не более 15 мЗв;
- коллективную эффективную годовую дозу не более 1 чел-Зв, либо когда при коллективной дозе более 1 чел-Зв оценка по принципу оптимизации показывает нецелесообразность снижения коллективной дозы.

Радиационный контроль включает дозиметрический и радиометрический контроль.

Дозиметрический контроль представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, проводимых с целью определения доз облучения населения и количественной оценки воздействия на них ионизирующего излучения.

Дозиметрический контроль населения проводится, как правило, расчетным путем с учетом уровней излучения и времени нахождения в зоне облучения.

По данным дозиметрического контроля принимаются решения об отселении населения с загрязненных территорий, определяются ограничения на его жизнедеятельность, меры по обеспечению его радиационной защиты, оказанию медицинской помощи и др.

Радиометрический контроль представляет комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на определение интенсивности ионизирующего излучения радиоактивных веществ, содержащихся в окружающей среде, степени радиоактивного загрязнения людей, техники, сельскохозяйственных животных и растений, а также элементов окружающей среды.

Основной целью радиометрического контроля является определение необходимости проведения мероприятий по санитарной обработке персонала радиационно-опасных объектов и населения при выходе из зон радиоактивного загрязнения, специальной обработки (дезактивации) зданий, сооружений, одежды, материальных средств,

транспортных и других коммуникаций и загрязненной территории, обеззараживание продовольствия и воды.

Радиометрический контроль проводится на пунктах специальной обработки техники и санитарной обработки населения и привлекаемых для ликвидации последствий аварии подразделений [5].

При необходимости по результатам радиометрического контроля, проводимого в населенных пунктах, могут быть введены ограничения на режимы функционирования находящихся на их территориях объектов экономики, трудовую деятельность населения и условия его жизнедеятельности.

Важнейшим элементом радиационной защиты при радиационной аварии является установление и поддержание режима радиационной безопасности. Режим радиационной безопасности представляет собой обязательный порядок и организацию поведения населения с целью максимально достижимого и оправданного снижения радиационного воздействия. Этот режим обеспечивается:

- установлением особого порядка доступа в зону заражения;
- зонированием района;
- целесообразным отбором участников ликвидации последствий аварии с обязательным их медицинским освидетельствованием;
- проведением аварийно-спасательных и других неотложных работ;
- осуществлением радиационного контроля в зонах и на выходе в «чистую» зону;
- обеспечением спецодеждой, средствами индивидуальной защиты и медицинской помощью;
- организацией индивидуального дозиметрического контроля и ведением учета доз облучения персонала и коллективных доз облучения населения;
- осуществлением дезактивационных работ;
- организацией обращения с радиоактивными отходами.

Мероприятия по радиационной защите организуются для населения, проживающего в 30-километровой зоне от расположения крупного радиационно-опасного объекта (АЭС и др.). Их проведение должно обеспечивать:

- укрытие населения в защитных сооружениях или герметизированных помещениях жилого фонда с коэффициентом защиты, равным 200;

– предоставление населению средств индивидуальной защиты и профилактических йодных препаратов в угрожаемый период в течение двух суток с момента получения соответствующего распоряжения. В мирное время сроки выдачи средств защиты устанавливаются, исходя из прогнозируемых временных параметров прохождения радиоактивного облака и реальных возможностей муниципальных органов власти по организации выдачи средств защиты. Допускается заблаговременная выдача средств защиты населению на личное хранение.

Реализация режима радиационной безопасности обеспечивает выполнение значительной части мероприятий по радиационной защите населения, персонала аварийного объекта, участников ликвидации последствий радиационной аварии.

К числу достаточно эффективных организационно-технических мероприятий по защите персонала и населения при угрозе или возникновении радиационной опасности относится использование средств коллективной и индивидуальной защиты.

При возникновении крупных аварий на радиационно-опасных объектах обеспечение защиты населения в значительной степени достигается за счет использования систем и средств инженерной защиты (защитных сооружений, противорадиационных укрытий, специально возводимых или приспособленных для этих целей подземных выработок, подземных гаражей, подвальных или полуподвальных помещений объектов, погребов и др.).

К основным противорадиационным характеристикам сооружений относятся коэффициенты ослабления (коэффициенты защиты) гамма-излучения конструкциями зданий и сооружений, приведенные в табл. 1.7.

Использование средств индивидуальной защиты населения организуется на ранней и промежуточной фазах радиационной аварии как обязательное дополнение к укрытию и эвакуации населения, осуществляемое прежде всего в период прохождения радиоактивного облака и формирования его следа.

Использование средств индивидуальной защиты должно обеспечивать:

– защиту от радиоактивных газов и аэрозолей, в том числе снижение начальной концентрации радиоактивного йода в воздухе и его ограничение не менее чем в 100 раз;

- надежную защиту глаз и кожных покровов от альфа- и бета-излучений;
- сохранность защитных и эксплуатационных характеристик до 5 лет;
- температурный режим использования – от – 40 до + 40°С;
- возможность непрерывной эксплуатации в течение 6–8 ч.

Таблица 1.7

Защитные свойства отдельных производственных и жилых зданий и сооружений по коэффициенту ослабления

Укрытие	Коэффициент ослабления
Основные объекты инженерной защиты населения	
Убежища	5000
Противорадиационные укрытия	100-500
Блиндажи и убежища с входным блоком из лесоматериалов	500
Перекрытые щели, траншеи	50
Производственные здания	
Каменные	
Одноэтажные	7
Трехэтажные	6
Жилые дома	
Одноэтажные	10
Подвал	40 - 100
Двухэтажные	18
Подвал	100
Трехэтажные	20
Подвал	400
Пятиэтажные	27
Подвал	400
Деревянные	
Одноэтажные	2
Подвал	7
Двухэтажные	8
Подвал	12

При радиационных авариях должны предусматриваться следующие уровни индивидуальной защиты (в зависимости от категории работающих и населения):

- первый (высокий) уровень защиты – для аварийно-спасательных формирований при недостаточно известной радиационной обстановке (первая категория работающих – спасатели);

– второй (средний) уровень защиты – для ремонтных бригад и восстановительных формирований (вторая категория работающих – ремонтный персонал, ликвидаторы);

– третий уровень – легкая защита – для медицинских формирований, службы охраны, работников право-охранительных органов, находящихся в непосредственной близости от очага радиационной аварии (третья категория работающих – содействующие подразделения);

– четвертый уровень – кратковременная защита – для персонала организаций и населения, подлежащего эвакуации из зоны аварии (четвертая категория – эвакуируемые).

Средства защиты, используемые для работающих первых трех категорий, определяются ведомственными документами.

Для защиты органов дыхания персонала и населения, отнесенных к четвертой категории, должны использоваться фильтрующие средства индивидуальной защиты (гражданские противогазы, специальные респираторы), обеспечивающие защиту от аэрозолей, паров радиоактивного йода и его соединений либо паров фтористого водорода, гексафторида урана и продуктов его гидролиза, а также подручные средства, эффективность которых показана в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Эффективность специальных средств и подручных материалов индивидуальной защиты органов дыхания от радиоактивных аэрозолей

Средства защиты	Эффективность задержки аэрозолей, %
Специальные средства защиты (при дисперсности не более 1 мкм)	
Респиратор «Лепесток-5» на основе фильтра ФПП-70-0,2	96
Респиратор «Лепесток-40» на основе фильтра ФПП-70-0,5	99,5
Респиратор «Лепесток-200» на основе фильтра ФПП-15-1,5	99,9
Подручные средства защиты (при дисперсности аэрозоля 1–5 мкм)	
Хлопчатобумажная рубашка, носовой платок (оба в 1 слой)	25–35
Платьевой хлопчатобумажный материал (1 слой), носовой платок (4 слоя)	45–55
Влажный платьево-хлопчатобумажный материал (1 слой), махровое банное полотенце (в 1 слой), носовой платок (в 1–4 слоя). Простыня (в 1 слой), хлопчатобумажная рубашка (в 2 слоя)	55–70
Носовой платок (в 8–16 слоев), туалетная бумага (в 3 слоя), махровое банное полотенце (в 2 слоя)	85–95

1.3. Приборы, системы и средства радиационного контроля

Приборы, системы и средства радиационного контроля подразделяются на радиометрические, дозиметрические, спектрометрические приборы и системы для непосредственного измерения ионизирующего излучения и вспомогательные средства, включающие пробоотборники различного назначения, а также оборудование радиометрических лабораторий.

Приборы дозиметрического контроля населения включают приборы контроля внешнего облучения и приборы контроля внутреннего облучения.

Приборы, системы и средства радиационного контроля могут быть переносными стационарными и передвижными (бортовыми), базирующимися на различных видах транспорта.

Радиометрические приборы включают в себя радиометры, радиометры-дозиметры и сигнальные установки.

Основным предназначением радиометров является обнаружение и определение степени радиоактивного загрязнения поверхностей объектов, оборудования транспорта, одежды, кожных покровов путем определения величины плотности потока частиц или квантов и объемной активности жидких и сыпучих материалов.

Радиометры-дозиметры – приборы, решающие задачи как радиометрии, так и дозиметрии, причем основной задачей этих приборов считается измерение степени загрязнения объектов, т.е. радиометрия.

Сигнальные установки предназначены для контроля и сигнализации о загрязнении различных поверхностей (рук, обуви, спецодежды).

Датчиками радиометрических приборов являются, как правило, газоразрядные и сцинтилляционные счетчики, индикация цифровая.

В группу дозиметрических приборов входят дозиметры, дозиметры-радиометры и индикаторы-сигнализаторы мощности дозы гамма-излучения.

По специфике использования среди этих типов приборов можно условно выделить приборы, выпускаемые промышленностью для населения, так называемые бытовые дозиметрические приборы, предназначенные для оценки населением радиационной обстановки на местности, в жилых и рабочих помещениях. Некоторые из них позволяют также определять и измерять загрязнение продуктов питания. Эти приборы, как правило, характеризуются простотой

конструкции и эксплуатации, достаточно высокой надежностью и относительно малой стоимостью.

Конструктивно дозиметрические приборы для населения выполнены в виде прямоугольных коробок (или другой формы), удобных для ношения в кармане или на ремне.

При пользовании бытовыми дозиметрическими приборами следует учитывать, что они обеспечивают измерение мощности дозы гамма-излучения, но не все из них чувствительны к бета-излучению. Они также не чувствительны к мягкому рентгеновскому и тормозному излучению (цветные телевизоры, цветные дисплеи ЭВМ), альфа-частицам и нейтронам.

Дозиметры-измерители доз излучения или величин, связанных с ними. В сфере радиационного контроля окружающей среды используются дозиметры, измеряющие мощность дозы излучения. Непосредственно к дозиметрам относятся приборы типа ДБГ – 06Т, ДРГ – 01Т (Т1). К бытовым дозиметрам – «Белла», дозиметр – часы РМ 1203, карманный дозиметр DG – 101 и др.

Дозиметры-радиометры решают задачи как дозиметрического, так и радиометрического контроля, причем основной задачей является измерение мощности дозы, т.е. дозиметрия. К таким приборам относятся МКС – 02С, МКС – 03С, измеритель радиоактивности РСМ – 101 и другие, к бытовым приборам – Анри-01, «Сосна», ДБГ – 07 «Эксперт» и др. Дозиметры и дозиметры-радиометры дают на выходе, как правило, цифровую индикацию.

Индикаторы-сигнализаторы, в том числе пороговые индикаторы-сигнализаторы мощности дозы гамма-излучения, – это наиболее простые по конструкции приборы, фиксирующие наличие ионизации в определенном диапазоне. Приборы имеют, как правило, световую и звуковую индикацию. К ним относятся в основном бытовые сигнализаторы-индикаторы мощности дозы «Сверчок – 4М», «Светофор», РМ – 1231, РМ – 122 и др.

Спектрометрические приборы. К этой группе приборов относятся спектрометры, предназначенные для регистрации и измерения энергетического спектра ионизирующего излучения. Они классифицируются по виду излучений (альфа-, бета-, гамма-, нейтронные спектрометры), по принципу действия и по конструктивным особенностям.

В сфере радиационного контроля окружающей среды с помощью спектрометров решается задача определения наличия в окружающей среде радионуклидов, отсутствующих в составе природного фона, т.е.

фиксируется наличие радиоактивного загрязнения техногенного характера, причем учитывается тип изотопов и их активность. Индикация приборов цифровая и графическая.

Наиболее широкое применение имеют гамма-спектрометры различных видов. Современное техническое исполнение таких приборов обеспечивает надежное разделение гамма-линий контролируемых радионуклидов техногенного происхождения и линий гамма-излучения естественных радионуклидов, таких, как торий, калий и др. К приборам такого вида относятся гамма-спектрометр «гамма-IC-T», спектрометр «MS PS – 40 Ge» и др.

Системы контроля радиационной обстановки представляют собой комплектацию приборов радиационного контроля различного назначения со средствами связи, обработки данных и выдачи информации для постоянного контроля радиационной обстановки, в том числе при авариях на ядерно и радиационно-опасных объектах, а также контроля радиационной безопасности ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Основными типами указанных систем являются:

- автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО), предназначена для решения задач прогнозирования в реальном масштабе времени дозовых нагрузок и объемной активности в приземном слое, определения мощности дозы гамма-излучения;

- система территориального радиационного контроля (СТРК) обеспечивает непрерывное определение фона в населенных пунктах и на контролируемых территориях, оповещение органов РСЧС и населения о превышении контрольных уровней мощности дозы;

- подвижная лаборатория радиационной разведки (ПЛРР), предназначена для измерения мощности дозы, поверхностной активности, отбора проб аэрозолей, почвы, воды, измерения объемных проб по составу изотопов и видам излучений и т.д.

Системы повышения радиационной безопасности жилья и служебных (офисных помещений), основными типами которых являются:

- система радиационного контроля помещений «Виконт», предназначена для осуществления непрерывного контроля радиационной обстановки по уровню гамма-излучения, контроля несанкционированного проноса радиоактивных источников, экспресс-анализа радиоактивных загрязнений различных предметов и проб окружающей среды;

- комплект оборудования для радиоэкологического контроля состояния жилья и производственных помещений «РЭКС– АЛЬФА», обеспечивает измерение текущего значения эквивалентной равновесной концентрации радона в исследуемом воздухе, поиск источников гамма- и бета-излучения, измерение эквивалентной мощности дозы фотонного излучения, оценку уровня загрязнения по бета-излучению и т. д.

Системы контроля радиационной безопасности эксплуатации ядерных энергетических установок. К системам данного типа относятся:

- система радиационного контроля СРК (АКРК – ОК), предназначена для осуществления контроля активности в технологических средах, контроля выбросов и сбросов, контроля радиоактивной обстановки на промышленной площадке объекта;

- аппаратура защиты по технологическим параметрам АЗТП, предназначена для решения задач формирования аварийных сигналов при отклонении значений технологических параметров реакторной установки за допустимые пределы и т.д.

Вспомогательные средства контроля радиационной обстановки включают в себя пробоотборники, предназначенные для отбора проб воздуха, почвы и воды с целью последующего анализа в лаборатории, если при контроле радиоактивного загрязнения нет возможности сделать это на местности, а также для более детального анализа изотопного состава загрязнителя.

Оборудование радиометрических лабораторий, как правило, кроме различных приборов радиометрического контроля включает блоки свинцовые для экранной защиты, тигли, муфельные печи, атомноабсорбционные спектрографы, центрифуги и т.д.

Приборами индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) населения и персонала объектов являются дозиметры различных модификаций, с помощью которых определяют полученную человеком (персонально) дозу внешнего и внутреннего облучения за определенный период времени в условиях сложившейся на данной территории (объекте) конкретной радиационной обстановки.

Приборы индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения представляют собой, как правило, миниатюрные дозиметры, которые используются обычно в составе комплектов, включающих определенный набор дозиметров, зарядное устройство или устройство, считывающее показания дозиметров и хранящее данные измерений.

Приборы предназначены для практического применения в чрезвычайных ситуациях, связанных с радиоактивным загрязнением в мирное либо военное время. Они хранятся и выдаются населению соответствующими службами РСЧС различных уровней. Наиболее распространенными являются комплекты индивидуальных дозиметров: ИД-11, КДТ-02М, ДФК-2.1.

Конструктивно индивидуальные дозиметры делятся на прямо показывающие, имеющие автоматическое считывающее устройство (ДК-02, ДКП-50А, ИД-1) и непрямо показывающие, имеющие переносное (ИД-11, ДС-50, КДТ и др.) или стационарное измерительное устройство (ИФК – 2, ИФКУ и др.).

ИД-1 – прямо показывающий прибор, аналогичный ДКП – 50А, работающий в диапазоне измерения поглощенной дозы 20–500 рад. Имеет зарядное устройство. Входит в состав одноименного комплекта.

ИД-11 – комплект индивидуальных измерителей дозы, предназначен для регистрации индивидуальных доз гамма- и нейтронных излучений и состоит из 500 индивидуальных измерителей дозы ИД-11 и измерительного устройства ИУ-1, которые измеряют зарегистрированную дозу в диапазоне от 10 до 1500 рад. Доза излучения накапливается (суммируется) при периодическом облучении и сохраняется в дозиметре в течение 12 месяцев.

Комплект дозиметров термолуминесцентных КДТ-02М предназначен для измерения экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения и индицирования экспозиционной дозы бета-излучения. Прибор и его модификации состоят из набора дозиметров (ДП1-02, ДПГ-03, ДПС-11), устройства преобразования термолуминесцентного УПФ-02 и контрольного облучателя. При измерении детектор вводится в нагреватель устройства УПФ-02. Световой поток, выделяемый детектором, преобразуется в ток, превращаемый в импульсы, количество которых пропорционально дозе облучения. Информация высвечивается на цифровом табло. Диапазон измерения экспозиционной дозы гамма-излучения дозиметром ДПГ-02 от 0,1 до 1000Р, дозиметром ДПГ-03 от 0,005 до 1000 Р.

Приборы и системы индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) внутреннего облучения могут быть стационарными, используемыми в различных медицинских учреждениях, и переносными, используемыми в различных структурных подразделениях функциональных и территориальных подсистем единой государственной системы предупреждения и ликвидации

чрезвычайных ситуаций (РСЧС). К таким приборам относятся: автоматизированный комплекс спектрометров внутреннего излучения человека «Скриннер 3М»; переносной радиометр излучения человека РИГ–01п и др.

Технические, эксплуатационные характеристики различных приборов и систем радиационного контроля, а также методика измерений подробно изложены в соответствующей технической документации к этим приборам и системам.

Целью наблюдения за фактической радиационной обстановкой является обнаружение участков (районов) повышенной радиоактивности и оценка воздействия данного загрязнения на население и окружающую среду.

Для наблюдения за радиационной обстановкой используются стационарные, передвижные (на транспорте) и переносные приборы и системы радиационного контроля, а также различные средства отбора проб аэрозолей, атмосферных выпадений, почвы, воды, донных отложений водоемов и других объектов контроля для последующего радиометрического и изотопного анализа в лаборатории.

Измерение мощности дозы гамма-излучения на местности переносными дозиметрами производится на стандартной высоте – 1 м над поверхностью земли. Измерение бета-излучения осуществляется непосредственно на поверхности почвы.

Измерения, как правило, производятся одновременно двумя приборами типа ДРГ–01Т (Т1) и ДП–5В (или приборами типа МКС–01, МКС–02С, МКС–03С и др.) через каждые 100 м выбранного маршрута. В каждом пункте измерений делается не менее двух замеров на расстоянии нескольких метров друг от друга.

В городской черте измерения проводятся на газонах и вдоль заборов, где мала вероятность искажения людскими и транспортными потоками. Измерения приборами, установленными на автотранспорте, проводятся через каждые 1–2 км маршрута, с учетом коэффициента ослабления радиации транспортного средства.

Все приборы радиационной разведки условно можно разделить на три группы:

- бортовые;
- приборы народного хозяйства;
- военные, используемые для оснащения формирований, в том числе нештатных аварийно-спасательных формирований.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС огромная территория оказалась загрязненной радиоактивными веществами. Для решения проблемы информированности, национальная комиссия по радиационной защите разработала «Концепцию создания и функционирования системы радиационного контроля, осуществляемого населением», в соответствии с которой люди должны иметь возможность самостоятельно оценивать радиационную обстановку в месте проживания, контролировать радиоактивное загрязнение продуктов питания и кормов. В этих целях отечественной промышленностью налажен выпуск простых, портативных и дешевых приборов, доступных населению, которые по работоспособности, высокому уровню качества, дизайна превосходят многие их зарубежные аналоги (дозиметры настенные офисные, автомобильные, дозиметры с часовым механизмом).

Дозиметры гамма- и рентгеновского излучения делятся на два больших класса: инспекционные и индивидуальные.

Инспекционные дозиметры предназначены для определения дозовых характеристик полей ионизирующего излучения и должны измерять амбиентный эквивалент дозы, т.е. дозу, которую получил бы человек, находясь в точке измерения. Поверка инспекционных дозиметров проводится также по величине амбиентного эквивалента дозы.

Индивидуальные дозиметры должны находиться на теле человека и измерять дозу, полученную конкретным человеком в поле ионизирующего излучения. Поверка индивидуальных дозиметров проводится с учетом экранировки части излучения телом человека, т.е. по индивидуальной дозе с помощью фантома, который моделирует человека.

Большая часть инспекционных дозиметров, внесенных в Государственный реестр в начале 1990-х годов, относится к бытовым дозиметрам. Процедура испытаний для этих приборов упрощена, однако, официальные заключения на основании результатов их измерений выдавать нельзя. Диапазон измерений мощности дозы у этих приборов узкий, от фоновых значений до десятков мР/ч, они имеют невысокую чувствительность и большую погрешность измерений. В соответствии с «Положением о метрологическом статусе дозиметрических приборов для населения» обозначение бытовых дозиметров производится с добавлением буквы «Б» (бытовой) в конце буквенного шифра, например ДБСБ-08 «Поиск» или ДБГБ-02 «ДОН».

1.4. Выявление и прогнозирование радиационной обстановки

Прогнозирование и оценка возможных чрезвычайных ситуаций на опасных промышленных объектах

Радиационная обстановка характеризуется масштабом (размером территории заражения) и степенью (мощностью дозы – уровнем радиации) радиоактивного заражения, а также влиянием этого заражения на действия формирований ГО, работу объектов экономики и жизнедеятельность населения [6].

Радиационная обстановка может создаваться при применении противником ядерного оружия, вследствие заражения радиоактивным веществом воздуха, местности и расположенных на ней сооружений, техники и имущества, а также при авариях на атомных электростанциях.

Для определения влияния радиоактивного заражения необходимо вначале произвести выявление радиационной обстановки и после этого ее оценку.

Обычно при наличии сведений об опасности радиоактивного заражения проводят прогнозирование радиационной обстановки, используя известные зависимости, данные о параметрах источника радиоактивного заражения (время, мощность, вид и место ядерного взрыва или выброса АЭС), информацию о метеоусловиях (направление и скорость среднего ветра).

При этом (с вероятностью 0,9) считается, что заражение возможно на территории, ограниченной углом 40 град с вершиной в эпицентре взрыва. Фактическая площадь заражения в пределах указанного района составит примерно 30% площади данного сектора. В секторе выделяют четыре зоны возможного заражения **А**, **Б**, **В** и **Г**. На внешней границе зоны возможного умеренного заражения (**А**) доза радиации за время полного распада радиоактивных веществ составляет 40 Р, а уровень радиации через 1 ч после взрыва – 8 Р/ч. На внешних границах зон возможного сильного (**Б**), опасного (**В**) и чрезвычайно опасного (**Г**) заражения дозы радиации до полного распада радиоактивных веществ соответственно равны 400, 1200 и 4000 Р, а уровни радиации через 1 ч после взрыва – 80, 240 и 800 Р/ч (рис. 1.2).

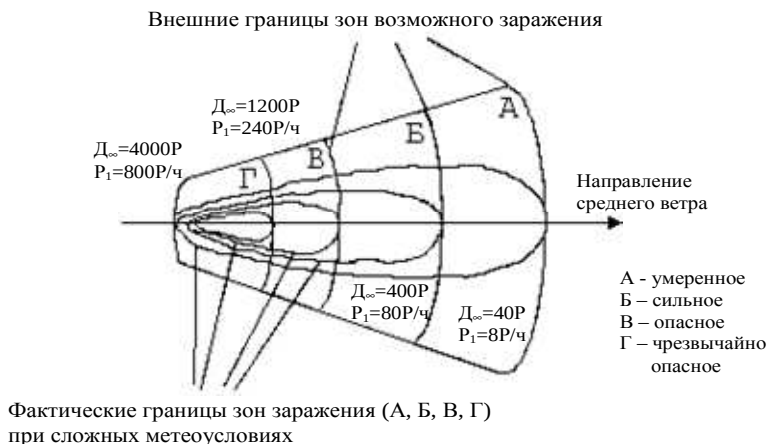


Рис. 1.2. Схема нанесения зон возможного заражения

Приблизленно удаление внешних границ зон от эпицентра взрыва по оси следа радиоактивного облака может быть определено по табл. 1.9 или по следующей зависимости:

$$R = 5,43 \sqrt[2,2]{\frac{qV}{P_1}}, \quad (1.3)$$

где R – удаление внешних границ зон от эпицентра взрыва, км;

q – мощность взрыва, кт;

V – скорость среднего ветра, км/ч;

P_1 – уровень радиации на границе зоны через 1 ч после взрыва, Р/ч.

Прогнозирование позволяет в короткие сроки определить ожидаемые масштабы и степень радиоактивного заражения.

Фактическая радиационная обстановка может быть определена только по данным радиационной разведки. Выявленные при этом уровни радиации в различных точках на местности заносятся в журнал. Примерная форма журнала и порядок его заполнения приведены в табл. 1.10.

Таблица 1.9

**Размеры зон заражения на следе радиоактивного облака наземного
ядерного взрыва в зависимости от мощности взрыва и скорости
ветра**

Мощность взрыва, кг	Скорость среднего ветра, км/ч	Размеры зон заражения, км							
		А		Б		В		Г	
		R	b	R	b	R	b	R	b
1	25	15	2,8	5,3	1	2,7	0,6	1,2	0,2
	50	19	2,6	5,2	0,9	2,4	0,5	1,1	0,2
	75	20	2,6	4,9	0,8	2,2	0,5	1,1	0,2
10	25	43	5,7	17	2,5	9,9	1,5	4,9	0,8
	50	54	6,4	19	2,5	9,7	1,4	4,3	0,7
	75	61	6,7	18	2,3	9,2	1,3	4,0	0,7
20	25	58	7,2	24	3,3	14	1,9	6,6	1,1
	50	74	8,3	27	3,3	14	1,9	6,5	1,0
	75	83	8,7	26	3,2	14	1,8	5,8	0,9
50	25	87	9,9	36	4,7	23	3,0	12,0	1,7
	50	111	11,0	43	4,7	23	3,0	12,0	1,7
	75	126	12,0	45	4,7	23	2,8	11,0	1,5
100	25	116	12,0	49	6,1	31	4,0	18,0	2,2
	50	150	14,0	60	6,4	35	3,9	17,0	2,0
	75	175	15,0	64	6,3	35	3,8	17,0	1,9
200	25	157	15	67	7,8	43	5,3	26	2,8
	50	200	18	83	8,4	50	5,3	26	2,7
	75	233	20	90	8,4	50	5,3	26	2,6
500	25	231	21	100	19	65	7,4	41	4,3
	50	300	25	125	12	78	7,7	42	4,3
	75	346	27	140	12	83	7,7	39	4,3
1000	25	309	26	135	13	89	9,5	55	5,7
	50	402	31	170	15	109	10	61	5,6
	75	466	34	192	16	118	10	60	5,6

Таблица 1.10

Форма журнала радиационной разведки и наблюдения

№ п/п	Дата и время ядерного взрыва	Место измерения	Время измерения, ч, мин	Уровень радиации при измерении, Р/ч	Уровень радиации, приведенный к 1 ч после ядерного взрыва, Р/ч
1	25.04 14.00	Проходная завода № 1	16.00	20	46
...	...	...	...	...	...

После выявления радиационной обстановки производят ее оценку. Под оценкой радиационной обстановки понимают определение на основании анализа данных радиационной обстановки возможности производственной деятельности объектов экономики, действий формирований ГО и населения в условиях радиоактивного заражения.

На практике оценка радиационной обстановки сводится к решению задач по определению возможных доз облучения, допустимой продолжительности пребывания людей на зараженной местности, возможного времени начала ведения спасательных работ, режимов защиты рабочих, служащих и производственной деятельности объектов и т.д.

Ниже приведены методика и решение типовых задач по оценке радиационной обстановки.

Приведение уровня радиации к одному времени после ядерного взрыва

Приведение уровня радиации к одному времени после взрыва необходимо для сравнения интенсивности излучения в различных точках на местности, а также определения зон заражения.

Изменение активности радиоактивных излучений с течением времени подчиняется следующей зависимости:

$$P_t = P_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-1,2}, \quad (1.4)$$

где P_0 – известный уровень радиации в момент времени t_0 после взрыва;

P_t – уровень радиации в рассматриваемый момент времени t , отсчитанный также с момента взрыва.

Приняв $t_0 = 1$, получим

$$P_t = P_1 K_t, \quad (1.5)$$

где P_1 – уровень радиации на 1 ч после взрыва;

K_t – коэффициент спада уровня радиации во время (табл. 1.11),

$$K_t = t^{-1,2}.$$

Таблица 1.11

Коэффициенты спада уровня радиации

$t, \text{ч}$	K_t	$t, \text{ч}$	K_t	$t, \text{ч}$	K_t	$t, \text{ч}$	K_t
0,25	5,278	6,25	0,110	12,25	0,049	18,25	0,0306
0,50	2,297	6,50	0,106	12,50	0,048	18,50	0,0302
0,75	1,412	6,75	0,101	12,75	0,047	18,75	0,0297
1,0	1,0	7,0	0,097	13,0	0,046	19,0	0,0292
1,25	0,765	7,25	0,093	13,25	0,045	19,25	0,0288
1,50	0,615	7,50	0,089	13,50	0,044	19,50	0,0283
1,75	0,510	7,75	0,086	13,75	0,043	19,75	0,0279
2,0	0,435	8,0	0,082	14,0	0,042	20,0	0,0275
2,25	0,378	8,25	0,079	14,25	0,041	20,25	0,0271
2,50	0,333	8,50	0,077	14,50	0,040	20,50	0,0266
2,75	0,297	8,75	0,074	14,75	0,039	20,75	0,0263
3,0	0,268	9,0	0,071	15,0	0,0388	21,0	0,0259
3,25	0,243	9,25	0,069	15,25	0,038	21,25	0,0255
3,50	0,222	9,50	0,067	15,50	0,0372	21,50	0,0252
3,75	0,204	9,75	0,065	15,75	0,0366	21,75	0,0248
4,0	0,189	10,0	0,063	16,0	0,0359	22,0	0,0244
4,25	0,176	10,25	0,061	16,25	0,0352	22,25	0,0242
4,50	0,164	10,50	0,059	16,50	0,0346	22,50	0,0238
4,75	0,154	10,75	0,058	16,75	0,0339	22,75	0,0235
5,0	0,145	11,0	0,056	17,0	0,0334	23,0	0,0232
5,25	0,137	11,25	0,055	17,25	0,0328	23,25	0,0229
5,50	0,129	11,50	0,053	17,50	0,0322	23,50	0,0226
5,75	0,123	11,75	0,052	17,75	0,0317	23,75	0,0223
6,0	0,116	12,0	0,051	18,0	0,0312	24,0	0,022

Из выражения (1.5) видно, что отношение уровня радиации на любое время после взрыва к коэффициенту спада уровня радиации на это же время в какой-либо точке на местности есть величина постоянная, равная значению уровня радиации на 1 ч после взрыва:

$$\frac{P_{t_n}}{K_{t_n}} = \dots = \frac{P_{t_m}}{K_{t_m}} = P_1 = \text{пост.}$$

Пример 1.

На территории склада объекта народного хозяйства (пункт А) уровень радиации через 2 ч после взрыва $P_2 = 26,1 \text{ Р/ч}$. Уровень радиации, измеренный на территории гаража объекта (пункт Б) через 5 ч после взрыва, $P_5 = 8,7 \text{ Р/ч}$. Сравнить интенсивность излучения в этих районах.

Решение.

Уровень радиации на 1 ч после взрыва в пункте А

$$P_{1A} = \frac{P_2}{K_2} = \frac{26,1}{0,435} = 60 \text{ Р/ч} .$$

Уровень радиации на 1 ч после взрыва в пункте Б

$$P_{1Б} = \frac{P_5}{K_5} = \frac{8,7}{0,145} = 60 \text{ Р/ч} .$$

Таким образом, интенсивность излучения на территории склада и гаража одинакова.

Если время, прошедшее после взрыва, неизвестно, то его определяют по скорости спада уровня радиации со временем. Для этого измеряют в одной и той же точке местности 2 раза уровень радиации с определенным временным интервалом Δt . По отношению уровней радиации при втором P_{II} и первом P_I измерении P_{II}/P_I и по промежутку времени между измерениями Δt определяют время, прошедшее после взрыва до второго измерения (табл. 1.12).

Пример 2.

В 6 ч 45 мин измеренный уровень радиации $P_I = 80 \text{ Р/ч}$, в 7 ч – уровень радиации стал равным $P_{II} = 56 \text{ Р/ч}$. Определить время взрыва.

Решение.

Определяем отношение $P_{II}/P_I = 56/80 = 0,7$. По табл. 1.12, пользуясь схемой (рис. 1.3), для отношения $P_{II}/P_I = 0,7$ и $\Delta t = 15 \text{ мин}$ находим $T = 1 \text{ ч}$.

P_{II}/P_I		Время между измерениями, мин						
		...	15	...	...	...	...	...
...			↓					
0,7	→		1 ч					
...								
...								

Рис. 1.3. Схема для решения примера 2

Следовательно, взрыв произошел за 1 ч до второго измерения, т.е. в 6 ч.

Таблица 1.12

Время, прошедшее после взрыва до второго измерения уровней радиации на местности

$\frac{P_n}{P_i}$	Время между измерениями Δt									
	10 мин	15 мин	20 мин	30 мин	45 мин	1 ч	1,5 ч	2 ч	2,5 ч	3 ч
0,95	4,00	6,00	8,00	12,00	18,00	24,00	36,00	48,00	60,00	72,00
0,9	2,00	3,00	4,00	6,00	9,00	12,00	18,00	24,00	30,00	36,00
0,85	1,20	2,00	2,40	4,00	6,00	8,00	12,00	16,00	20,00	24,00
0,8	1,00	1,30	2,00	3,00	4,30	6,00	9,00	12,00	15,00	18,00
0,75	0,50	1,10	1,40	2,30	3,40	5,00	7,00	9,00	12,00	14,30
0,7	0,40	1,00	1,20	2,00	3,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00
0,6	0,30	0,45	1,00	1,30	2,10	3,00	4,30	6,00	7,00	9,00
0,5		0,35	0,45	1,10	1,45	2,20	3,30	4,30	5,30	7,00
0,4			0,35	0,55	1,25	1,50	2,50	3,40	4,40	5,30
0,3				0,45	1,10	1,35	2,20	3,10	4,00	4,40
0,2				0,42	1,00	1,20	2,00	2,40	3,20	4,00

Определение возможных доз облучения при действиях на местности, зараженной радиоактивными веществами

Доза радиации, которую могут получить люди за время нахождения на одной и той же местности за время от t_n до t_k , определяется интегрированием мощности дозы (1.4) по времени:

$$D = \int_{t_n}^{t_k} P(t) dt.$$

В результате интегрирования с учетом защитных свойств зданий, сооружений, транспорта получим

$$D = \frac{5 P_n t_n - 5 P_n t_k}{K_{осл}}, \quad (1.6)$$

где t_n , P_n – соответственно время начала пребывания в зоне заражения, отсчитанное с момента взрыва, и уровень радиации на это время;

t_k , P_k – соответственно время окончания пребывания в зоне заражения, отсчитанное с момента взрыва, и уровень радиации на это время;

$K_{\text{осл}}$ – коэффициент ослабления дозы гамма-излучения.

На практике для вычисления дозы радиации часто пользуются упрощенной формулой, дающей по сравнению с зависимостью (1.6) при расчетах в первые часы после взрыва завышенный результат, что видно из рис. 1.4:

$$D = \frac{P_{\text{ср}} \Delta t}{K_{\text{осл}}}, \quad (1.7)$$

где $P_{\text{ср}}$ – средний уровень радиации за время Δt , $P_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{н}} + P_{\text{к}}}{2}$

Δt – время пребывания в зоне заражения (время облучения);

$K_{\text{осл}}$ – коэффициент ослабления дозы радиации (гамма-излучения).

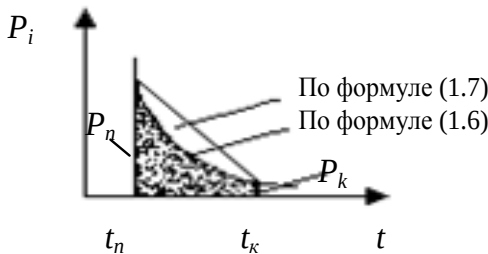


Рис. 1.4. Графическое определение дозы радиации

Если неизвестно время начала и окончания пребывания в зоне заражения, но производилось определенное количество измерений уровня радиации, то для определения среднего уровня радиации используется формула

$$P_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n},$$

где P_i – уровень радиации в момент измерения t_i ;

n – число измерений.

Пример 3.

Спасательной группе предстоит вести работы на зараженной местности, уровень радиации на которой через 2 ч после взрыва

составляет 20 Р/ч. Группа приступает к работе через 3 ч после взрыва. Определить дозу радиации, которую может получить личный состав в течение 4 ч работы.

Решение.

1. Определение дозы радиации произведем по формулам (1.6), (1.7) и сравним полученные результаты.

Определим уровни радиации в момент начала и окончания работы:

а) уровень радиации через 3 ч после взрыва

$$P_3 = P_1 K_3, \text{ но}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{K_2}.$$

Тогда

$$P_3 = \frac{P_2}{K_2} K_3 = \frac{20 \cdot 0,267}{0,435} = 12,27 \text{ Р/ч}$$

б) уровень радиации через 7 ч после взрыва

$$P_7 = \frac{P_2}{K_2} K_7 = \frac{20 \cdot 0,0968}{0,435} = 4,45 \text{ Р/ч}$$

Доза радиации

$$D = \frac{5P_3 \cdot 3 - 5P_7 \cdot 7}{1} = \frac{5 \cdot 12,27 \cdot 3 - 5 \cdot 4,45 \cdot 7}{1} = 28,85 \text{ Р.}$$

2. По упрощенной зависимости получим

$$D = \frac{P_{\text{ср}} \Delta t}{K_{\text{осл}}} = \frac{P_3 + P_7}{2} \frac{\Delta t}{1} = \frac{12,27 + 4,45}{2} = 33,44 \text{ Р.}$$

Коэффициент ослабления дозы радиации для многослойных перекрытий из различных материалов рассчитывается по формуле

$$K_{\text{осл}} = K_{\text{осл } 1} \cdot K_{\text{осл } 2} = 2^{\frac{h_1}{d_{\text{пол } 1}}} \cdot 2^{\frac{h_2}{d_{\text{пол } 2}}},$$

где h_i – толщина слоя материалов, см;

$d_{\text{пол}}$ – значение слоя половинного ослабления дозы соответствующим материалом.

Значения d для материалов приведены в табл. 1.13.

Таблица 1.13

Толщина слоя половинного ослабления радиации для различных материалов d

Материал	Плотность, г/см ³	Толщина слоя, см		
		γ-излучение проникающей радиации	γ-излучение радиоактивного заражения	нейтроны
Вода	1	23	13	2,7
Древесина	0,7	33	18,5	9,7
Грунт	1,6	14,4	8,1	12,0
Кирпич	1,6	14,4	8,1	9,1
Бетон	2,3	10	5,7	12,0
Полиэтилен	0,95	24,0	14,0	2,7
Стеклопластик	1,7	12,0	8,0	4,0
Сталь, железо	7,8	3	1,7	11,5
Свинец	11,3	2	1,2	12

При движении по зараженной радиоактивными веществами местности люди будут подвергаться в пути облучению различной интенсивности. Дозу радиации в этом случае можно рассчитать по следующей зависимости:

$$D = \frac{T}{2(n-1)} \frac{(P_1 + 2P_2 + 2P_3 + \dots + 2P_{n-1} + P_n)}{K_{\text{осл}}},$$

где T – время преодоления зараженной местности (время облучения);

$P_1, P_2, \dots, P_n$ – уровни радиации в различных пунктах маршрута, пересчитанные на время прохождения этих пунктов;

n – число пунктов маршрута с известными уровнями радиации.

Наименьшую дозу радиации можно будет получить, если пересекать зону заражения по кратчайшему пути – перпендикулярно оси следа радиоактивного облака (рис. 1.5).

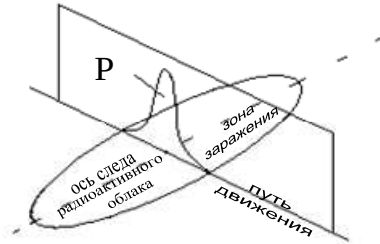


Рис. 1.5. Изменение уровня радиации при пересечении зоны заражения, перпендикулярно оси следа радиоактивного облака

Рассчитаем дозу радиации по формуле (1.7):

$$Д = \frac{P_{\text{ср}} \Delta t}{K_{\text{осл}}}.$$

В рассматриваемом случае (рис. 1.6)

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{max}}}{4},$$

где P_{max} – максимальный уровень радиации при преодолении зоны заражения.

Время преодоления зоны

$$\Delta t = l/v,$$

где l – длина пути в зоне заражения;

V – скорость передвижения.

После подстановки $P_{\text{ср}}$ и Δt получим

$$D = \frac{P_{\text{max}} l}{4VK_{\text{осл}}}. \quad (1.8)$$

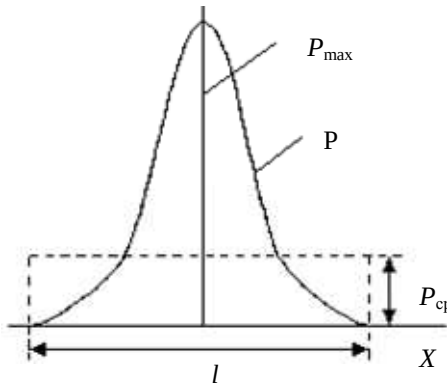


Рис. 1.6. Определение среднего значения уровня радиации

Определение допустимой продолжительности пребывания людей на зараженной территории

Работа на местности, зараженной радиоактивными веществами, возможна при условии получения дозы ниже допустимого значения. Получаемая доза зависит от следующих факторов:

- уровня радиации к моменту входа в зараженный район (место работы), $P_{\text{вх}}$;
- защитных свойств сооружений, помещений, средств передвижения, обладающих определенным коэффициентом ослабления дозы, $K_{\text{осл}}$;
- времени, прошедшего после взрыва до момента входа в зараженный район, $t_{\text{вх}}$ (от этого зависит скорость снижения уровня радиации);
- времени пребывания в зоне заражения, Δt .

Поэтому определение допустимой продолжительности пребывания на зараженной территории $\Delta t_{\text{доп}}$ производится при заданных значениях $P_{\text{вх}}$, $t_{\text{вх}}$, $K_{\text{осл}}$ и допустимом значении радиации $D_{\text{доп}}$.

Согласно (1.6)

$$D_{\text{доп}} = \frac{5 P_{\text{вх}} t_{\text{вх}} - 5 P_{\text{вых}} t_{\text{вых}}}{K_{\text{осл}}}.$$

Учитывая, что

$$P_{\text{вых}} = P_{\text{вх}} \left(\frac{t_{\text{вых}}}{t_{\text{вх}}} \right)^{-1,2} \quad \text{и} \quad t_{\text{вых}} = t_{\text{вх}} + \Delta t_{\text{доп}},$$

после преобразования получим

$$\Delta t_{\text{доп}} = \frac{t_{\text{вых}}^6}{\left(t_{\text{вх}} - \frac{D_{\text{доп}} K_{\text{осл}}}{5 P_{\text{вх}}} \right)^5} - t_{\text{вх}}. \quad (1.9)$$

Пример 4.

Спасательная команда вошла в зону заражения через 4 ч после взрыва при уровне радиации $P_4 = 20$ Р/ч. Определить допустимую продолжительность работы на автокранах ($K_{\text{осл}} = 2$), если допустимая доза радиации равна 30 Р.

Решение.

Определим по формуле (1.9) допустимую продолжительность работы на автокранах:

$$\Delta t_{\text{доп}} = \frac{t_{\text{вых}}^6}{\left(t_{\text{вх}} - \frac{D_{\text{доп}} K_{\text{осл}}}{5 P_{\text{вх}}} \right)^5} - t_{\text{вх}} = \frac{4^6}{\left(4 - \frac{30 \cdot 2}{5 \cdot 20} \right)^5} - 4 = 5,01 \text{ ч.}$$

Определение допустимого времени начала ведения спасательных работ при заданных дозе радиации и продолжительности работы

При определении допустимого времени начала ведения спасательных работ принимают, что изменение уровня радиации за время работы происходит по линейному закону (рис. 1.7), что справедливо при небольшой продолжительности работы первой смены.

Используя зависимость (1.7), заданные значения продолжительности ведения работы Δt и допустимую (заданную) дозу радиации $D_{\text{доп}}$,

определяют, при каком среднем уровне радиации необходимо работать, чтобы за время работы Δt получить дозу радиации:

$$P_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{доп}} K_{\text{осл}}}{\Delta t}.$$

По известному уровню P_0 для времени t_0 (выявленные при разведке) определяют, в какой момент времени после взрыва установится уровень $P_{\text{ср}}$, используя зависимость

$$\frac{P_0}{K_{t_0}} = \frac{P_{\text{ср}}}{K_{t_{\text{ср}}}} = P_1.$$

По рассчитанному $K_{t_{\text{ср}}}$ из табл. 1.11 определяют соответствующее этому значению $t_{\text{ср}}$.

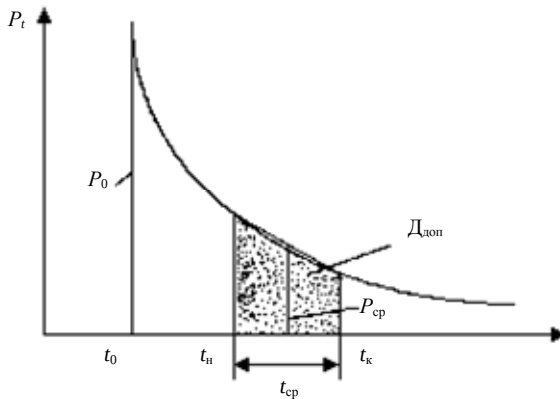


Рис. 1.7. Определение $t_{\text{н}}$ по $P_{\text{ср}}$

Время начала работы определяется как

$$t_{\text{н}} = t_{\text{ср}} - \frac{\Delta t}{2}.$$

Определение количества смен для проведения спасательных и других неотложных работ и времени работы каждой смены, исходя из сложившейся радиационной обстановки

При планировании ведения спасательных и других неотложных работ в условиях радиоактивного заражения необходимо иметь данные о продолжительности ведения работ и уровнях радиации. В этом случае можно рассчитать требуемое количество смен формирований на весь период работ.

Требуемое количество смен n определяется путем деления суммарной дозы облучения D_{Σ} , которая может быть получена за все время работы, на установленную (допустимую) для каждой смены дозу облучения $D_{\text{доп}}$:

$$n = D_{\Sigma} / D_{\text{доп}} \cdot$$

Продолжительность работы последующих смен будет увеличиваться из-за понижения уровня радиации со временем.

Определение режимов защиты рабочих, служащих и производственной деятельности объектов

Под режимом защиты в зонах радиоактивного заражения понимают порядок применения средств и способов защиты, предусматривающих уменьшение возможных максимальных доз облучения и исключения радиационных потерь.

В процессе трудовой деятельности люди могут находиться какое-то время в защитных сооружениях $t_{\text{з.с}}$, в производственных зданиях $t_{\text{пр}}$, в жилых помещениях $t_{\text{ж}}$, средствах транспорта $t_{\text{тр}}$, на открытой местности $t_{\text{откр}}$ и т.д. Ожидаемая суммарная доза радиации, полученная людьми при соблюдении режима защиты, $D_{\Sigma \text{р}}$ будет складываться из доз, полученных за время нахождения в защитных сооружениях $D_{\text{з.с}}$, за время нахождения в производственных зданиях $D_{\text{пр}}$, за время нахождения в жилых помещениях $D_{\text{ж}}$, за время пребывания в средствах транспорта $D_{\text{тр}}$, на открытой местности $D_{\text{откр}}$:

$$D_{\Sigma \text{р}} = D_{\text{з.с}} + D_{\text{пр}} + D_{\text{ж}} + D_{\text{тр}} + D_{\text{откр}} \cdot$$

Эта доза будет меньше дозы, которую получили бы люди, если бы они все это время находились на открытой местности.

Ослабление дозы облучения при соблюдении режима радиационной защиты характеризуется коэффициентом защищенности C , который

показывает, во сколько раз доза, полученная при данном режиме защиты, $D_{\Sigma p}$ меньше дозы, которую получили бы люди, находясь все время на открытой местности, D_0 :

$$C = D_0 / D_{\Sigma p} .$$

Приближенно коэффициент защищенности для соответствующего режима может быть рассчитан по следующей зависимости:

$$C = \frac{T}{\frac{t_{3.с}}{K_{ос}^{3.с}} + \frac{t_{пр}}{K_{ос}^{пр}} + \frac{t_{ж}}{K_{ос}^{ж}} + \frac{t_{тр}}{K_{ос}^{тр}} + t_{откр}} ,$$

где T – общее время пребывания людей в зоне заражения, ч,

$$T = t_{3.с} + t_{пр} + t_{ж} + t_{тр} + t_{откр} .$$

При отсутствии радиоактивного заражения местности можно предварительно рассчитать несколько режимов защиты рабочих, служащих и производственной деятельности объектов с различными значениями C .

При появлении радиоактивного заражения, выявив радиационную обстановку, подсчитывают коэффициент защищенности, при котором люди получили бы дозу радиации не более допустимого (заданного) значения. Этот коэффициент, называемый коэффициентом «безопасной» защищенности C_6 , показывает, во сколько раз доза D_0 , которую получили бы люди, если все время находились бы на открытой местности, больше допустимой дозы $D_{доп}$:

$$C_6 = \frac{D_0}{D_{доп}} = \frac{5 P_{вх} t_{вх} - 5 P_{вых} t_{вых}}{D_{доп}} ,$$

где $t_{вх}$, $P_{вх}$ – время входа (начало облучения) и уровень радиации, соответствующий этому времени;

$t_{вых}$, $P_{вых}$ – время выхода (окончания облучения) и уровень радиации, соответствующий этому времени.

Подсчитав C_6 , выбирают такой режим, чтобы $C \geq C_6$. В этом случае рабочие и служащие получают дозу $D_{\Sigma p} \leq D_{доп}$.

На предприятиях могут применяться типовые режимы защиты, предусматривающие на первом этапе непрерывное пребывание людей в защитных сооружениях (когда уровень радиации высокий), на втором этапе – работу в производственных зданиях и отдых в защитных сооружениях, на третьем этапе – работу в производственных зданиях, отдых в жилых помещениях с ограниченным пребыванием на открытой местности (до 2 ч).

В табл. 1.14 приведены некоторые варианты типовых режимов производственной деятельности для объектов, имеющих защитные сооружения с коэффициентами ослабления радиации $K_{\text{осл}} = 25...50$ и $K_{\text{осл}} = 1000$ и более. Они разработаны по приведенной выше методике для двухсменной работы рабочих и служащих в производственных зданиях с коэффициентами ослабления дозы $K_{\text{осл}} = 7$ и для условий отдыха в каменных домах с $K_{\text{осл}} = 10$.

Таблица 1.14

Режимы защиты рабочих, служащих и производственной деятельности объектов

Уровень радиации через 1 ч после взрыва, Р/ч	Этапы режима, ч						Общая продолжительность соблюдения режима, сут
	1-й		2-й		3-й		
	$K_{\text{осл}}$ 50	$K_{\text{осл}}$ 1000	$K_{\text{осл}}$ 50	$K_{\text{осл}}$ 1000	$K_{\text{осл}}$ 50	$K_{\text{осл}}$ 1000	
50	До 3 ч		Можно не использовать		До 10 ч		1
80	3	3	9	7	24	26	1,5
240	12	6	28	18	104	120	6

Например, рабочим и служащим, использующим защитные сооружения ($K_{\text{осл}} = 1000$), при уровне радиации через 1 ч после ядерного взрыва $P_1 = 240$ Р/ч необходимо на первом этапе прекратить работу на 6 ч и это время находиться в защитных сооружениях. После этого на втором этапе восстанавливается производственная деятельность, когда одна смена приступает к работе, а вторая находится в защитном сооружении. Затем отработавшая смена направляется для отдыха в защитное сооружение, а вторая смена приступает к работе. Продолжительность второго этапа 18 ч. Через 24 ч (6 ч 1-го этапа и 18 ч 2-го этапа) рабочие и служащие переходят к выполнению 3-го этапа с ограниченным пребыванием на открытой местности и отдыхом в жилых домах продолжительностью 120 ч. Общая продолжительность соблюдения режима – 144 ч (6 сут).

Пример 5.

На объекте экономики предварительно были разработаны режимы защиты рабочих и служащих со следующими коэффициентами защищенности: $C_1 = 8$; $C_2 = 6$; $C_3 = 4$. Определить, какой из рассчитанных режимов защиты обеспечит безопасную работу рабочих и служащих в течение первых суток, если радиоактивное заражение произошло через 2 ч после взрыва и уровень радиации при этом достиг значения $P_1 = 50$ Р/ч. Допустимая доза радиации 25 Р.

Решение.

Определим коэффициент «безопасной» защищенности:

$$C_6 = \frac{5P_{\text{вх}} t_{\text{вх}} - 5P_{\text{вых}} t_{\text{вых}}}{D_{\text{доп}}} = \frac{5P_2 \cdot 2 - 5P_{26} \cdot 26}{D_{\text{доп}}};$$

$$P_{26} = \frac{P_2}{K_2} K_{26} = \frac{50 \cdot 0,02}{0,435} = 2,5 \text{ Р/ч};$$

$$C_6 = \frac{5 \cdot 50 \cdot 2 - 5 \cdot 2,5 \cdot 26}{25} = 7,0.$$

Необходимо, чтобы $C \geq C_6$. Таким образом, только режим с $C_1 = 8$ сможет обеспечить безопасность работы рабочих и служащих, так как при этом $D_{\Sigma p} < D_{\text{доп}}$.

1.5. Йодная профилактика в системе радиационной защиты населения

Особенностью радиационных аварий на АЭС или других предприятиях, имеющих и эксплуатирующих ядерно-энергетические установки и использующих обогащенный уран-235, является наличие в выбросе, наряду с другими бета- и гамма-излучателями, радиоактивных изотопов йода (йод-131, йод-132, йод-133, йод-135), составляющих более 23% общей радиоактивности продуктов атомного реактора. Именно они представляют наибольшую опасность в течение первого месяца. Наиболее долгоживущий из них – йод-131, имеющий период полураспада около 8 сут. Радиоактивные изотопы йода могут поступать в организм через органы пищеварения, дыхания, раневые и ожоговые поверхности.

В ранний период после аварии опасность представляет ингаляционное поступление в организм радиоактивных изотопов йода, при котором они быстрее, чем при пероральном (через рот)

поступлении, проникают в кровь и уже в течение первых суток накапливаются в щитовидной железе в максимальном количестве. Избирательная и быстрая концентрация радиоизотопов йода в щитовидной железе обуславливает относительно высокие дозы облучения самой железы и организма.

Но большее влияние имеет поступление радиоактивного йода с молоком от животных, выпасаемых на загрязненных пастбищах, а также с загрязненными овощами и фруктами. Как известно, население многих регионов России, в том числе Москвы и Московской области испытывает дефицит йода. В этих условиях щитовидная железа обладает повышенной способностью накапливать радиоактивный йод. При 50%-м дефиците йода в рационе (75 мкг/сут) уровень накопления радиоизотопов возрастает в 2,7 раза.

Величина поглощенной дозы зависит также от функционального состояния щитовидной железы:

- нормально функционирующая щитовидная железа взрослого человека накапливает около 30% поступившей активности;
- при гиперфункции щитовидной железы накопление происходит быстрее и достигает 50% поступившей активности;
- при гипофункции накопление дозы происходит медленнее и в меньшем количестве, в среднем до 15–25% поступившей активности.

Накопление радиоизотопов йода зависит от возраста. Так, у детей вследствие малых размеров железы и ее повышенной функциональной активности поглощенные дозы в ней формируются в несколько раз более высокие, чем у взрослых.

У новорожденных и детей первого года жизни на единицу поступившей активности поглощенные дозы в 25 раз выше, чем у взрослого человека. Особую опасность для новорожденных представляет ингаляционное поступление радиоактивного йода в связи с большей частотой дыхания у них и меньшей массой щитовидной железы.

Поглощение радиоактивного йода щитовидной железой беременной женщины на 35–50% выше, чем не беременной. Поступивший радиоактивный йод с высокой скоростью переходит из организма матери к плоду через плацентарный барьер. Накопление радиоактивного йода в щитовидной железе плода начинается с 12–13 недели беременности и составляет до 50–60% от количества, поступившего в организм беременной. Критический возраст для

накопления радиоактивного йода в щитовидной железе плода наблюдается в 5–7 месяцев беременности.

У кормящей женщины в течение 24 ч в молоко переходит 1/4 часть поступившего радионуклида йода. Лактация является одним из механизмов выведения радиоактивного йода из организма женщины и фактором дополнительной опасности для ребенка.

Радиочувствительность щитовидной железы относительно невелика у взрослых людей, минимальна у пожилых и наиболее высока у детей младенческого возраста (от 0 до 3 лет).

В условиях йодного дефицита щитовидная железа обладает повышенной радиочувствительностью. Радиационные поражения ее при этом протекают более тяжело и проявляются в более ранние сроки.

Основными последствиями облучения щитовидной железы являются такие детерминированные эффекты, как гипотиреоз (снижение функции железы) и острый тиреоидит, а также стохастические эффекты – рак щитовидной железы и доброкачественные узлы.

Спустя более, чем 20 лет после аварии на Чернобыльской АЭС, проблема рака щитовидной железы остается одной из главных. По мнению специалистов, число заболевших раком щитовидной железы могло быть, существенно, уменьшено при проведении своевременной йодной профилактики, связанной с применением препаратов стабильного йода. Этот метод фармакологической защиты щитовидной железы заключается в торможении или временном прекращении ее функции образования гормонов – до начала поступления радиоактивного йода. Возникающая при этом блокада железы препятствует накоплению в ней радиоактивного йода и дальнейшего его участия в синтезе тиреоидных гормонов. Наибольший защитный эффект достигается при использовании препаратов стабильного йода за 6–8 ч до инкорпорации радиоактивного йода. Однако эффективность метода в определенной мере сохраняется даже после задержки его начала: через 1–2 ч степень защиты составляет 80%, через 8 ч – 40%; через 24 ч – около 7%. Таким образом, опоздание в проведении йодной профилактики больше чем на 6 ч после выпадения радиоактивных осадков резко снижает ее эффективность, а через сутки она сомнительна в своей целесообразности.

Йодная профилактика должна использоваться для уменьшения последствий не только ингаляционного, но и поступления радиоактивного йода с пищей, водой и особенно молоком и

молочными продуктами, загрязненными радионуклидами. Тем более что риск облучения от употребления таких продуктов и воды может сохраняться в течение нескольких суток (до 2–3 недель). Риск негативных последствий от блокады щитовидной железы различен в разных возрастных группах населения, как и риск развития у них радиационно индуцированной патологии щитовидной железы. Поэтому в рекомендациях по йодной профилактике учитывается каждая группа населения в отдельности. У детей и подростков фармакологическая защита щитовидной железы является наиболее эффективной. Это связано с предотвращением высоких доз облучения по сравнению со старшими возрастными группами. Тем самым предупреждается развитие патологии щитовидной железы, радиочувствительность которой выше, чем у взрослых. Особое значение это имеет для снижения вероятности развития рака, латентный, период которого у молодых короче, а повышенный риск заболевания выше в связи с большей продолжительностью жизни.

Учитывая важную роль щитовидной железы и ее повышенную радиочувствительность в период беременности, защита этого органа беременной женщины и плода относится к первоочередным задачам при проведении противоаварийных мер радиационной защиты. Но в связи с опасностью для плода продолжительной блокады щитовидной железы количество приемов препаратов стабильного йода беременной женщиной должно быть минимально необходимым. При назначении беременным стабильного йода в поздние сроки беременности (вторая половина) обязательным является контроль функции щитовидной железы у новорожденного.

У кормящих матерей прием препаратов стабильного йода и блокада функции щитовидной железы увеличивает переход радиоактивного йода в молоко и фактически не защищает щитовидную железу ребенка. В связи с этим следует исключить грудное вскармливание в первые 36 ч после поступления радиоактивного йода в организм матери.

У новорожденных высокий риск последствий от блокады щитовидной железы сохраняется в течение первых 5–7 дней после рождения. Дозировки препаратов стабильного йода должны быть минимальными и соответствовать массе щитовидной железы. Обязательным должен быть контроль ее функции.

Последствия йодной профилактики различаются в зависимости от возраста.

У детей до 2 лет в связи с интенсивным развитием головного мозга при блокаде щитовидной железы возможен риск задержки интеллектуального и физического развития.

У детей в возрасте от 3 до 12 лет последствия относительно невелики и проявляются главным образом в виде задержки физического развития, которая прекращается с восстановлением функции щитовидной железы. После этого рост и развитие достигают нормальных значений.

У взрослых репродуктивного возраста (моложе 45 лет) риск тяжелых радиационных поражений щитовидной железы (рак, гипотиреоз) невелик. Возможность серьезных побочных эффектов от однократного приема блокирующих доз стабильного йода, особенно у мужчин, незначительна.

У лиц старше 45 лет риск радиационно индуцированного рака щитовидной железы практически равен нулю, но возрастает риск последствий фармакологической блокады щитовидной железы в связи с ростом ее патологии в пожилом возрасте. Для этой группы населения проведение йодной профилактики показано только при угрозе поступления высоких доз радиоактивного йода.

В нашей стране в качестве препарата стабильного йода предложен йодистый калий. Его своевременный прием обеспечивает снижение дозы облучения щитовидной железы на 97–99% и в десятки раз – всего организма. Разработаны стабилизированные таблетки йодистого, калия в дозировках, учитывающих возрастные потребности:

- 0,125 г – для взрослых и детей старше 2 лет;
- 0,04 г – для детей до 2 лет.

Срок хранения таблеток – 4 года.

В случае возникновения серьезной аварийной ситуации на радиационно-опасных объектах и угрозы загрязнения внешней среды радиоактивными изотопами йода персоналу рекомендован незамедлительный прием одной профилактической дозы – таблетки йодида калия 0,125 г.

Дозы и продолжительность профилактического приема йодистого калия в зависимости от возраста приведены в табл. 1.15.

Риск облучения от радиоактивного йода, поступающего с продуктами питания (молоком), значительно уменьшает введение ограничительных мер на потребление сельскохозяйственной продукции и соответствующей организации санитарно-эпидемиологического контроля.

В настоящее время нет убедительных данных, подтверждающих безопасность длительного приема больших доз йодида калия, в связи с чем рекомендуют его однократное применение. В случаях необходимости многократного приема препаратов стабильного йода дозировка должна быть дифференцированной для разных групп населения. В табл. 1.15 представлены рекомендуемые дозы для разных возрастных групп и продолжительность приема йодистого калия с профилактическими целями.

Таблица 1.15

**Дозы и продолжительность профилактического приема
йодистого калия**

Группа населения	Путь поступления радиоактивности	Продолжительность приема	Дозировка, часть от таблетки 0,125 г
Новорожденные	Ингаляционный	Однократный	1/8
Дети от 1 мес. до 3 лет	>>	Допускается повторный прием	1/4
Дети 3–12 лет	Ингаляционный, пероральный	Допускается многократный прием (1 р/сут в течение 5 сут)	1/2
Подростки 12–18 лет	То же	Допускается многократный прием (1 р/сут в течение 5 сут)	1
Взрослые 18–45 лет	Ингаляционный	Однократный	1
Взрослые старше 45 лет	>>	>>	1
Беременные женщины	>>	>>	1
Кормящие женщины	>>	>>	1

В соответствии с инструкцией Всемирной организации здравоохранения от 1999 г. по йодной профилактике при радиационных авариях назначение препарата калия йодида проводится в следующих дозах:

- взрослым и подросткам старше 12 лет – 130 мг йодида калия (по 1 таблетке) 1 раз в день;
- детям от 3 до 12 лет – 65 мг йодида калия (по 1/2 таблетки) 1 раз в день;
- детям от 1 месяца до 3 лет – 32 мг йодида калия (по 1/4 таблетки) 1 раз в день;

– детям до 1 месяца – 16 мг йодида калия (по 1/8 таблетки) 1 раз в день.

Повторное применение йодида калия не рекомендовано новорожденным, беременным женщинам и кормящим матерям.

Для осуществления своевременной защиты населения от радиоактивных изотопов йода лечебно-профилактические учреждения создают запасы таблеток йодистого калия на все обслуживаемое население из расчета приема его в течение 7 дней. Предполагается, что за это время будет принято решение либо об эвакуации населения, либо исключено поступление радиоактивного йода в организм. Обеспечение населения препаратами стабильного йода производится через аптечную сеть, для чего создается необходимый запас. Часть запасов йодистого калия медицинские учреждения передают в детские дошкольные учреждения, интернаты, родильные дома, где они оперативно могут быть применены. В случае отсутствия таблеток йодистого калия в чрезвычайных ситуациях при необходимости защиты щитовидной железы от радиоактивного йода можно использовать другие йодсодержащие препараты – спиртовую настойку йода или раствор Люголя. Однако их применение следует рассматривать как исключительную меру в связи с более высокой токсичностью атомарного йода, входящего в состав данных растворов.

Спиртовой 5%-й раствор йода применяют взрослые и подростки старше 14 лет – по 44 капли 1 раз в день или по 22 капли 2 раза в день после еды в 1/2 стакана молока, киселя или воды.

Детям от 5 до 14 лет доза 5%-й настойки йода уменьшается вдвое – 22 капли 1 раз в день или по 10–11 капель 2 раза в день.

Детям до 5 лет настойку йода внутрь не назначают.

Раствор Люголя применяется взрослыми и подростками старше 14 лет по 22 капли 1 раз в день или по 10–11 капель 2 раза в день после еды в 1/2 стакана молока, киселя или воды.

Детям от 5 до 14 лет дозу уменьшают вдвое – до 10 капель 1 раз в день.

Детям до 5 лет раствор Люголя не назначается.

Детям в возрасте до 1 года и от 1 до 3 лет рекомендуют наружное применение спиртового раствора йода в дозировке (в каплях) 1/8 и 1/4 от суточной дозы взрослого человека. Настойка йода наносится в виде полос на кожу предплечий и голени. Для исключения ожогов кожи целесообразно 5%-ю настойку разводить вдвое.

Эти препараты не рекомендуются для приема внутрь лицам пожилого, и преклонного возраста в связи с высоким риском возрастных изменений в органах пищеварения, в сердце и щитовидной железе.

Существуют противопоказания к применению препаратов стабильного йода:

- заболевания щитовидной железы (гипертиреоз), особенно осложненные патологией сердечно-сосудистой системы в пожилом возрасте;
- гиперчувствительность к йоду;
- герпетиформный дерматит;
- пузырчатка обыкновенная.

Лица с такой патологией должны быть проинформированы о возможности использования препаратов, альтернативных йоду (перхлорат калия), и получить консультацию эндокринолога.

Кормящие женщины после приема препаратов стабильного йода должны прервать кормление грудью на 36 ч для предупреждения передозировки у ребенка, который самостоятельно получает иодид калия и появления отрицательных побочных эффектов.

Учитывая возможность негативных последствий от блокады щитовидной железы, основным принципом йодной профилактики должно быть достижение максимального эффекта при минимальных дозах препаратов стабильного йода с учетом возрастной группы.

Йодная профилактика начинается немедленно при угрозе загрязнения воздуха и территории в результате аварии ядерных реакторов утечки или выбросов промышленными предприятиями в атмосферу продуктов, содержащих радиоизотопы йода. После изучения радиационной обстановки специально созданной комиссией принимается решение о продолжении или отмене йодной профилактики.

Йодная профилактика должна быть продолжена в следующих случаях:

- при превышении объемной активности радионуклидов йода в атмосферном воздухе – $1,5 \cdot 10^{-13}$ Ки /л ($5,55 \cdot 10^{-3}$ Бк /л);
- при загрязнении пастбищ радионуклидами йода свыше $0,7$ Ки/км² ($2,6 \cdot 10^{10}$ Бк/км²);
- при превышении объемной активности радионуклидов йода в молоке $1 \cdot 10^{-8}$ Ки/л ($3,7 \cdot 10^2$ Бк/л).

Контрольные вопросы

1. Основные виды и характеристика ионизирующих излучений
2. Дать определение радиационной безопасности населения.
3. Чем обеспечивается радиационная безопасность населения.
4. Категорирование объектов и облучаемых лиц по радиационной безопасности.
5. Основные требования к ограничению облучения персонала и населения, установленные Нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009).
6. Организация оповещения радиационной опасности.
7. Чем обеспечивается радиационная защита населения.
8. Основные критерии для выявления уровней локальных радиационных заражений (загрязнений).
9. Зонирование территорий, подвергшихся радиационному заражению (загрязнению).
10. Основные виды и содержание радиационного контроля.
11. Основные средства радиационного контроля.
12. Основные дозы, продолжительность и ограничения йодной профилактики.

Глава 2. ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ

В мире насчитывается более 6 млн химических веществ. На 90% – это органические соединения, подавляющее количество которых токсично. Для 500 химикатов принято понятие «вредное вещество», т.е. такое вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушений требований безопасности может вызвать производственные травмы, отравления, профессиональные заболевания и отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в течение всего времени работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколения.

2.1. Общая характеристика отравляющих веществ

Опасные химические вещества (ОХВ) – химические вещества, прямое или опосредованное воздействие которых на человека может вызвать острые и хронические заболевания или гибель.

К таким ОХВ относятся:

а) **токсичные вещества** – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 мг/кг до 200 мг/кг включительно;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 мг/кг до 400 мг/кг включительно;
- средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 мг/л до 2 мг/л включительно;

б) **высокотоксичные вещества** – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 мг/кг;
- средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 мг/кг;
- средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 мг/л;

в) **вещества, представляющие опасность для окружающей среды** – вещества, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:

- средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 ч не более 10 мг/л;

- средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 ч, не более 10 мг/л;
- средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 ч не более 10 мг/л.

Классификация отравляющих веществ приведена в табл. 2.1 [7–9].

Таблица 2.1

Классификация отравляющих веществ

Отравляющие вещества			
Стойкие	Нестойкие	Раздражающие	Психо-химические
<i>Нервно-паралитические</i>	<i>Общедовитые</i>	Хлорацетофенон (CN) Адамсит (DM) Си – эс (CS) Си – Ар (CR) Хлорпикрин (PS)	Би – зет (BZ) LSD
Зарин (GB), Зоман (GD), Ви – Икс (VX)	Синильная кислота (AC) Хлорциан (CK)		
<i>Кожно-нарывные</i>	<i>Удушающие</i>		
Иприт (HD), Иприты азотистые (HN-1,2,3), Льюизит (L)	Фосген (CG) Дифосген (DP)		

Отравляющие вещества смертельного действия предназначаются для смертельного поражения или вывода из строя живой силы на длительный срок. Данную группу ОВ составляют: Ви – Икс (VX), зоман (GD), зарин (GB), иприт (HD), азотистый иприт (HN-1), синильная кислота (AC), хлористый циан (CK), фосген (CG). Перечисленные отравляющие вещества по характеру их физиологического действия на организм подразделяют:

- на нервно-паралитические (VX, GD, GB);
- кожно-нарывные (HD, HN-1);
- общедовитые (AC, CK);
- удушающие (CG).

Отравляющие вещества нервно-паралитического действия относятся к фосфорорганическим веществам. Они обладают более высокой токсичностью по сравнению с другими отравляющими веществами, а также способностью легко проникать в организм через органы дыхания, незащищенные кожные покровы и пищеварительный тракт, поражая нервную систему. Симптомами поражения отравляющими веществами нервно-паралитического действия служат: сильное сужение зрачков (миоз), спазм бронхов,

затруднение дыхания, обильное выделение слюны, насморк, потливость, частое мочеиспускание, кашель, удушье, мышечное подергивание, спазм кишечника, понос. Тяжелая степень поражения характеризуется сильными судорогами, обильными пенистыми выделениями изо рта и носа. После 3–4 приступов наступает смерть при явных признаках паралича дыхания. Основными видами отравляющих веществ данной группы являются:

Зарин (GB) – бесцветная прозрачная жидкость с очень слабым фруктовым запахом, обладает значительной летучестью. Зимой не замерзает, устойчив к действию воды. Хорошо растворяется в воде, спирте, органических растворителях. При обычной температуре быстро разрушается растворами щелочей и аммиака. Зарин применяется прежде всего для заражения воздуха парами и туманом. В ряде случаев он может применяться в капельножидком виде для заражения местности и находящихся на ней людей, техники, источников водоснабжения и других объектов. В этом случае стойкость зарина на местности летом может достигать 10 ч и более. Признаки поражения появляются немедленно: сужение зрачков (миоз), выделение слюны, затруднение дыхания, рвота, потеря сознания. Затем наблюдаются приступы сильных судорог; в случае тяжелого поражения может наступить паралич дыхательных центров и смерть.

Зоман (GD) – по характеру действия на организм человека аналогичен зарину, но более токсичен, вызывает отравления при всех способах попадания в организм. Представляет собой бесцветную жидкость с ароматическим камфорным запахом. Плохо растворяется в воде, хорошо – в спирте, органических растворителях, горючих и смазочных материалах; впитывается в лакокрасочные покрытия, пористые поверхности и резинотехнические изделия.

V – газы (VX) – бесцветная жидкость без запаха. Токсичнее зарина в 100 раз. В качестве средств защиты используются противогаз и защитная одежда.

Отравляющие вещества кожно-нарывного действия поражают кожу людей, пищеварительный тракт при попадании их в желудок с пищей (водой) и органы дыхания при вдыхании воздуха, зараженного парами этих отравляющих веществ. Основным представителем отравляющих веществ данной группы является **иприт (HD)**.

Химически чистый иприт – прозрачная жидкость с очень слабым запахом касторового масла, технический иприт – темная жидкость с запахом горчицы или чеснока. Температура кипения +217 °С, замерзания от 4 до 12 °С в зависимости от состава. На воздухе иприт испаряется

медленно, в воде растворяется плохо. Иприт относится к стойким отравляющим веществам. Его стойкость летом составляет от нескольких часов до суток. Весной и осенью она в несколько раз больше чем летом, а зимой может достигать нескольких недель и даже месяцев. Капли иприта в водоемах могут сохраняться несколько месяцев. Обладает многосторонним действием. В капельножидком виде и парообразном состоянии поражает кожу и глаза, при вдыхании паров поражаются дыхательные пути и легкие, при попадании с пищей и водой действует на органы пищеварения.

При попадании иприта на кожу появляются беспокойство, сильный зуд, наблюдается обильное слюновыделение, наступает угнетенное состояние, повышается температура. Обладает периодом скрытого действия. При тяжелой степени поражения развивается ослабление сердечной деятельности и наступает смерть.

При отравлении через органы пищеварения наблюдаются припухлость слизистой оболочки рта, отек губ, обильное слюноотделение, а в дальнейшем – отек головы, некроз пищевода и желудка, расстройство сердечной деятельности. Смерть наступает от интоксикации через 10–15 сут и более.

При вдыхании паров иприта через 4–6 ч наблюдаются угнетение, кашель, явления ринита. Через 3–4 сут развиваются гнойные воспаления слизистой оболочки дыхательных путей и пневмония. Смерть, как правило, наступает через 6–8 сут. Смертельная для человека ингаляционная токсодоза составляет примерно $2 \text{ мг} \cdot \text{мин/л}$.

Отравляющие вещества общедовитого действия вызывают общее отравление организма, поражая его жизненно важные системы. В организм проникают через органы дыхания в виде паров или в капельножидком состоянии – через незащищенную кожу, слизистые оболочки глаз и ротовой полости, а также с пищей и водой.

Признаками поражения отравляющими веществами общедовитого действия являются: горечь и металлический привкус во рту, тошнота, головная боль, одышка, судороги. Смерть у пораженных наступает в результате паралича сердца. Если в результате отравления не последовала смерть, то функции пораженных клеток и тканей более или менее быстро восстанавливаются. Типичным представителем этой группы является синильная кислота.

Синильная кислота – АС (цианистый водород, цианисто-водородная кислота) – бесцветная, прозрачная, быстро испаряющаяся жидкость, обладающая запахом горького миндаля, с температурой плавления – $13,3^{\circ}\text{C}$, кипения $+25,7^{\circ}\text{C}$. Легко смешивается с водой во

всех соотношениях, растворяется в спиртах, бензине и других органических растворителях. Пары синильной кислоты хорошо адсорбируются текстильной тканью и пористыми материалами, пищевыми продуктами, а также кирпичом, бетоном, древесиной, диффундируют даже через яичную скорлупу. Предельно допустимая концентрация (ПДК) синильной кислоты в воздухе населенного пункта составляет 0,0003 мг/л. **Воздействие 0,5–0,8 мг/л в течение 5 мин смертельно!!!**

Основными признаками поражения синильной кислотой (начальная стадия) являются появление металлического привкуса во рту, тошноты и рвоты, головокружения и общей слабости, учащение дыхания и пульса, возникновение болей в сердце. При прекращении поступления отравляющего вещества в организм эти явления быстро проходят. Однако при продолжающемся воздействии синильной кислоты наступает вторая стадия поражения: слизистые оболочки и кожа приобретают ярко-розовую окраску, зрачки резко расширяются, дыхание и пульс замедляются, усиливаются боли в сердце, нарастает одышка, возможна потеря сознания. В последующем одновременно с нарастанием одышки появляются приступообразные судороги, во время которых совсем прекращается дыхание. При этом наступает паралитическая стадия поражения. В условиях полного паралича дыхательного центра сердце продолжает сокращаться иногда до 5–8 ударов в минуту, после чего наступает смерть.

Удушающие отравляющие вещества действуют главным образом на органы дыхания, поражая стенки альвеол и легочных капилляров, что способствует образованию отека легких. Обладают кумулятивным действием. Основными симптомами поражения являются раздражение глаз, слезотечение, головокружение и общая слабость. Период скрытого действия составляет 4–5 ч, после чего появляются кашель, посинение губ и щек, возникают головные боли, одышка и удушье, температура тела повышается до 39°C. Смерть наступает в течение двух суток с момента отека легких.

Основным представителем данной группы отравляющих веществ является фосген (CG).

Фосген (дихлорангидрид угольной кислоты) – бесцветный газ с неприятным запахом прелого сена или гнилых яблок. При обычном давлении затвердевает при температуре – 18°C и сжижается при + 8°C. В газообразном состоянии примерно в 3,5 раза тяжелее воздуха, в жидком – в 1,4 раза тяжелее воды. Стойкость при температуре – 20°C составляет около 3 ч, летом – не более 30 мин. Плохо растворяется в

воде, но легко растворим в органических растворителях: бензине, толуоле, ксилоле, уксусной кислоте. Легко взаимодействует с едкими щелочами, аммиаком, растворами соды и сернистого натрия. Во всех этих случаях продуктами химической реакции являются практически безопасные вещества.

Поражения легкой степени характеризуются раздражением слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

При поражении средней тяжести возникает кашель и нередко выраженная одышка, которые постепенно проходят.

Тяжелая степень поражения наступает при контакте с отравляющим веществом в течение 4–6 ч. Основными признаками поражения при этом являются появление кашля с мокротой, поверхностного дыхания, повышение температуры тела до 38...39°C. Лицо становится синюшным, кожа приобретает землисто-серый цвет, и вскоре наступает смерть. В этом состоянии больным противопоказано активное движение.

К отравляющим веществам, временно выводящим из строя, относятся отравляющие вещества раздражающего и психохимического действия, поражающее действие которых сохраняется несколько десятков минут после их боевого применения.

Отравляющие вещества раздражающего действия (хлорацетофенон, хлорпикрин, адамсит, CS, CR и др.) поражают чувствительные нервные окончания слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей.

Основными признаками поражения отравляющими веществами данной группы, наступающими при начальном контакте с ними, являются: появление жжения и рези в глазах, сильного слезотечения, светобоязни, отека век. Раздражающий эффект характеризуется кашлем, слюнотечением, болями за грудиной, тошнотой. При более тяжелых поражениях нарушается координация движений. Полное выздоровление наступает в течение 2–3 дней.

Отравляющие вещества психохимического действия оказывают негативное влияние психические функции и работу физиологических органов и систем человека. Данная группа отравляющих веществ включает до 30 наименований, наиболее распространенными из которых являются ВЗ (Би – Зет), ДЛК (диэтиламид лизергиновой кислоты), псилоцибин и др.

При контакте с отравляющими веществами данной группы через несколько минут у человека появляется чувство страха или эйфории. Пораженный перестает ориентироваться в пространстве и времени, у него появляются слуховые и зрительные галлюцинации, иногда

устрашающего характера. Речь больного лишена смысла. Такое состояние может продолжаться несколько часов. При воздействии некоторых других отравляющих веществ этой группы психические расстройства не резко выражены, но доминирует нарушение координации движений. Поражающий эффект продолжается от нескольких часов до суток, после чего наступает выздоровление.

2.2. Общая характеристика аварийно химически опасных веществ

Часть известных опасных химических веществ, применяемых в промышленности и сельском хозяйстве, представляющих в определенных условиях серьезную угрозу для населения и территорий, отнесена к категории аварийно химически опасных веществ (АХОВ).

В соответствии с ГОСТ Р 22.9.05 АХОВ являются химически опасные вещества, применяемые в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которых может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах).

Из всего перечня АХОВ (немногим более 100 наименований), наибольшее распространение получили 34–35 веществ, часть из которых (21 наименование) отнесена к аварийно химически опасным веществам ингаляционного действия (АХОВИД), поражающих людей ингаляционным путем.

Основными токсическими характеристиками АХОВ являются: пороговая концентрация, предел переносимости, предельно допустимая концентрация, смертельная концентрация и смертельная доза.

Пороговую концентрацию составляет наименьшее количество (минимальная эффективная концентрация) АХОВ, способное вызвать ощутимый физиологический эффект, при котором пораженные ощущают лишь первичные признаки поражения, сохраняя при этом свою работоспособность.

Предел переносимости составляет минимальная концентрация АХОВ, которую человек может выдержать определенное время без устойчивого поражения.

Среднюю смертельную концентрацию составляет концентрация АХОВ в воздухе, вызывающая гибель 50% пораженных при 2–4-часовом ингаляционном воздействии.

В промышленности в качестве предела допустимости используется **предельно допустимая концентрация (ПДК)**, определяющая допустимую степень заражения воздуха рабочей смены различными видами АХОВ. При этом за ПДК в воздухе рабочей смены принимается такая его концентрация в воздухе, которая при ежедневной работе в течение 8 ч (41 ч в неделю) за время всего стажа работы не может вызвать заболеваний или отклонений состояния здоровья работающих, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные периоды жизни настоящего и последующих поколений.

Механизм токсического воздействия АХОВ заключается в химическом взаимодействии между ними и ферментами – биохимическими веществами или соединениями, способными управлять химическими и биохимическими реакциями в организме человека, которое приводит к торможению или прекращению ряда жизненных функций организма.

При местном воздействии токсический эффект проявляется в месте контакта АХОВ с тканями организма (поражение кожных покровов, раздражение органов дыхания, расстройство зрения).

При общем воздействии токсический эффект проявляется после попадания АХОВ в кровь через кожные покровы (кожно-резорбтивная токсичность), органы дыхания (ингаляционная токсичность), или желудочно-кишечный тракт (пероральная токсичность).

В качестве основного пути попадания АХОВ в организм человека следует отнести органы дыхания, а в ряде случаев, особенно при нахождении в районе (очаге) аварии, не исключена возможность поражения людей через кожные покровы.

Для количественной характеристики токсичности различных химических соединений пользуются определенными категориями токсических доз, учитывающими путь проникновения вещества в организм.

Под **токсической дозой** понимается количество АХОВ, вызывающее определенный токсический эффект.

При ингаляционных поражениях токсодоза принимается равной произведению средней по времени концентрации АХОВ в воздухе на время ингаляционного поступления в организм ($C \cdot t$). Единицами измерения токсодозы являются г мин/м^3 , г с/м^3 , мг мин/л и т. д.

Для характеристики токсичности веществ при их воздействии на организм человека через органы дыхания применяются следующие токсодозы:

- **средняя смертельная токсодоза LC t_{50}** , вызывающая смертельный исход у 50% пораженных;
- **средняя выводящая из строя токсодоза IC t_{50}** , вызывающая выход из строя 50% пораженных;
- **средняя пороговая токсодоза PC t_{50}** , вызывающая начальные симптомы поражения у 50% пораженных.

При кожно-резорбтивных поражениях токсодоза принимается равной массе жидкого АХОВ, вызывающей определенный эффект поражения при попадании на кожу. Единицами ее измерения являются $\text{мг}/\text{см}^2$, $\text{г}/\text{м}^2$, $\text{кг}/\text{см}^2$ и т.д.

Кроме того, степень токсичности АХОВ, обладающих кожно-резорбтивным действием, оценивается также средней смертельной (LD_{50}), средней выводящей (ID_{50}) и пороговой или минимальной (PD_{50}) дозами.

Кожно-резорбтивные токсодозы принято измерять количеством АХОВ, приходящегося на единицу поверхности тела человека или на единицу его массы ($\text{мг}/\text{см}^2$, $\text{мг}/\text{м}^2$, $\text{г}/\text{см}^2$, $\text{кг}/\text{см}^2$, $\text{кг}/\text{м}^2$ или $\text{мг}/\text{кг}$).

Средняя смертельная доза при однократном нанесении на кожу приводит к гибели 50% пораженных.

Средняя смертельная доза при однократном введении в желудок приводит к гибели 50% пораженных ($\text{мг}/\text{кг}$).

Значения ингаляционных и кожно-резорбтивных токсодоз АХОВ позволяют сравнивать их между собой, а также оценивать степень тяжести поражения пострадавших в аварийной ситуации.

Перечень и поражающие факторы (предельно-допустимые концентрации в воздухе) наиболее распространенных аварийно химически опасных веществ приведены в табл. 2.2.

Классификация аварийно химически опасных веществ осуществляется: по основным физико-химическим свойствам и условиям хранения; степени воздействия на организм человека; преимущественному синдрому, возникающему при острой интоксикации; тяжести воздействия с учетом нескольких важнейших факторов; способу горения и др.

По основным физико-химическим свойствам АХОВ делятся на пять групп, приведенных в табл. 2.3.

По степени токсичности при ингаляционном и пероральном поступлении в организм АХОВ подразделяются на шесть групп, приведенных в табл. 2.4.

Таблица 2.2

**Перечень и предельно-допустимые концентрации в воздухе
(ПДК) наиболее распространенных аварийно химически опасных
веществ**

Наименование АХОВ	ПДК (мг/м ³) в воздухе		
	рабочей зоны	населенных пунктов	
		разовая	суточная
Акролеин	0,7	0,2	0,03
Бромисто-водородная кислота (бромистый водород)	10,0	2,0	-
Водород мышьяковистый		0,1	-
Метилакрилат	20,0	5,0	0,01
Метилмеркаптан	0,8	0,8	9·10 ⁻⁶
Окислы азота NO, (NO ₂)	5,0(2,0)	0,4(0,085)	0,06(0,04)
Триметиламин	5,0	5,0	-
Фосфор треххлористый	4,0	0,2	-
Фтор	10,0	0,2	0,02
Фосфора хлорокись	1,0	0,05	-
Хлорциан	60,0	2,0	0,3
Этиленмин	0,02	0,02	0,001
Этилен сульфид	0,1	0,1	0,05
Этилмеркаптан	1,0	1,0	0,5
Азотная кислота (конц.)	5,0	0,4(0,6)	0,15(0,06)
Аварийные химически-опасные вещества ингаляционного действия (АХОВИД)			
Аммиак	20	0,2	0,04
Ацетонитрил	10,0	-	0,002
Ацетонциангидрин	0,9	-	0,001
Водород хлористый	5,0	0,2(0,05)	0,01(0,015)
Водород фтористый	0,5(0,05)	0,02(0,01)	0,005
Водород цианистый	0,3	0,01	0,01
Диметиламин	1,0	0,005	0,005
Метиламин	1,0	-	-
Метил бромистый	1,0	-	-
Метил хлористый	20,0(5,0)	0,06	-
Нитрил акриловой кислоты	0,5	-	0,03
Окись этилена	1,0	0,3	0,3
Сернистый ангидрид	10,0	0,5	0,05
Сероводород	10,0	0,008	0,008
Сероуглерод	1,0	0,03	0,005
Соляная кислота (конц.)	5,0	0,2	0,2
Формальдегид	0,5	0,035	0,003
Фосген	0,5	-	-
Хлор	1,0	0,1	0,03
Хлорпикрин	0,7	0,007	0,007

Таблица 2.3

Классификация АХОВ по основным физико-химическим свойствам

Группа	Характеристика	Типичные представители
1	Жидкие летучие, хранимые в емкостях под давлением (сжатые и сжиженные газы)	Хлор, аммиак, сероводород, фосген и др.
2	Жидкие летучие, хранимые в емкостях без давления	Синильная кислота, нитрил акриловой кислоты, тетраэтилсвинец, дифосген, хлорпикрин и др.
3	Дымящие кислоты	Серная ($p > 1,87$), азотная ($p > 1,4$), соляная ($p > 1,15$) и др.
4	Сыпучие и твердые нелетучие при хранении до 40° С	Сулема, фосфор желтый, мышьяковый ангидрид и др.
5	Сыпучие и твердые летучие при хранении до 40° С	Соли синильной кислоты, ртути и др.

Таблица 2.4

Степень токсичности АХОВ при ингаляционном и пероральном поступлении в организм

Группа токсичности	LC ₅₀ * или частично смертельная концентрация, мг/л	LC ₅₀ ** или частично смертельная доза, мг/кг
Чрезвычайно токсичные	Ниже 1	Ниже 1
Высокотоксичные	1–5	1–50
Сильнотоксичные	6–20	51–500
Умеренно токсичные	21–80	501–5000
Малотоксичные	81–160	5001–15000
Практически нетоксичные	Выше 160	Выше 15000

*LC₅₀ – средняя смертельная концентрация, вызывающая смертельный исход у 50% пораженных. **LC₅₀ – средняя смертельная токсодоза при энтеральном поступлении АХОВ в организм, вызывающая смертельный исход у 50% пораженных.

К наиболее опасным (чрезвычайно и высокотоксичным) АХОВ относятся:

- соединения некоторых металлов органические и неорганические производные мышьяка, ртути, свинца, талия, цинка и др.);
- карбонилы металлов (тетракарбонил никеля, пентакарбонил железа и др.);

- вещества, содержащие циангруппу (синильная кислота и ее соли, бензальдегидциангидрин, нитрилы, органические изоцианаты);
- соединения фосфора (фосфорорганические соединения, хлорид фосфора, оксихлорид фосфора, фосфин, фосфидин);
- фторорганические соединения (фторуксусная кислота и ее эфиры, фторэтанол др.);
- хлоргидрины (этиленхлоргидрин, эпихлоргирин);
- галогены (хлор, бром);
- другие соединения (этиленоксид, аллиловый спирт, метилбромид, фосген, ТОКФ и др.).

Сильнотоксичными АХОВ являются:

- минеральные и органические кислоты (серная, азотная, фосфорная, уксусная и др.);
- щелочи (аммиак, натронная известь, едкое кали и др.);
- соединения серы (диметилсульфат, растворимые сульфиды, сероуглерод, растворимые тиоцианаты, хлорид и фторид серы);
- хлор и бромзамещенные производные углеводородов (хлористый и бромистый метил);
- органические и неорганические нитро- и аминсоединения (гидроксиламин, гидразин, анилин, толуидин, амилнитрит, нитробензол, нитротолуол, динитрофенол и др.);
- фенолы, крезолы и их производные;
- гетероциклические соединения.

Вся остальная масса химических соединений относится к умеренно токсичным, малотоксичным, практически нетоксичным химическим веществам, которые не представляют особой химической опасности.

Особую группу веществ составляют пестициды – препараты, предназначенные для борьбы с вредителями сельского хозяйства, сорняками и т.п. Многие из этих соединений весьма токсичны для человека.

По химическому строению пестициды можно разделить на группы:

- фосфорорганические соединения (паратион, диметоксидихлорвинилфосфат, карбофос, хлорофос и др.);
- хлорорганические соединения (ДДТ, дильдрин, гексахлоран и др.);
- ртутьорганические соединения (метилртуть, ацетат метоксиэтилртути и др.);

- производные феноксиуксусной кислоты (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота – 2,4 – Д; 2, 4, 5-трихлорфеноксиуксусная кислота – 2, 4, 5 – Т);
- производные дипиридила (паракват, дикват и др.);
- органические нитросоединения (динитроортокрезол-ДНОК, динитрофенол – ДНФ);
- прочие.

Большинство из вышеперечисленных химических веществ, в том числе и слаботоксичных (умеренно, малотоксичных и практически нетоксичных), может стать причиной тяжелого поражения человека.

Однако привести к массовым санитарным потерям в результате аварий, сопровождаемых выбросами (утечками) химических веществ, могут не все химические соединения, включая даже чрезвычайно, высоко- и сильнотоксичные.

Лишь часть химических соединений при сочетании определенных токсических и физико-химических свойств, таких, как высокая токсичность, при действии через органы дыхания и кожные покровы, крупнотоннажность производства, потребления, хранения и перевозок, а также способность легко переходить в аварийных ситуациях в основное поражающее состояние (пар или тонкодисперсный аэрозоль) может стать причиной массовых поражений людей. Эти химические соединения относятся к группе АХОВ [10, 11].

Таким образом, АХОВ – это обращающиеся в больших количествах в промышленности и на транспорте токсические химические соединения, способные при разрушении (аварии) на объектах легко переходить в атмосферу и вызывать массовые поражения живых организмов.

Классификация АХОВ по степени воздействия на организм человека приведена в табл. 2.5.

Широкое применение аварийно химически опасных веществ в промышленном и сельскохозяйственном производстве связано с необходимостью создания соответствующих запасов таких веществ, обеспечивающих бесперебойное функционирование производственных процессов.

Крупными запасами ядовитых веществ располагают предприятия химической, целлюлозно-бумажной, оборонной, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, черной и цветной металлургии, промышленности минеральных удобрений. Создаваемые здесь минимальные (неснижаемые) запасы в среднем рассчитаны на 3 сут

работы, а для предприятий по производству минеральных удобрений они составляют до 10–15 сут. В результате на крупных предприятиях, расположенных в черте или вблизи промышленных городов, могут одновременно храниться тысячи тонн АХОВ.

Таблица 2.5

Классификация АХОВ по степени воздействия на организм человека

Показатель	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ПДК АХОВ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1–1	1,1–10	Более 10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15–150	151–500	Более 500
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100–500	501–2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500–5000	5001–50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300–30	29–3	Менее 3,0
Зона острого отравления	Менее 6,0	6,0–18,0	18,1–54,0	Более 54,0
Зона хронического отравления	Более 10,0	10,0–5,0	4,9–2,5	Менее 2,5

Примечания.

1. Отнесение АХОВ к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

2. Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) равен отношению максимально допустимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20⁰С к средней смертельной концентрации вещества для мышей при двухчасовом воздействии.

3. Зона острого действия – отношение средней смертельной концентрации АХОВ к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма.

4. Зона хронического действия – отношение минимальной пороговой концентрации, вызывающей изменения биологических показателей на уровне целостного организма к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие.

Значительные их запасы сосредоточены на объектах пищевой, мясо-молочной промышленности, холодильниках торговых баз, в жилищно-коммунальном хозяйстве. Так, например, на овощебазах содержится по 150 т аммиака, используемого в качестве хладагента, а на станциях водоподготовки – от 100 до 400 т хлора. Причем эти объекты находятся, как правило, в непосредственной близости от жилых районов.

2.3. Краткая характеристика химически опасных объектов

В Российской Федерации в настоящее время насчитывается более 2500 химически опасных объектов с большим количеством запасов химически опасных веществ. На территории вокруг этих объектов, подвергаемой риску возникновения химических аварий, проживает более 50 млн человек, с учетом же перевозок АХОВ всеми видами транспорта, численность населения, постоянно находящегося в зоне риска возрастает в 1,5–2 раза.

Химически опасными объектами являются объекты, на которых хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии или при разрушении которых может произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды [4, 12, 13].

К химически опасным объектам относятся (рис. 2.1):

- заводы, комбинаты и другие предприятия химических отраслей промышленности, отдельные установки (агрегаты) и цеха, производящие и потребляющие аварийные химически опасные вещества;
- заводы (производственные комплексы) по переработке нефтегазового сырья;
- целлюлозно-бумажная, текстильная, металлургическая, пищевая и другие отрасли промышленности, использующие аварийные химически-опасные вещества;
- конечные (промежуточные) пункты перемещения аварийных химически-опасных веществ (железнодорожные станции, порты, терминалы, склады;
- транспортные средства (контейнеры и наливные поезда, автоцистерны, речные и морские танкеры, трубопроводы и т.п.



Рис. 2.1. Химически опасные объекты народного хозяйства и Минобороны

К химически опасным отнесено 146 городов с численностью населения 100 тыс. чел. и более, из которых к первой степени опасности относится 89 городов, ко второй – 22 и к третьей – 35.

Классификация объектов и административно-территориальных образований по степени химической опасности приведена в табл. 2.6, 2.7.

Таблица 2.6

Классификация объектов по химической опасности

Степень химической опасности объекта	Количество населения, постоянно или временно находящегося на территории, подвергаемой риску поражения
I	Более 75 тыс. чел.
II	От 40 до 75 тыс. чел.
III	Менее 40 тыс. чел.
IV	Зона возможного заражения не выходит за пределы территории объекта

Таблица 2.7

Классификация административно-территориальных образований по химической опасности

Степень химической опасности объекта	Количество населения, проживающего в зоне возможного заражения, %
I	Более 50
II	30–50
III	10–3
IV	До 10

2.4. Характер химических аварий и масштабы их последствий

На химически опасных объектах АХОВ являются исходным сырьем, промежуточными и конечными продуктами, побочной продукцией, а также растворителями и средствами обработки. Запасы этих веществ находятся в резервуарах базисных и расходных складов, технологической аппаратуре, транспортных средствах (трубопроводы, цистерны).

Повреждение или разрушение химически опасных объектов приводит к возникновению химических аварий, сопровождающихся проливом или выбросом опасных химических веществ, в том числе АХОВ, способных привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных и растений или к химическому заражению окружающей природной среды [14, 15].

Основными исходами химических аварий, как правило, являются:

- выбросы (разливы) АХОВ;
- мгновенное или постепенное испарение;
- дисперсия газов с нейтральной и положительной плавучестью;
- дисперсия тяжелого газа;
- возгорание жидкостей, зданий, сооружений и т.п.;
- взрывы различного характера (ограниченные, в свободном пространстве, взрывы паровых облаков, пылевые взрывы, детонации, физические взрывы, взрывы конденсированной фазы).

В зависимости от глубины образующейся зоны заражения аварии, связанные с выбросом АХОВ, подразделяются на частные, объектовые, местные, региональные и глобальные.

Частная авария – авария, связанная с незначительной утечкой АХОВ.

Объектовая авария – авария, сопровождающаяся образованием зоны заражения, глубина которой не превышает радиуса санитарно-защитной зоны объекта.

Местная авария – авария, сопровождающаяся образованием зоны заражения, глубина которой достигает жилой застройки.

Региональная авария – авария, в результате которой зона заражения АХОВ распространяется вглубь жилых районов. Такие аварии связаны с полным разрушением крупной единичной емкости или группы емкостей.

Глобальная авария – авария, связанная с полным разрушением всех хранилищ на крупном химически опасном объекте. Такие аварии возможны в военное время или в результате крупной диверсии, а также в результате стихийного бедствия.

Общей особенностью аварий, связанных с выбросом АХОВ, является высокая скорость формирования и поражающего действия облака АХОВ, что требует принятия экстренных мер по защите производственного персонала химически опасных объектов и проживающего на сопредельных территориях населения, локализации источника заражения.

В химических авариях выделяются четыре фазы:

- инициирование аварии;
- развитие аварии;
- выход последствий за пределы химически опасного объекта;
- локализация и ликвидация последствий аварии.

Содержание фаз развития химических аварий представлено в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Фазы развития химических аварий

Фаза	Содержание фазы	Аварии на хранилищах и при ведении технологических процессов	Транспортные аварии
1	Инициирование аварии вследствие накопления отклонений от нормального процесса или неконтролируемой случайности, в результате чего система приходит в неустойчивое состояние	Накопление дефектов в оборудовании: ошибка при проектировании, строительстве и монтаже оборудования; ошибки в эксплуатации оборудования; нарушение технологического процесса	Ухудшение состояния железнодорожного пути; некачественное ведение ремонтных работ, возникновение неполадок в подвижном составе; нарушение правил перевозок; столкновение с другими транспортными объектами; коррозия трубопроводов и т.д.
2	Развитие аварии, в течение которой происходит нарушение герметичности системы (емкости, реактора, цистерны и т.д.) и попадание АХОВ в атмосферу	Возникновение пожаров, взрывов, разливы, выбросы АХОВ в окружающую среду	Сход с рельсов цистерн, пожары, взрывы, разливы, выбросы АХОВ в окружающую среду
3	Выход последствий аварии за пределы объекта	Распространение газообразного (парообразного) облака и его выход за пределы объекта; поражающее воздействие АХОВ на население и производственный персонал	
4	Локализация и ликвидация последствий аварии	Проведение мероприятий химической защиты, в том числе по локализации и ликвидации источника загрязнения	

Вторая фаза (развитие химической аварии) оказывает определяющее влияние на масштабы последствий аварии, так как от особенностей попадания АХОВ в атмосферу зависят дальность распространения газообразного (парообразного) облака и время поражающего действия.

Основными последствиями химических аварий могут быть:

- разрушения зданий, оборудования, технологических линий и т.п.;
- возгорание зданий, сооружений, жидкостей и т.п.;
- загрязнение окружающей среды (атмосферного воздуха, земли, недр, почвы, воды, растительного и животного мира, зданий, сооружений, технологического оборудования и т.п.);

– поражение людей, оказавшихся в зоне токсического воздействия без необходимых средств защиты или не успевших их использовать.

Наиболее характерной особенностью химических аварий с выбросом (разливом) АХОВ является образование зон химического загрязнения.

Величина зоны химического загрязнения, прежде всего, зависит от физико-химических свойств, токсичности и количества выброшенного в атмосферу (разлившегося) АХОВ, а также метеорологических условий, при которых произошла авария.

Размеры зоны химического загрязнения характеризуются глубиной распространения облака загрязненного воздуха с поражающими концентрациями, площадью разлива АХОВ и площадью зоны химического загрязнения.

Основной характеристикой зоны химического загрязнения является глубина распространения облака загрязненного воздуха, которая определяется глубиной распространения первичного или вторичного облака загрязненного воздуха.

Глубина распространения облака загрязненного воздуха в значительной степени зависит от метеорологических условий, рельефа местности и плотности застройки объектов.

Прежде всего, существенное влияние на глубину зоны химического загрязнения оказывает вертикальная устойчивость приземного слоя воздуха.

Инверсия способствует распространению облака загрязненного воздуха на более значительные расстояния от места аварии, чем изотермия и конвекция. Наименьшая глубина распространения АХОВ наблюдается при конвекции.

Повышение температуры и увеличение скорости ветра ведут к увеличению перемешивания нижних и верхних слоев атмосферы и уменьшению глубин распространения поражающих концентраций.

Значительное влияние на глубину распространения облака загрязненного АХОВ воздуха оказывает характер местности, ее рельеф (равнинно-плоский, равнинно-волнистый, равнинно-холмистый, овражно-балочный, холмистый), а также шероховатость подстилающей поверхности (открытые водные поверхности, трава, леса и т.п.).

При прохождении облака загрязненного воздуха через населенные пункты на глубине его распространения сказывается их застройка, а также температура воздуха в населенных пунктах.

Характер распространения АХОВ в атмосфере во многом зависит также от плотности паров химически опасных веществ. Чем ниже

плотность АХОВ, тем выше производительность источника загрязнения (скорость испарения).

Направление распространения облака загрязненного воздуха с относительной плотностью паров АХОВ меньше единицы определяется направлением ветра, а с относительной плотностью больше единицы как направлением ветра, так и профилем местности. АХОВ тяжелее воздуха растекаются в низких местах, затекают в подвалы домов, сохраняя продолжительное время поражающие свойства.

Важной характеристикой зон химического загрязнения является продолжительность воздействия облака загрязненного воздуха на людей, оказавшихся в зоне поражения АХОВ. Она определяется временем испарения разлившегося АХОВ или продолжительностью горения веществ с образованием ядовитых аэрозолей.

АХОВ, имеющие температуру кипения выше 20 °С (треххлористый фосфор и др.), испаряются медленно и до полного испарения длительное время находятся в местах разлива АХОВ. При этом образование облака загрязненного воздуха с поражающими концентрациями весьма затруднительно. Оно возможно лишь при исключительно благоприятных погодных условиях (высокой температуры воздуха, почвы, незначительной скорости ветра и др.), а также в случае возникновения пожаров, которые могут привести к интенсивному испарению АХОВ. Образование облака загрязненного воздуха с высококипящими веществами также возможно в случае соприкосновения разлившихся АХОВ с другими химическими веществами и образования более летучих и токсичных веществ с выделением большого количества тепла.

АХОВ, имеющие температуру кипения до 20 °С (хлор, аммиак, фосген и др.), при разливе быстро испаряются, образуя облако загрязненного воздуха, которое распространяется по направлению ветра. Такие вещества в опасных концентрациях могут обнаруживаться на значительных расстояниях от места аварии.

Время испарения АХОВ зависит, прежде всего, от количества разлившегося вещества, его физико-химических свойств, площади разлива, температуры окружающей среды, скорости ветра и ряда других условий.

С повышением температуры и скорости ветра в приземном слое атмосферы скорость испарения АХОВ с поверхности разлива увеличивается, что ведет к сокращению времени воздействия АХОВ на окружающую среду и людей.

Для многих АХОВ с увеличением скорости испарения температура разлившегося вещества понижается, что ведет к уменьшению его летучести, а следовательно, и сокращению глубины зоны загрязнения.

Увеличение количества АХОВ в районе разлива увеличивает продолжительность его испарения и время существования зон химического загрязнения.

Существенное влияние на глубину зоны химического загрязнения оказывает площадь разлива АХОВ. Она может колебаться в широких пределах – от нескольких сотен до нескольких тысяч квадратных метров.

Наличие земляной обваловки, поддона, железобетонной ограждающей стенки ограничивает площадь разлива АХОВ и способствует сокращению глубины распространения загрязненной атмосферы.

Выход облака загрязненного воздуха за пределы территории химически опасного объекта, в случае аварии на нем, обуславливает химическую опасность для населения административно-территориальной единицы, где такой объект расположен.

При химическом загрязнении различных сред (воздух, вода, почва) возможно возникновение чрезвычайных ситуаций с химической обстановкой следующих четырех типов:

– **химическая обстановка первого типа.** При аварии на химически опасном объекте происходит разрушение емкости или технологического оборудования, содержащих АХОВ в газообразном состоянии, в результате чего образуется первичное парогазовое или аэрозольное облако с высокой концентрацией АХОВ, распространяющееся по направлению ветра. Основным поражающим фактором при этом является воздействие высоких (смертельных) концентраций паров АХОВ на людей и животных через органы дыхания. Масштабы загрязнения при этом типе химической обстановки зависят от количества выброшенных АХОВ, размеров облака, концентрации ядовитого вещества, скорости ветра, состояния приземного слоя атмосферы (инверсия, изотермия или конвекция), плотности паров АХОВ (легче или тяжелее воздуха), времени суток и характера местности;

– **химическая обстановка второго типа.** При аварийных выбросах (разливах) АХОВ, используемых в производстве или хранящихся (транспортируемых) в виде сжиженных газов (аммиак, хлор и др.), перегретых летучих жидкостей с температурой кипения ниже температуры окружающей среды (окись этилена, фосген, окислы азота, сер-

нистый ангидрид, синильная кислота и др.), образуются первичное и вторичное облака. При этом в результате мгновенного испарения части ядовитого вещества образуется первичное облако, концентрация паров в котором может многократно превышать смертельную, а при испарении вылившейся в поддон или разлившейся на подстилающей поверхности другой части содержащего в емкости АХОВ образуется вторичное облако, концентрация паров в котором существенно меньше, чем в первичном облаке. Однако и она может представлять высокую опасность. Основными поражающими факторами в этих условиях являются воздействие на людей и животных через органы дыхания первичного облака (кратковременное – несколько минут) и продолжительное воздействие – вторичного облака (часы, сутки). Кроме того, разлив АХОВ может привести к загрязнению грунта и воды;

– **химическая обстановка третьего типа.** При разливе в поддон (обвалование) или на подстилающую поверхность больших количеств сжиженных газов из изотермических хранилищ или жидких АХОВ с температурой кипения, близкой к температуре окружающей среды, а также при горении некоторых сложных химических соединений с выделением АХОВ (например, удобрений типа нитрофоски, комковой серы и других), образуется только вторичное облако загрязненного воздуха;

– **химическая обстановка четвертого типа.** При аварийном выбросе (разливе) значительных количеств малолетучих АХОВ типа фенола, сероуглерода, несимметричного диметилгидразина и другие с температурой кипения существенно выше температуры окружающей среды происходит загрязнение местности (грунта, растительности, воды) в опасных концентрациях. Основными поражающими факторами при этом являются воздействие АХОВ в результате соприкосновения открытых участков кожи с загрязненной поверхностью или в результате попадания ядовитых веществ внутрь организма через желудочно-кишечный тракт.

Указанные типы обстановки при авариях на химически опасных объектах, особенно второй и третий, могут сопровождаться пожарами и взрывами, что существенно осложняет обстановку и затрудняет проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ [16].

2.5. Выявление и оценка химической обстановки

Основные допущения и ограничения

1. Емкости, содержащие АХОВ, разрушаются полностью.
2. Толщина слоя жидкостей АХОВ (h), разлившихся свободно, принимается равной 0,05 м, а для АХОВ, разлившихся в поддон или обвалование, по формулам (2.1) или (2.2):

– для жидкостей имеющих самостоятельный поддон (обвалование):

$$h = H - 0,2, \quad (2.1)$$

где H – высота обвалования, м;

h – толщина слоя жидкости АХОВ в обваловании, м;

– для емкостей, имеющих общий поддон (обвалование) на группу:

$$h = \frac{Q_0}{F \cdot d}, \quad (2.2)$$

где d – плотность АХОВ, т/м³;

F – реальная площадь разлива в поддон, м²;

Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т.

3. Предельная продолжительность сохранения метеоусловий – $N = 4$ ч.

4. Расчеты ведутся по эквивалентным количествам АХОВ. Под эквивалентным количеством АХОВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости воздуха количеством данного АХОВ, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Основные исходные данные:

- общее количество АХОВ на объекте экономики;
- количество АХОВ, выброшенное в окружающую среду, и характер разлива;
- высота обвалования;
- метеорологические условия (температура воздуха, почвы, скорость ветра в приземном слое (на высоте 10 м), степень вертикальной устойчивости воздуха);
- плотность (количество) населения в зоне возможного химического заражения и степень его защиты.

Порядок проведения расчетов

1. Вычисляем эквивалентное количество АХОВ, перешедшее в первичное облако, по формуле:

$$Q_{Э1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7' \cdot Q_0, \quad (2.3)$$

где $Q_{Э1}$ – эквивалентное количество АХОВ в первичном облаке, т;

Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т;

K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (табл. 2.9);

K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе АХОВ (см. табл. 2.9);

K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха и равный: 1 – для инверсии, 0,23 – для изотермии и 0,08 – для конвекции;

K_7' – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на скорость образования первичного облака (см. табл. 2.9).

2. Вычисляем эквивалентное количество АХОВ, перешедшее во вторичное облако, по формуле:

$$Q_{Э2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7'' \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (2.4)$$

где $Q_{Э2}$ – количество АХОВ во вторичном облаке, т;

K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ;

K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (табл. 2.10);

K_6 – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего после начала аварии (N) и определяемый из условия (2.5);

K_7'' – коэффициент, учитывающий влияние температуры окружающего воздуха на скорость образования вторичного облака.

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8} & \text{при } N < T, \\ T^{0,8} & \text{при } N \geq T, \end{cases} \quad (2.5)$$

где T – время испарения АХОВ с площади разлива, час, определяется из уравнения (2.12).

Таблица 2.9

**Характеристики АХОВ и вспомогательные коэффициенты для
определения глубин зон заражения**

№ п/п	Наименование АХОВ	Плотность АХОВ, т/м ³		Температура кипения, °С	Пороговая токсодоза, мг мин/л	Значения вспомогательных коэффициентов								
		газ	жидкость			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇					
									для (-40)°С	для (-20)°С	для 0 °С	для 20°С	для 40°С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Акролеин	—	0,839	52,7	0,2*	0	0,013	0,75	0,1	0,2	0,4	1	2,2	
2	Аммиак: хранение под давлением	0,0008	0,681	-33,42	15	0,18	0,025	0,04	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1	
	изотермическое хранение	—	0,681	-33,42	15	0,01	0,025	0,04	0/0,9	1/1	1/1	1/1	1/1	
3	Ацетонитрил	—	0,786	81,6	21,6**	0	0,004	0,028	0,02	0,1	0,3	1	2,6	
4	Ацетонциан- гидрин	—	0,932	120	1,9**	0	0,002	0,316	0	0	0,3	1	1,5	
5	Водород мышьяко- вистый	0,0035	1,64	-62,47	0,2**	0,17	0,054	0,857	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1	
6	Водород фтористый	—	0,989	19,52	4	0	0,028	0,15	0,1	0,2	0,5	1/1	1	
7	Водород хлористый	0,0016	1,191	-85,10	2	0,28	0,037	0,30	0,64/1	0,6/1	0,8/1	1/1	1,2/1	
8	Водород бромистый	0,0036	1,490	-66,77	2,4*	0,13	0,055	6,0	0,2/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1	
9	Водород цианистый	—	0,687	25,7	0,2	0	0,026	3,0	0	0	0,4	1/1	1,3	
10	Диметиламин	0,0020	0,680	6,9	1,2*	0,06	0,041	0,5	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,5/1	
11	Метиламин	0,0014	0,699	-6,5	1,2*	0,13	0,034	0,5	0/0,3	0/0,7	0,5/1	1/1	2,5/1	
12	Метил бромистый	—	1,732	3,6	1,2*	0,04	0,039	0,5	0/0,2	0/0,4	0/0,9	1/1	2,3/1	
13	Метил хлористый	0,0023	0,983	-23,76	10,8**	0,125	0,044	0,056	0/0,5	0,1/1	0,6/1	1/1	1,5/1	
14	Метилакрилат	—	0,953	80,2	6*	0	0,005	0,025	0,1	0,2	0,4	1	3,1	
15	Метилмер- каптан	—	0,867	5,95	1,7**	0,06	0,043	0,353	0/0,1	0/0,3	0/0,8	1/1	2,4/1	
16	Нитрил акриловой кислоты	—	0,806	77,3	0,75	0	0,007	0,80	0,04	0,1	0,4	1	2,4	
17	Окислы азота	—	1,491	21,0	1,5	0	0,040	0,40	0	0	0,4	1	1	
18	Окись этилена	—	0,882	10,7	2,2*	0,05	0,041	0,27	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	3,2/1	
19	Сернистый ангидрид	0,0029	1,462	-10,1	1,8	0,11	0,049	0,333	0/0,02	0/0,5	0,3/1	1/1	1,7/1	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	Сероводород	0,0015	0,964	–60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	0,3/1	0,5/1	0,8/1	1/1	1,2/1
21	Серовуглерод	–	1,263	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1
22	Соляная кислота (концентрированная)	–	1,198	–	2	0	0,021	0,30	0	0,1	0,3	1	1,6
23	Триметиламин	–	0,671	2,9	6*	0,07	0,047	0,1	0/0,1	0/0,4	0/0,9	1/1	2,2/1
24	Формальдегид	–	0,815	–19,0	0,6*	0,19	0,034	1,0	0/0,4	0/1	0,5/1	1/1	1,5/1
25	Фосген	0,0035	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	0/0,1	0/0,3	0/0,7	1/1	2,7/1
26	Фтор	0,0017	1,512	–188,2	0,2*	0,95	0,038	3,0	0,7/1	0,8/1	0,9/1	1/1	1,1/1
27	Фосфор треххлористый	–	1,570	75,3	3	0	0,010	0,2	0,1	0,2	0,4	1	2,3
28	Фосфора хлорокись	–	1,675	107,2	0,06*	0	0,003	10,0	0,05	0,1	0,3	1	2,6
29	Хлор	0,0062	1,568	–34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	0/0,9	0,3/1	0,6/1	1/1	1,4/1
30	Хлорпикрин	–	1,658	1112,3	0,02	0	0,002	30,0	0,03	0,1	0,3	1	2,9
31	Хлорциан	0,0021	1,220	12,6	0,75	0,04	0,048	0,80	0/0	0/0	0/0,6	1/1	3,9/1
32	Этиленамин	–	0,838	56,0	4,8	0	0,009	0,125	0,05	0,1	0,4	1	2,2
33	Этиленсульфид	–	1,005	55,0	0,1*	0	0,013	6,0	0,05	0,1	0,4	1	2,2
34	Этилмеркаптан	–	0,839	35,0	2,2**	0	0,028	0,27	0,1	0,2	0,5	1	1,7

Примечания:

1. Плотности газообразных АХОВ в графе 3 приведены для атмосферного давления. При давлении в емкости отличным от атмосферного плотности газообразных АХОВ определяются путем умножения данных графы 3 на значения давления в кгс/см².
2. В графе 6 численные значения токсодоз, помеченные звездочками, определены ориентировочно расчетом из уравнения $D = 240 \cdot K \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з}}$, где D – токсодоза, мг·мин/л; $\text{ПДК}_{\text{р.з}}$ – ПДК рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88, мг/л; $K = 5$ для раздражающих ядов (помечены одной звездочкой), $K = 9$ для всех прочих ядов (помечены двумя звездочками).
3. Значение K_1 для изотермического хранения аммиака приведено для случая разливов (выбросов) в поддон.
4. В графах 10–14 в числителе значения K_7 для первичного, в знаменателе – для вторичного облака.

В случае полного разрушения химически опасного объекта расчет эквивалентного количества АХОВ в облаке ведется как для вторичного облака по формуле:

$$Q_{\text{э}} = 20 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot \sum_{i=1}^n K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{6i} \cdot K_{7i}'' \cdot \frac{Q_i}{d_i}, \quad (2.6)$$

где d_i – плотность i -го АХОВ, т/м³ (см. табл. 2.9);

Q_i – запасы i -го АХОВ на объекте, т;

K_{ji} – коэффициенты для i -го АХОВ;

n – количество одновременно выброшенных в окружающую среду наименований АХОВ.

Таблица 2.10

Значения коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K_4	1	1,33	1,67	2	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	4,34	4,67	5	5,33	5,68

3. По табл. 2.11 определяем глубину распространения первичного (Γ_1) и вторичного (Γ_2) облаков АХОВ. Общую глубину распространения зараженного воздуха вычисляем по формуле

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'', \quad (2.7)$$

где Γ_{Σ} – общая глубина распространения облака зараженного АХОВ воздуха, км;

Γ' – большее из двух значений Γ_1 и Γ_2 , км;

Γ'' – меньшее из двух значений Γ_1 и Γ_2 , км.

Таблица 2.11

Глубины зон возможного заражения АХОВ, км

Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т							
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46

Окончание табл. 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76
11	0,11	0,25	0,36	0,80	1,13	1,96	2,53	3,58
12	0,11	0,24	0,34	0,76	1,08	1,88	2,42	3,43
13	0,10	0,23	0,33	0,74	1,04	1,80	2,37	3,29
14	0,10	0,22	0,32	0,71	1,00	1,74	2,24	3,17
15	0,10	0,22	0,31	0,69	0,97	1,68	2,17	3,07
Скорость ветра, м/с	Эквивалентное количество АХОВ, т							
	20	30	50	70	100	300	500	1000
1	29,56	38,13	52,67	65,23	81,91	166	231	363
2	16,44	21,02	28,73	35,35	44,09	87,79	121	189
3	11,94	15,18	20,59	25,21	31,30	61,47	84,50	130
4	9,62	12,18	16,43	20,05	24,80	48,18	65,92	101
5	8,19	10,33	13,88	16,89	20,82	40,11	54,67	83,60
6	7,20	9,06	12,14	14,79	18,13	34,67	47,09	71,70
7	6,48	8,14	10,87	13,17	16,17	30,73	41,63	63,16
8	5,92	7,42	9,90	11,98	14,68	27,75	37,49	56,70
9	5,60	6,80	9,12	11,03	13,50	25,39	34,24	51,60
10	5,31	6,50	8,50	10,23	12,54	23,49	31,61	47,53
11	5,06	6,20	8,01	9,61	11,74	21,91	29,44	44,15
12	4,85	5,94	7,67	9,07	11,06	20,58	27,61	41,30
13	4,66	5,70	7,37	8,72	10,48	19,45	26,04	38,90
14	4,49	5,50	7,10	8,40	10,04	18,46	24,69	36,81
15	4,34	5,31	6,86	8,11	9,70	17,60	23,50	34,98

Примечание:

а) при скорости ветра > 15 м/с размеры зон заражения принимать как при скорости ветра 15 м/с;

б) при скорости ветра < 1 м/с размеры зон заражения принимать как при скорости ветра 1 м/с.

4. Общую глубину распространения облака зараженного воздуха сравниваем с возможным предельным значением глубины переноса воздушных масс (Γ_{Π}), определяемой из уравнения (2.8):

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot V, \quad (2.8)$$

где V – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха (табл. 2.12), км/ч;

N – время от начала аварии, ч.

Таблица 2.12

Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха в зависимости от скорости ветра

Скорость переноса, км/ч	Скорость ветра, м/с														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Инверсия	5	10	16	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Изотермия	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
Конвекция	7	14	21	28	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Из двух значений выбираем наименьшее, соблюдая условие:

$$\Gamma = \min \begin{cases} \Gamma_{\Sigma}, \\ \Gamma_{\Pi}, \end{cases} \quad (2.9)$$

где Γ – глубина зоны возможного заражения АХОВ, км.

5. Вычисляем площадь зоны возможного заражения АХОВ S_B , км², по формуле:

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \quad (2.10)$$

где φ – угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ, принимаемые по табл. 2.13, град.

Таблица 2.13

Угловые размеры зон возможного заражения АХОВ в зависимости от скорости ветра V

V , м/с	<0,5	0,6-1	1,1-2	>2
φ град	360	180	90	45

6. Вычисляем площадь зоны фактического заражения АХОВ S_{Φ} , км², по формуле

$$S_{\Phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \quad (2.11)$$

где K_8 – коэффициент, который зависит от степени вертикальной устойчивости воздуха и принимается равным: 0,081 – для инверсии, 0,0133 – для изотермии и 0,235 – для конвекции.

7. Вычисляем продолжительность поражающего действия АХОВ (время испарения АХОВ с площади разлива) по формуле

$$T = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{//}}. \quad (2.12)$$

8. Вычисляем время подхода облака зараженного воздуха к заданному объекту:

$$t = \frac{x}{V}, \quad (2.13)$$

где x – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км;
 t – время подхода облака зараженного воздуха к заданному объекту, ч.

9. Вычисляем возможные общие потери населения в очаге поражения АХОВ по формуле

$$P^0 = S_{\Phi} \cdot \left[\frac{\Gamma_r}{\Gamma} \cdot \Delta \cdot K + \left(1 - \frac{\Gamma_r}{\Gamma} \right) \cdot \Delta' \cdot K' \right], \quad (2.14)$$

где P^0 – общие потери населения в очаге поражения АХОВ, чел;

Γ_r – глубина распространения облака зараженного АХОВ воздуха в городе, км;

Δ, Δ' – средняя плотность населения соответственно в городе и загородной зоне, чел/км²;

K, K' – доля незащищенного населения соответственно в городе и загородной зоне, вычисляемая по формуле:

$$K = 1 - n_1 - n_2, \quad (2.15)$$

$$K' = 1 - n'_1 - n'_2, \quad (2.16)$$

где n_1, n'_1 – доля населения, обеспеченного противогазами, соответственно в городе и в загородной зоне;

n_2, n'_2 – доля населения, обеспеченного убежищами, соответственно в городе и загородной зоне.

Для оперативных расчетов принимается, что структура потерь в очаге поражения АХОВ составит:

- 35% – безвозвратные потери;
- 40% – санитарные потери тяжелой и средней форм тяжести (выход людей из строя на срок не менее чем на 2–3 недели с обязательной госпитализацией);
- 25% – санитарные потери легкой формы тяжести.

Отображение зон возможного заражения АХОВ

При аварии (разрушении) объектов с АХОВ условные обозначения наносятся на карту (план, схему) в следующей последовательности:

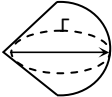
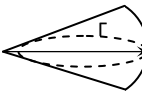
- точкой синего цвета отмечается место аварии и проводится ось в направлении распространения облака зараженного воздуха;
- на оси следа откладывают величину глубины зоны возможного заражения АХОВ;
- синим цветом наносится зона возможного заражения АХОВ в виде окружности, полуокружности или сектора, в зависимости от скорости ветра в приземном слое воздуха;
- зона возможного химического заражения штрихуется желтым цветом;
- возле места аварии синим цветом делается поясняющая надпись.

В числителе – тип и количество выброшенного АХОВ (т), в знаменателе – время и дата аварии (табл. 2.14).

Таблица 2.14

Отображение зон возможного заражения АХОВ на картах (схемах)

№ п/п	Скорость ветра, V, м/с	Угловые размеры зоны ВХЗ, φ, град	Вид зоны ВХЗ	Поясняющая надпись	Графическое изображение зоны ВХЗ
1	0,5 и менее	360	Окружность	$\frac{\text{Хлор} - 10}{6,00 \quad 1,7}$	
2	0,6–1,0	180	Полуокружность	$\frac{\text{Хлор} - 5}{7,00 \quad 1,8}$	

1	2	3	4	5	6
3	1,1–2,0	90	Сектор	$\frac{\text{Хлор} - 8}{5,00 \quad 3,6}$	
4	Более 2,0	45	>>	$\frac{\text{Аммиак} - 10}{4,00 \quad 5,3}$	

Примечание: зона фактического заражения имеет форму эллипса (на рисунках табл. 2.14 показана пунктиром), входит в зону возможного химического заражения (ВХЗ) и, обычно, не наносится на карты (схемы) ввиду возможного перемещения облака АХОВ.

Зона возможного химического заражения часто дополнительно подразделяется:

- на район аварии или место разлива АХОВ (непосредственно на карту не наносится);
- зону возможного распространения зараженного воздуха – площадь, в пределах которой распространяются АХОВ с поражающей концентрацией.

Населенные пункты в зоне возможного химического заражения с находящимися в них людьми, сельскохозяйственными животными и растениями составляют очаг возможного химического поражения.

Схема площади зоны возможного химического заражения приведена на рис. 2.2.

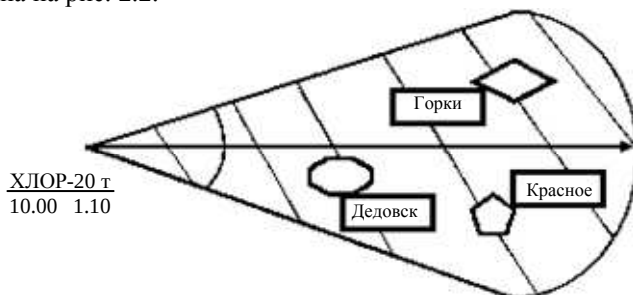


Рис. 2.2. Схема площади зоны возможного химического заражения

2.6. Химическая защита населения

Наличие в Российской Федерации большого количества химически опасных объектов и запасов опасных химических веществ, в том числе АХОВ создает постоянную угрозу возникновения на ее территориях чрезвычайных ситуаций с поражающим воздействием на все биосистемы различных видов АХОВ, что обуславливает объективную потребность в организации надежной и эффективной системы обеспечения химической безопасности и химической защиты населения.

Под химической безопасностью понимается состояние, при котором путем соблюдения правовых норм и санитарно-гигиенических правил, выполнения технологических и инженерно-технических требований, а также проведения соответствующих организационных и специальных мероприятий исключаются условия для химического заражения или поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений, загрязнения окружающей природной среды опасными химическими веществами в случае возникновения химической аварии.

Химическая защита населения представляет собой комплекс мероприятий, направленных на исключение или ослабление поражающего воздействия на население и персонал объектов экономики, в том числе химически опасных объектов боевых отравляющих веществ и АХОВ, уменьшение масштабов последствий химических аварий.

Отнесение предприятий, получающих, использующих, перерабатывающих, хранящих, транспортирующих, уничтожающих АХОВ, к опасным производственным объектам проводится в соответствии с критериями их токсичности, установленными федеральным законодательством.

Необходимость проведения мероприятий химической защиты обуславливается токсичностью АХОВ, попадающих в окружающую среду в результате аварий на химически опасных объектах, а также других событий.

Организация химической защиты определяется планами предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, разрабатываемыми на всех уровнях функционирования единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) и ее функциональных и территориальных подсистем.

Важнейшим фактором, предопределяющим ход защитных мероприятий, является, как правило, быстротечность химических аварий. Защитные мероприятия наиболее эффективны в случаях раннего обнаружения химической аварии, особенно на стадии предпосылок к ней или ее инициирования.

Организационно-техническими условиями раннего обнаружения химической аварии является наличие на химически опасном объекте эффективных систем контроля технологических процессов, систем (автоматизированных систем) контроля химической обстановки и локальных систем оповещения, а также профессиональная подготовленность, высокая ответственность и четкость действий дежурных диспетчерских служб предприятий.

Основными мероприятиями химической защиты являются: наблюдение и разведка, оповещение, использование средств индивидуальной защиты, специально подготовленных защитных сооружений, эвакуация людей в безопасные районы, проведение дегазационных работ.

Наблюдение в системе мероприятий химической защиты организуется и проводится для информационного обеспечения постоянного контроля за состоянием обстановки на химически опасных объектах и прилегающих к ним территориях, прогнозирования и своевременного выявления реальных предпосылок, признаков и угроз возникновения химических аварий и связанных с ними чрезвычайных ситуаций с превентивным проведением комплекса необходимых мер и действий по их предупреждению и максимально возможному смягчению ожидаемых и фактических последствий таких ситуаций.

Оповещение о химической аварии проводится с использованием локальных систем оповещения. Решение на оповещение персонала и населения принимается дежурными сменами диспетчерских служб АХОВ. Если прогнозируемые последствия аварии не выходят за пределы объекта, об аварии оповещаются дежурные смены аварийных служб, администрация и персонал предприятия, а также местные органы управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

При авариях, когда прогнозируется распространение поражающих факторов АХОВ за пределы объекта, оповещаются также население, руководители и персонал предприятий и организаций, попадающих в границы действия локальных систем оповещения.

При крупномасштабных химических авариях, когда локальные системы не обеспечивают требуемого масштаба оповещения, наряду с ними задействуются территориальные и местные системы централизованного оповещения.

При возникновении химической аварии в целях последующего осуществления конкретных защитных мероприятий организуется химическая разведка и проводится оценка обстановки, сложившейся (складывающейся) в результате аварии. Определяется наличие АХОВ, характер и объем выброса, направление и скорость движения облака, время прихода облака к тем или иным объектам производственного, социального, жилого назначения, территория, охватываемая последствиями аварии, в том числе степень ее заражения АХОВ и другие данные. В ходе разведки используются газоанализаторы и газосигнализаторы (ОГ-2, ГСА-12 и др.), приборы газового контроля (УПГК), приборы химической разведки (ВПХР, ППХР и др.) с индикаторными трубками на АХОВ. В настоящее время разрабатываются и внедряются новые перспективные средства выявления и оценки химической обстановки: фотоколориметрический газоанализатор (ИФГ) на семь видов АХОВ, индивидуальный прямопоказывающий газоанализатор «Колнон-2В» на десять видов АХОВ, универсальный прибор газового контроля УПГК «Лимб» на весь спектр АХОВ и др.

При химических авариях важную роль в обеспечении защиты населения может сыграть своевременная эвакуация населения из возможных районов химического заражения. Эвакуация в этих случаях может выполняться в упреждающем и экстренном порядке. Упреждающая (заблаговременная) эвакуация осуществляется в случаях угрозы или в процессе длительных по времени крупномасштабных аварий, когда прогнозируется угроза распространения зоны химического заражения. Экстренная (безотлагательная) эвакуация проводится в условиях быстротечных аварий с целью срочного освобождения от людей местности по направлению распространения облака АХОВ.

Основные используемые на практике критерии принятия решения на проведение эвакуации населения из зон химического заражения при возникновении аварии на химически опасных объектах приведены в табл. 2.15.

Таблица 2.15

**Критерии принятия решений на эвакуацию населения
из зон химического заражения**

№ п/п	Наименование АХОВ аварийно химически опасных веществ	Средняя токсодоза, мг·мин/л	
		пороговая	смертельная
1	Акролеин	0,2	-
2	Аммиак	15	100
3	Ацетонитрил	21,6	-
4	Ацетонциангидрид	0,54	-
5	Водород мышьяковистый (арсин)	7,5	-
6	Водород фтористый	4	7,5
7	Водород цианистый (синильная кислота)	0,2	1,5
8	Диметиламин	4,8	-
9	Кислота бромистоводородная	2,4	-
10	Водород хлористый	2	200
11	Метиламин	4,8	-
12	Метил бромистый	3,5	900
13	Метил хлористый	90,0	-
14	Метилмеркаптан	1,7	-
15	Метилакрилат	6	-
16	Нитрилакриловая кислота (акрилонитрил)	0,75	7
17	Окислы азота	0,002	1,5
18	Оксид этилена	41	-
19	Сернистый ангидрид	1,8	70
20	Сероводород	16,1	30
21	Серовуглерод	45	900
22	Соляная кислота (концентрированная)	2	200
23	Триметиламин	6	-
24	Формальдегид	0,6	-
25	Фосген	0,6	6
26	Фтор	0,39	-
26	Фосфор треххлористый	3	30
27	Фосфора хлорокись	0,6	-
28	Хлор	0,6	6
29	Хлорпикрин	0,02	24
30	Хлорциан	0,75	-
31	Этиленамин	4,8	48
32	Этиленсульфид	0,1	-
33	Этилмеркаптан	6	-

По техническим характеристикам средств очистки и регенерации воздуха, которыми оснащены убежища, а также допустимым параметрам воздушной среды в их помещениях, в условиях

химических аварий может быть обеспечена надежная защита укрываемых:

- в режиме полной изоляции (регенерации внутреннего воздуха) для всех видов АХОВ в любых концентрациях – на время до 6 ч;
- в режиме фильтровентиляции при концентрациях АХОВ ниже $0,1 \text{ мг/м}^3$ – на время 4–5 ч.

По истечении указанных сроков укрываемые должны быть выведены из убежищ, при необходимости – в индивидуальных средствах защиты.

Серьезной проблемой, осложняющей использование убежищ и иных защитных сооружений гражданской обороны при химических авариях, является неудовлетворительное состояние их оборудования для очистки воздуха, сроки эксплуатации и технический ресурс которого на большинстве химически опасных объектов истекли.

Достаточно надежным и эффективным способом защиты от АХОВ работников химически опасных объектов и проживающего на территориях вокруг них населения при возникновении химических аварий является использование средств индивидуальной защиты.

Серьезнейшей проблемой использования средств индивидуальной защиты является необходимость своевременного обеспечения ими населения, особенно, средствами индивидуальной защиты органов дыхания в условиях химических аварий. Для защиты от АХОВ средства индивидуальной защиты должны быть выданы населению в кратчайшие сроки, однако из-за удаленности мест хранения, реальное время их выдачи может составлять от 2–3 до 24 ч. За этот период население, попавшее в зону химического заражения, может получить поражения различной степени тяжести. В целях сокращения времени обеспечения населения средствами индивидуальной защиты в настоящее время в ряде субъектов Российской Федерации в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации проводится эксперимент, связанный с заблаговременной выдачей населению противогазов в личное пользование. В случае положительного результата эксперимента подобная практика может быть применена для обеспечения химической защиты населения других регионов страны, в том числе проживающего вблизи объектов, на которых осуществляется хранение и уничтожение химического оружия.

Одним из важнейших мероприятий химической защиты является проведение спасательных работ в очаге поражения и ликвидация последствий химической аварии.

Спасательные работы планируются и проводятся непосредственно на объекте, на котором произошла химическая авария, а также на территориях и в жилых кварталах, оказавшихся в зоне химического заражения. Для проведения спасательных работ на аварийном объекте, если авария не сопровождалась взрывами и массовыми разрушениями производственных зданий, привлекаются в основном объектовые аварийно-спасательные службы и аварийно-спасательные формирования, подготовленные и аттестованные для проведения такого вида работ. При необходимости объектовые формирования усиливаются территориальными формированиями и подразделениями гражданской обороны.

Одновременно с проведением спасательных работ в очаге химического поражения проводятся мероприятия по локализации и ликвидации пролива или выброса АХОВ, от времени испарения которых зависят продолжительность действия источника заражения и масштабы зоны химического заражения.

Локализация пролива АХОВ предусматривает снижение производительности источника заражения за счет уменьшения площади его испарения с одновременным подавлением образовавшегося при испарении АХОВ облака зараженного воздуха химическими растворами или водой.

Для ликвидации пролива АХОВ осуществляется нейтрализация разлившейся ядовитой жидкости с использованием химических реагентов, откачивание разлившейся жидкости в специальные емкости для последующей транспортировки к местам ее переработки или уничтожения, покрытие площади разлива ядовитой жидкости пленочными или легкими сыпучими веществами с последующим сбором образовавшейся зараженной массы в запасные резервуары или специально оборудованные ямы (траншеи) и транспортировкой ее к местам утилизации, обеззараживание местности после ликвидации пролива АХОВ и другие мероприятия.

Обеззараживание выбросов (проливов) АХОВ может осуществляться жидкостным и безжидкостным способами с использованием воды, щелочи (водного раствора едкого натра), водных растворов аммиака, кислот (соляной, серной), водных растворов (суспензий) гипохлоритов кальция (двухвалентный гипохлорит кальция – ДТСГК, нейтральный гипохлорит кальция –

НГК), гипохлорита и сульфита натрия, водных растворов перекиси водорода, а также с использованием грунта, песка и керосина.

Щелочь NaOH (водный раствор едкого натра) представляет собой плавленый монолит или мелкие чешуйки. На воздухе поглощает влагу и углекислый газ, хранится в герметичной таре. Технический твердый едкий натр плавленый хранится и транспортируется в герметичных железных барабанах емкостью 50–170 л, чешуйчатый – упаковывается в мешки из полиэтиленовой пленки, хранится и транспортируется в герметичных барабанах емкостью 25–100 литров. Приготовление раствора щелочи требует соблюдения мер безопасности, так как при растворении едкого натра выделяется значительное количество тепла.

Аммиачная вода NH_4OH (20–25%-й раствор аммиака в воде). Температура замерзания зависит от содержания в ней аммиака и составляет для 25%-го раствора минус 40°C. Хранится и транспортируется в железных бочках емкостью 100–250 л, а также в железнодорожных цистернах.

Водные растворы кислот:

– серная кислота H_2SO_4 – бесцветная жидкость. При приготовлении растворов ее всегда приливают к воде, а не наоборот, во избежание разбрызгивания воды из-за вскипания;

– соляная кислота HCl – бесцветная жидкость с резким запахом хлороводорода, техническая кислота обычно окрашена примесями в желтый цвет.

Кислоты хранятся и транспортируются в стальных сосудах или в стеклянных бутылках.

Водные растворы (суспензии) гипохлоритов кальция $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Двевретисосновная соль гипохлорита кальция (ДТС ГК) $3\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$ – белый сыпучий порошок с запахом хлора. В воде растворяется умеренно, в органических растворителях не растворяется. Под действием тепла, влаги и углекислого газа ДТС ГК разлагается, поэтому его необходимо хранить в герметичной таре в прохладном месте. ДТС ГК упаковывается, хранится и транспортируется в барабанах из оцинкованной стали емкостью 25–30 л.

Водные растворы (суспензии), кашицы гипохлоритов кальция применяются при температуре 5 °C и выше и готовятся непосредственно перед применением. Кашица ДТС ГК готовится путем смешивания двух объемов ДТС ГК и одного объема воды.

Водные растворы гипохлорита натрия. Гипохлорит натрия NaOCl – порошок с запахом хлора. Взрывоопасен в присутствии органических веществ. Гипохлорит натрия производят в

промышленном масштабе и выпускают в виде кристаллогидратов, основных солей и водных растворов. Растворимость в воде при 15 °С составляет около 30%, при 20 °С – свыше 50%, в горячей воде разлагается.

Водный раствор гидроксиламина. Гидроксиламин NH_2OH – твердое вещество с температурой плавления 32 °С, гигроскопично, хранится в герметичной таре. Растворяется в воде, спирте, не растворяется в бензоле.

Водный раствор перекиси водорода. Перекись водорода H_2O_2 – смешивается с водой в любых соотношениях. 30%-й раствор перекиси водорода, содержащий стабилизирующие добавки, называется пергидролем.

Водный раствор сульфида натрия. Сульфид натрия Na_2S – порошок с температурой плавления 1180 °С. Сильно гигроскопичен. При действии воздуха и света окисляется и при этом желтеет. В воде при температуре 20 °С растворяется около 14% объема данного вещества.

При применении растворов и веществ для обеззараживания АХОВ жидкостным способом могут быть использованы авторазливочные станции (АРС), пожарные и поливомоечные машины.

Для обеззараживания выбросов (проливов) АХОВ и приготовления водных обеззараживающих растворов может использоваться пресная вода, в том числе из открытых источников и водоемов.

Ориентировочные нормы расхода обеззараживающих растворов приведены в табл. 2.16.

Таблица 2.16

Средства обеззараживания АХОВ

Наименование АХОВ	Агрегатное состояние АХОВ при выбросе (проливе)	Обеззараживающие растворы (вещества)	
		Состав	Расход на 1т АХОВ, т
1	2	3	4
Азота оксиды (тетраоксид азота)	Жидкость	10%-й раствор щелочи вода	8–9 4–5
Акрилонитрил	>>	10%-й раствор щелочи керосин	8 1–2
Акролеин	>>	30%-й раствор гидроксиламина	2
Аммиак	Газ	10%-й раствор соляной (серной) кислоты вода	20(60) 2

Продолжение табл. 2.16

1	2	3	4
Ацетонитрил	Жидкость	30%-й раствор гидроксиламина вода	2,5 0,9
Ацетонциангидрин	>>	10%-й раствор щелочи вода	5 2
Бромистый водород	Газ	10%-й раствор щелочи декарболит	5 3–4
Бромистый метил	Жидкость	10%-й раствор щелочи	5
Диметиламин	>>	10%-й раствор соляной кислоты вода	10 4
Метиламин	Газ	10%-й раствор соляной кислоты вода	10 6
Метилакрилат	Жидкость	10%-й раствор хлорной извести	25
Метилмеркаптан	>>	10%-й раствор щелочи	8
Мышьяковистый водород	Газ	керосин вода	1–2 5
Сероводород	>>	вода	300
Сероводородная кислота	Жидкость	10%-й раствор щелочи	240
Сероуглерод	>>	10%-й раствор гипохлорита кальция	40
Сернистый ангидрид	Газ жидкость	10%-й раствор щелочи вода	12,5 3
Соляная кислота	Жидкость	5%-й раствор щелочи вода	7,4 8
Синильная кислота	Жидкость	10%-й раствор гипохлорита кальция формалин	40–45 3
Триметиламин	>>	10%-й раствор соляной кислоты вода	6 4
Формальдегид Формалин	Газ жидкость	Вода	3
Фосген	Газ	Вода	1000
	жидкость	10%-й раствор щелочи 10%-й раствор щелочи	160 16–20
Фосфор треххлористый	Жидкость	Вода	8
Фосфора хлорокись	>>	>>	9
Фтор	Газ	>>	500
Фтористый водород	Жидкость	>>	360
Хлор	Газ жидкость	>> 5%-й раствор щелочи	330–500 22–25 0,6–0,9 22–23
Хлорпикрин	Жидкость	5%-й раствор сульфида натрия	14
Хлорциан	>>	10%-й раствор щелочи	14

Окончание табл. 2.16

1	2	3	4
Хлористый водород	Газ	вода	20
Хлористый метил	>>	10%-й раствор щелочи	10
Этиленминин	Жидкость	25%-й раствор аммиака 10%-й раствор гипохлорита натрия	2 20
Этилмеркаптан	>>	10%-й раствор щелочи	7
Этиленсульфид	>>	30%-й раствор перекиси водорода	2
Этилена окись	>>	25%-й раствор аммиака вода	2 4–5

При отсутствии обеззараживающих растворов, веществ или соединений могут использоваться отходы производства, содержащие в своем составе щелочи, кислоты и вещества окислительного и окислительно-хлорирующего действия [13–16].

При применении сыпучих материалов для обеззараживания проливов АХОВ могут быть использованы автогрейдеры, бульдозеры, скреперы, экскаваторы. Норма расхода песка, грунта и других сыпучих веществ и материалов для обеззараживания пролива 1 т АХОВ составляет 3–4 т. Характеристика грунтов и песка приведены в табл. 2.17.

Таблица 2.17

**Объемный вес грунтов, применяемых при обеззараживании
выбросов АХОВ в окружающую среду**

Грунт	Объемный вес, т/м ³
Глина в грунте или плотной массе	1,69–1,93
>> с глыбами в грунте	2,0–2,7
Грунт песчано-глинистый	2,5–2,7
Дерн	1,4
Земля в растительном грунте	1,52
>> торфяная	0,5–0,8
>> глинистая в грунте	1,6
>> смешанная с песком или гравием	1,86
>> садовая свежая	2,05
>> садовая сухая	1,72
Песок чистый сухой	1,37–1,62
>> влажный	1,43–1,94
>> овражный глинистый	1,69–1,77
>> речной влажный	1,77–1,86
>> мокрый	1,95–2,05
Чернозем сухой	0,85

Контрольные вопросы:

1. Дать определение химической безопасности и химической защиты.
2. Классификация отравляющих веществ.
3. Характеристика отравляющих веществ общедовитого действия.
4. Характеристика отравляющих веществ нервнопаралитического действия.
5. Характеристика отравляющих веществ удушающего и кожно-нарывного действия.
6. Дать определение и основные токсические характеристики аварийно химически опасных веществ.
7. Основные способы защиты от аварийно химически опасных веществ.
8. Основные методы и средства обеззараживания выбросов (проливов) аварийно химически опасных веществ.

Глава 3. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ

3.1. Предназначение и классификация средств индивидуальной защиты

Аварии на радиационно-, химически опасных объектах могут привести к заражению окружающей среды, поражению работающего персонала объекта и проживающего вблизи него населения.

В момент воздействия на человека физиологически активные вещества могут быть в виде аэрозолей (дым, пыль, туман, изморозь), паров или газов. Количественные отличия в размерах аэрозольных частиц и молекул паров и газов приводит к существенным качественным различиям в способах обеспечения защиты от их поражающего воздействия.

Действенной мерой, направленной на снижение последствий чрезвычайных ситуаций на таких предприятиях, является своевременное обеспечение людей, находящихся в зоне вероятного заражения, средствами индивидуальной защиты (СИЗ).

Средства индивидуальной защиты предназначены для защиты человека от воздействия опасных химических веществ (ОХВ), радиоактивных веществ (РВ), биологических средств (БС) и тепловых потоков.

По назначению существующие в настоящее время средства индивидуальной защиты подразделяются на средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), средства защиты кожи (СЗК) и медицинские средства индивидуальной защиты (МСИЗ).

По способу изготовления средства индивидуальной защиты подразделяются на изготовленные промышленностью и на простейшие, изготовленные населением из подручных материалов.

По принципу действия средства индивидуальной защиты подразделяются на фильтрующие и изолирующие.

Кроме того, средства индивидуальной защиты могут быть табельными, обеспечение которыми осуществляется согласно соответствующим табелям (нормам), и не табельными, предназначенными для снабжения штатных и нештатных формирований аварийно-спасательных формирований в дополнение к табельным средствам или в порядке их замены [17–21].

Классификация существующих в настоящее время средств индивидуальной защиты показана на рис. 3.1.

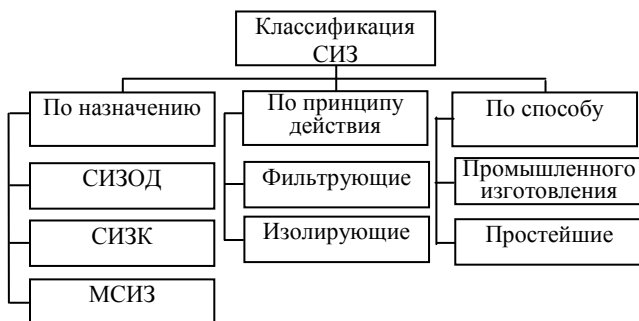


Рис. 3.1. Классификация средств индивидуальной защиты

3.2. Средства индивидуальной защиты органов дыхания

К средствам индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) относятся противогазы, респираторы, изолирующие дыхательные аппараты, камеры детские и простейшие средства (противопыльные тканевые маски и ватно-марлевые повязки).

По принципу действия все средства индивидуальной защиты органов дыхания подразделяются:

- на фильтрующие, предназначенные для очистки воздуха от вредных примесей в условиях содержания кислорода в воздухе не менее 18% и ограниченного содержания вредных веществ;
- изолирующие, предназначенные для действий в условиях содержания кислорода в воздухе менее 18% и неограниченного содержания вредных примесей.

Фильтрующие средства индивидуальной защиты органов дыхания работают по принципу фильтрации, осаждения и удержания аэрозольных частиц на волокнах фильтра. При использовании фильтрующим средством индивидуальной защиты человек дышит кислородом, содержащимся в окружающей атмосфере.

При всем многообразии вредных примесей очистка воздуха сводится к его очистке от аэрозолей и молекул (пар, газ).

Очистку воздуха от аэрозолей осуществляют с помощью противоаэрозольных фильтров (ПАФ), изготавливаемых из волокон различной природы (целлюлозы, асбеста, стекловолокна, полимерных волокон) диаметром от 0,2 до 30 мкм.

Происходящий при очистке зараженного воздуха сложный физико-химический процесс осаждения и удержания аэрозольных частиц на волокнах называют фильтрацией. В большинстве случаев размеры частиц, аэрозолей значительно меньше (в 10–100 раз) промежутков между волокнами.

В процессе фильтрации основное количество аэрозольных частиц задерживается фильтрующим материалом, однако, некоторая их доля с током воздуха проходит сквозь фильтрующий материал. Это явление называют проницаемостью. Защитные свойства материалов, применяемых для защиты от аэрозолей, характеризуют коэффициентом проницаемости K_{ϕ} , показывающим долю частиц, прошедших сквозь фильтрующий материал. Значение коэффициента проницаемости определяют как отношение концентрации C_{π} аэрозольных частиц, прошедших сквозь фильтрующий материал, к их концентрации C_0 в окружающем воздухе и обычно выражают в процентах:

$$K_{\phi} = C_{\pi}/C_0, \quad (3.1)$$

Защита органов дыхания от аэрозолей будет обеспечена в том случае, если концентрация аэрозольных частиц за фильтрующим материалом не превысит допустимой величины. В зависимости от токсичности и опасности для человека бактериальных и радиоактивных аэрозолей, а также аэрозолей отравляющих веществ (ОВ) и АХОВ коэффициент проницаемости противоаэрозольного фильтра может быть от 0,0001 % до 0,1%.

Для паров и газов фильтрующие материалы препятствия не представляют. Поэтому средства индивидуальной защиты органов дыхания, конструктивно имеющие противоаэрозольный фильтр из волокнистого материала, предназначены только для защиты от аэрозолей с твердой дисперсной фазой.

Задержанные противоаэрозольным фильтром жидкие аэрозольные частицы, а также твердые частицы, способные к сублимации, могут создавать во вдыхаемом воздухе опасные концентрации паров.

Для обеспечения защиты от таких аэрозольных частиц приходится применять не только фильтрующие материалы, но и сорбенты.

В средствах индивидуальной защиты органов дыхания очистка воздуха от вредных газообразных примесей основывается на принципе сорбции (поглощения), под которым понимают процессы физической адсорбции, химической сорбции (хемосорбции) и ее разновидности – каталитической сорбции.

Физической адсорбцией или просто адсорбцией называют процесс концентрирования молекул газа или пара на поверхности или в объеме микропор твердого тела (адсорбента). Она обусловлена проявлением сил межмолекулярного взаимодействия между молекулами пара или газа и атомами или молекулами твердого тела.

Максимальное количество адсорбированного в данных условиях вещества, отнесенное к единице массы или объема адсорбента, называют величиной адсорбции. Она зависит от физико-химических свойств вредной примеси, свойств адсорбента и условий адсорбции.

Адсорбция легколетучих веществ, особенно при повышенных температурах, может быть недостаточна. В этом случае используют хемосорбционные и каталитические принципы поглощения. Они реализуются в результате протекания химических реакций между молекулами пара (газа) и специальными хемосорбционными добавками, внедряемыми в поры сорбента, или в результате каталитического взаимодействия молекул вредной примеси с влагой, находящейся в порах сорбента.

Явлениям хемосорбции и каталитической сорбции свойственны черты, присущие процессам, происходящим в результате химического взаимодействия, в частности, зависимость скорости реакции и, следовательно, количества поглощенного вещества от температуры.

Для повышения эффективности процессов хемосорбции и каталитической сорбции в сорбент добавляются медь в виде CuO , Cu_2O , CuCrO_4 5 – 7%; хром в виде CuCrO_4 , CrO_3 1,2 – 2%; серебро в виде Ag_2O 0,04%.

Слой сорбента, поглощающий вредную примесь, называют шихтой. Защитные свойства шихты характеризуют динамической активностью, под которой понимают количество вещества, поглощенное за время защитного действия. Указанное время представляет собой промежуток времени от момента начала непрерывного поступления в шихту зараженного воздуха с постоянной концентрацией вредной примеси до ее появления за шихтой в концентрации равной пороговой, т. е. вызывающей первичные признаки поражения.

Время защитного действия средств индивидуальной защиты органов дыхания будет зависеть от концентрации вредной примеси и физической нагрузки, испытываемой человеком.

Динамическая активность шихты m может быть рассчитана по формуле

$$m = C_0 \cdot V \cdot T_3, \quad (3.2)$$

где C_0 – концентрация вредной примеси, поступающей в шихту, г/м³;

V – объем легочной вентиляции, м/с;

T_3 – время защитного действия, с.

В реальных условиях использования средств индивидуальной защиты органов дыхания концентрация вредной примеси со временем изменяется (уменьшается). Переменным может быть и объем легочной вентиляции, зависящий от физической нагрузки. Поэтому табличные значения динамической активности средств индивидуальной защиты органов дыхания могут использоваться лишь для оценочных расчетов времени защитного действия. При этом расчетное время защитного действия всегда будет меньше реального.

Необходимо отметить, что шихта не обеспечивает защиту от аэрозолей. Громадная поверхность пористого сорбента просто не доступна для аэрозольных частиц.

Универсальная фильтрующе-поглощающая система (ФПС), обеспечивающая защиту от аэрозолей и от паров (газов), должна конструктивно содержать противоаэрозольный фильтр и сорбент. При этом сорбент должен располагаться по току воздуха за фильтрующим материалом. В таком случае при дыхании будут поглощаться молекулы испаряющегося вещества, аэрозольные частицы которого задержаны противоаэрозольным фильтром.

Имеются конструкции фильтрующе-поглощающих систем, в которых волокнистый материал и сорбент представляют собой единую композиционную структуру.

Другим элементом конструкции средств индивидуальной защиты органов дыхания является лицевая часть (шлем-маска, маска, полумаска), служащая для подвода очищенного воздуха к органам дыхания и их изоляции от окружающей среды. Герметизация подмасочного пространства обеспечивается за счет плотного прилегания (обтюрации) корпуса лицевой части к лицу человека. Полоса контакта лицевой части средств индивидуальной защиты органов дыхания и лица человека (полоса обтюрации), по которой осуществляется герметизация, в современных образцах средств защиты может проходить по замкнутой линии, соединяющей подбородок, щеки, виски и лоб, или по линии: подбородок-щеки-переносье. Полоса обтюрации, указанная последней, реализована в конструкции ряда респираторов и подмасочников лицевых частей некоторых противогазов.

При пользовании средствами индивидуальной защиты органов дыхания внешний воздух может проникать в подмасочное пространство лицевой части только тогда, когда в нем создается разрежение (вакуум), т. е. при вдохе. Этот процесс принято называть подсосом. Количественно подсос характеризуют коэффициентом подсоса (K_n), который обычно выражают в процентах.

Для отдельных образцов средств индивидуальной защиты органов дыхания в зависимости от их предназначения K_n может иметь значение от 0,0001 % до 0,1 %.

Таким образом, защитные свойства фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания могут характеризоваться тремя основными показателями:

- коэффициентом проницаемости (защитные свойства ФПС от аэрозолей);
- динамической активностью (защитные свойства ФПС от паров и газов);
- коэффициентом подсоса (защитные свойства лицевой части от аэрозолей, паров, газов).

По своему назначению фильтрующие средства индивидуальной защиты органов дыхания можно разделить на три группы:

- противогазы и респираторы для личного состава Вооруженных Сил, предназначенные в основном для защиты от радиоактивной пыли, отравляющих веществ и биологических (бактериальных) аэрозолей, обладающие также защитными свойствами от ряда аварийно химически опасных веществ;
- промышленные противогазы и респираторы, предназначенные для защиты работающего персонала промышленных объектов от воздействия конкретных вредных примесей (аварийно химически опасного вещества), т.е. имеют строгую направленность, что позволяет повысить их защитную мощность.
- гражданские противогазы и респираторы, предназначенные для аварийно-спасательных и иных формирований и служб, населения, представляющие собой (за исключением детских средств индивидуальной защиты органов дыхания) несколько упрощенные по конструкции средства защиты для личного состава Вооруженных Сил.

Фильтрующие противогазы являются наиболее универсальными средствами защиты органов дыхания, обеспечивающими высокую степень очистки воздуха от вредных примесей в виде аэрозолей и

паров (газов). Они могут быть коробочными и бескоробочными, большого и малого габаритов.

Противогазы состоят из фильтрующе-поглощающей системы и лицевой части. Кроме того, в его комплект входят сумка для переноса, средства борьбы с обледенением и запотеванием очкового узла лицевой части и различные принадлежности.

Фильтрующе-поглощающая система коробочного противогаза представляет собой коробку, изготовленную из металла или пластмассы. В коробке расположен противоаэрозольный фильтр, изготовленный из волокон различной природы (целлюлоза, асбест, стекловолокно, полимерные волокна) и сорбент (шихта) диаметром от 0,2 до 30 мкм.

Поглощающий слой состоит из сорбента в форме зерен или гранул различного размера (1,0–1,5 мм). Наибольшее распространение получили угли-катализаторы, представляющие собой активные угли с введенными в их пористую структуру хемосорбционными и каталитическими добавками. В среднем можно принять, что в углях-катализаторах содержится меди 5–7%, хрома – 1,2–2,0% и серебра – 0,04% в виде окислов металлов.

В бескоробочном противогазе очистка воздуха осуществляется фильтрующе-поглощающей системой, выполненной в виде фильтрующе-поглощающих элементов, в которых фильтрующе-сорбирующий материал совмещает функции противоаэрозольного фильтра и шихты. Лицевая часть противогаза большого габарита включает в свой состав соединительную трубку для подсоединения фильтрующе-поглощающей системы к шлем-маске или маске. У противогазов малого габарита соединительная трубка отсутствует и крепление фильтрующе-поглощающей системы осуществляется непосредственно к шлем-маске (маске).

Гражданские противогазы предназначены для использования населением в чрезвычайных ситуациях и подразделяются:

- для взрослого населения – ГП-5, ГП-5М, ГП-7, ГП-7В, ГП-7ВМ, ГП-7ВС;

- для детей (от 1,5 лет) – ПДФ-Д, ПДФ-Ш, ПДФ-7, ПДФ-2Д;

- для малышей (менее 1,5 года) – камера защитная детская (КЗД).

В состав комплекта противогаза ГП-5 входят фильтрующе-поглощающая коробка ГП-5 и лицевая часть ШМ-62У, которая представляет собой шлем-маску, изготовленную из натурального или

синтетического каучука, в шлем-маску вмонтированы очковый узел и клапанная коробка.

Противогаз ГП-5М отличается от противогаза ГП-5 шлем-маской ШМ-66МУ, имеющей, в отличие от ШМ-62У, переговорное устройство мембранного типа и вырезы для ушей (кроме шлем-маски нулевого роста).

В комплект противогаза ГП-7 входят: фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7К, лицевая часть в виде маски (МГП) объемного типа, сумка, гидрофобный трикотажный чехол, коробка с не запотевающими пленками, уплотнительные манжеты. Коробка ГП-7К по конструкции аналогична коробке противогаза ГП-5, но имеет меньшее сопротивление дыханию. Указанное обстоятельство обусловлено изменением состава противоаэрозольного фильтра. Гидрофобный трикотажный чехол служит для предохранения коробки противогаза от грязи, снега, влаги, грунтовой пыли. Маска МГП имеет наголовник в виде пластины с пятью лямками, на которых сделаны уступы для регулирования их длины при подгонке маски по размеру головы. Улучшенная конструкция переговорного устройства маски обеспечивает четкое понимание передаваемой речи, значительно облегчает пользование средствами связи (телефоном, радио).

В комплект противогаза ГП-7В входит лицевая часть МГП-В, аналогичная лицевой части МГП, но имеющая дополнительно под переговорным устройством приспособление для приема воды, представляющее собой резиновую трубку с мундштуком и ниппелем.

У противогаза ГП-7ВМ маска М-80 имеет очковые стекла треугольной формы с закругленными углами, что увеличивает поле зрения при пользовании противогазом. Коробка ГП-7К может быть подсоединена к одной и той же маске как с левой, так и с правой стороны.

Все гражданские противогазы комплектуются типовой противогазовой коробкой, имеющей некоторые отличительные особенности по составу наполнителя. Главное же их отличие заключается в конструктивных особенностях и размерах лицевых частей.

Внешний вид гражданских изолирующих противогазов ГП-7(7ВМ) показан на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Гражданские изолирующие противогазы ГП-7(7ВМ)

Несмотря на то, гражданские противогазы комплектуются малогабаритными коробками, имеющими небольшой слой шихты, их защитная способность от концентраций отравляющих веществ, создаваемых в полевых условиях, практически не ограничена. Однако в условиях чрезвычайных ситуаций, вызванных крупномасштабными выбросами АХОВ, когда в атмосфере окружающего воздуха могут создаваться концентрации на несколько порядков выше, чем от отравляющих веществ в полевых условиях, время защитного действия противогазов весьма ограничено, а в ряде случаев равно нулю. Это связано с тем, что гражданские противогазы не обеспечивают защиту от ряда АХОВ (аммиак, диметиламин, метил хлористый, окислы азота, окись этилена, окись углерода и др.). Кроме того, на небольших расстояниях от постоянно действующего источника заражения в условиях высоких концентраций может произойти мгновенный прорыв шихты противогазовой коробки.

Детский противогаз ПДФ-Д предназначен для детей дошкольного возраста (от 1,5 до 17 лет). Противогазы ПДФ-Ш и ПДФ-Д комплектуются фильтрующе-поглощающими коробками ГП-5 и лицевыми частями МД-3 или ШМ-62У. Лицевая часть МД-3 представляет собой объемную маску из мягкой эластичной резины с очками и наголовниками. Более совершенными моделями являются детские противогазы ПДФ-2Д для детей дошкольного возраста и ПДФ-2Ш для детей школьного возраста. В комплект этих противогазов входят фильтрующе-поглощающая коробка ГП-7К и лицевая часть МД-4. Лицевая часть в виде маски, входящая в комплект противогаза, имеет существенное преимущество по сравнению со шлем-маской.

Регулируемая система крепления маски на голове человека позволяет обеспечить герметизацию подмасочного пространства при минимальном механическом воздействии лицевой части на голову. Указанная возможность реализуется за счет индивидуальной подгонки маски.

В целях расширения диапазона обеспечения защиты от различных АХОВ и повышения защитных свойств противогазов в настоящее время промышленностью изготавливаются дополнительные специальные патроны к фильтрующим гражданским и детским противогазам ДП-1, ДП-2, ДПГ-1, ДПГ-3 и ПЗУ-К.

Дополнительный (гопкалитовый) патрон ДП-1 (ДП-2) используется вместе с противогазовой коробкой для защиты от окиси углерода.

Таблица 3.1

Защитные свойства гражданских противогазов от АХОВ

Наименование АХОВ	Исходная концентрация, мг/л	Время защитного действия, мин		
		Противогаз ГП-5 (ГП-7)	Противогаз с ДПГ-1	Противогаз с ДПГ-3
Аммиак	2,3 (5,0)	0 (0)	60,0 (30,0)	80,0 (60)
Диметиламин	5,0	0	60,0	80,0
Диоксид азота	1,0	0	30,0	0
Метил хлористый	0,5	0	35,0	0
Оксид углерода	3,0	0	40,0	0
Оксид этилена	1,0	0	25,0	0
Сероводород	10,0	25,0	50,0	50,0
Соляная кислота	5,0	20,0	30,0	30,0
Хлор	5,0	40,0	60,0	100,0
Этилмеркаптан	5,0	40,0	120,0	120,0

Примечания.

1. "0" означает, что защита отсутствует.
2. Время защитного действия дано для скорости воздушного потока 30 л/мин, относительной влажности воздуха 75% и температуре окружающей среды от 30 °С до 40 °С, оксида углерода, оксида этилена и хлористого метила от – 10 °С до + 40 °С.
3. Для детских противогазов время защитного действия по аварийно химически опасным веществам при скорости воздушного потока 15 л/мин примерно в 2 раза больше.

Дополнительные патроны ДПГ-1 и ДПГ-3 используются также вместе с противогазовой коробкой для защиты от аммиака, хлора,

диметиламина, сероводорода, сероуглерода, нитробензола, синильной кислоты, тетраэтил свинца, фенола, фурфурола, фосгена, хлористого водорода, этил-меркаптана. Дополнительный патрон ДПГ–1, кроме указанных выше АХОВ, защищает от оксида углерода, двуокиси азота, метила хлористого и оксида этилена.

В этом патроне кроме гопкалита, имеется осушитель-силикагель (высушенный гель оксида кремния SiO_2 , обработанный хлористым кальцием CaCl_2). Влага для осушителя является ядом, поэтому патрон при хранении должен быть плотно закрыт. Патрон защитный универсальный ПЗУ-К обеспечивает защиту органов дыхания от окиси углерода и ряда АХОВ, причем он может использоваться в комплекте с гражданским противогазом и только с его лицевой частью.

Следует отметить, что противогазы ГП–7 (ГП–7В, ГП–7ВМ), ПДФ–2Д, ПДФ–2Ш, укомплектованные фильтрующе-поглощающей коробкой ГП–7К, можно применять для защиты от радионуклидов йода и его органических соединений.

Защитные свойства фильтрующих гражданских противогазов приведены в табл. 3.1.

Камера защитная детская (КЗД–4, КЗД–6) предназначена для защиты детей в возрасте до 1,5 лет в интервале температур от -10°C до $+26^\circ\text{C}$. В комплект входит камера защитная КЗД, накидка для защиты от атмосферных осадков, картонная коробка и полиэтиленовый мешок для хранения камеры.

Основным узлом камеры является оболочка из прорезиненной ткани. Она монтируется на разборном металлическом каркасе, который вместе с поддоном образует кроватку-раскладушку. В оболочку камеры вмонтированы два фильтрующее-сорбирующих элемента, через которые воздух снаружи, очищаясь, проникает внутрь камеры. Для наблюдения за ребенком в оболочке камеры имеются два смотровых окна, а для ухода – рукавицы из прорезиненной ткани. Ребенок помещается в камеру через специальное отверстие, которое герметизируется. Переносится камера с помощью плечевой тесьмы. Непрерывный срок пребывания ребенка в камере составляет до 6 ч. Подготовленная к использованию камера весит около 4 кг.

Промышленные противогазы являются средствами индивидуальной защиты органов дыхания, глаз, лица работающего персонала, различных объектов экономики. Они предназначены для защиты от конкретных вредных примесей и поэтому имеют узкую направленность по обеспечению защиты.

Применение промышленных противогазов имеет ряд особенностей.

Во-первых, такие противогазы запрещается применять как и обычные фильтрующие противогазы при недостатке кислорода в воздухе, например, при работах в емкостях, цистернах, колодцах и других изолированных помещениях. Их используют только там, где в воздухе содержится не менее 18% кислорода, суммарная объемная доля паро- и газообразных вредных веществ не превышает 0,5% (фосфористого водорода – не более 0,2%, мышьяковистого водорода – 0,3%).

Во-вторых, не допускается применение промышленных противогазов для защиты от низкокипящих, плохо сорбирующихся органических веществ, таких, как метан, этилен, ацетилен. Не рекомендуется работать в таких противогазах, если состав газов и паров вредных веществ неизвестен.

В-третьих, знать особенности защитных свойств промышленных противогазов, правила обращения с ними должны не только работники производственных объектов, имеющие отношение к АХОВ, но и население, проживающее вблизи таких объектов.

Лицевые части основных типов промышленных противогазов показаны на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Лицевые части для противогазов

Основными элементами комплекта промышленного противогаза являются: коробка большого или малого габарита и лицевая часть гражданского противогаза (шлем-маска или маска).

Коробки большого габарита подсоединяются к лицевым частям ШМ-62, ШМ-62МУ с помощью соединительной трубки, коробки же малого габарита непосредственно к лицевым частям МГП, МГП-В, М-80.

В соответствии с назначением коробки промышленных противогазов могут содержать в себе один или несколько специальных поглотителей или поглотитель и противоаэрозольный фильтр и различаются цветовой окраской и маркировкой.

Коробки, снабженные кроме поглотителя и противоаэрозольным фильтром, имеют тот же цвет и белую вертикальную полосу посередине, а коробки малого габарита из пластмассы – дно белого цвета. Отдельные марки коробок выпускают трех видов: два вида каждой коробки без противоаэрозольного фильтра и один вид коробки с противоаэрозольным фильтром. Номенклатура и назначение коробок промышленных противогазов приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Номенклатура и назначение коробок промышленных противогазов

Марка коробки	Тип коробки. Опознавательная окраска	Вредные вещества, от которых защищает коробка
1	2	3
А, А ₈	Без противоаэрозольного фильтра, коричневая	Пары органических соединений (бензин, керосин, ацетон, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, анилин, соединения бензола и его гомологов, тетраэтилсвинец), фосфор и хлорорганические ядохимикаты
А	С противоаэрозольным фильтром, коричневая с белой вертикальной полосой	То же, а также пыль, дым и туман
В, В ₈	Без противоаэрозольного фильтра, желтая	Кислые газы и пары (сернистый газ, хлор, сероводород, синильная кислота, окислы азота, хлористый водород, фосген), фосфор и хлорорганические ядохимикаты
В	С противоаэрозольным фильтром, желтая с белой вертикальной полосой	То же, а также пыль, дым и туман
Г, Г ₈	Без противоаэрозольного фильтра, черная и желтая	Пары ртути, ртуть, органические ядохимикаты на основе этилмеркурхлорида

Окончание табл. 3.2

1	2	3
Е, Е ₈	Без противоаэрозольного фильтра черная	Мышьяковый и фосфористый водород
Е	С противоаэрозольным фильтром, черная с белой вертикальной полосой	То же, а также пыль, дым, туман
К	Зеленая	Пары аммиака
КД, КДВ	Без противоаэрозольного фильтра, серая	Аммиак, сероводород и их смеси
КД	С противоаэрозольным фильтром, серая с белой вертикальной полосой	То же, а также пыль, дым, туман
КВ	Желто-серая	Смесь двуокиси азота и аммиака
М	Без противоаэрозольного фильтра, красная	Оксид углерода в присутствии органических паров (кроме практически несорбирующихся веществ, например, метана, бутана, этана, этилена и др.), кислых газов, аммиака, мышьяковистого и фосфористого водорода
М	С противоаэрозольным фильтром, красная с белой вертикальной полосой	То же, а также пыль, дым, туман
С	Голубая	Сернистый ангидрид
СО	Без противоаэрозольного фильтра, белая	Оксид углерода
СОХ	Защитная	Оксид углерода, хлор, производственная пыль
БКФ	С противоаэрозольным фильтром, зеленая с белой вертикальной полосой	Кислые газы и пары, пары органических веществ, мышьяковистого и фосфористого водорода и различные аэрозоли (пыль, дым, туман)

Примечания.

1. При пользовании противогазом марки Г необходимо вести учет времени работы каждой коробки. По истечении 100 и 80 ч соответственно для марок Г без противоаэрозольного фильтра и с противоаэрозольным фильтром они считаются отработанными и должны заменяться новыми.

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 (на корпусе эта масса указана) коробки считаются отработанными и заменяются новыми.

3. Коробки марок с индексом "8" имеют сопротивление при скорости воздушного потока 30 л/мин до 80 Па, без индекса "8" -180 Па.

Одной из последних разработок в области создания специальных промышленных противогазов является фильтрующий противогаз

модульного типа ППМФ–92. В качестве базового элемента для реализации модульного принципа построения фильтрующе-поглощающих систем принят дополнительный патрон ДПГ–3.

Принцип модульности позволил значительно расширить диапазон использования этого противогаза, который пригоден для защиты персонала предприятия на рабочих местах и при выходе его из аварийной зоны, личного состава формирований, участвующих в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, населения, проживающего в химически опасных районах. Особенность данного противогаза заключается в обеспечении одновременной защиты от различных вредных примесей (из шести основных моделей ППМФ–92 можно скомбинировать более 20 сочетаний). Противогаз может комплектоваться шлем-маской или панорамной маской с увеличенным полем зрения.

Время защитного действия коробок промышленных противогазов приведено в табл. 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3

**Время защитного действия коробок промышленных противогазов
малого габарита по контрольным вредным веществам**

Марка коробки	Вредное вещество	Концентрация вредного вещества		Время защитного действия, мин	
		мг/л	кратность превышения ПДК	коробка без ПАФ (МКП)	коробка с ПАФ (МКПФ)
АВ КД СГ	Бензол	10	2000	100	50
	Сернистый газ	2	200	140	57
	Сероводород, аммиак	2	200	170	60
	Сернистый газ	2	100	75	30
	Пары ртути	2	200	360	150
	Аммиак	0,01	1000	100 ч	80 ч
		1	50	25	15

Респираторы представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания. Широкое распространение они получили в шахтах, на рудниках, на химически вредных и запыленных предприятиях, при работе с удобрениями и ядохимикатами в сельском хозяйстве. Ими пользуются на АЭС, при зачистке окалины на металлургических предприятиях, при покрасочных, погрузочно-разгрузочных и других работах.

Таблица 3.4

**Время защитного действия коробок промышленных противогазов
большого габарита по контрольным вредным веществам**

Марка коробки	Вредное вещество	Концентрация вредного вещества		Время защитного действия, мин	
		мг/л	кратность превышения ПДК	коробка без ПАФ (МКП)	коробка с ПАФ (МКПФ)
А	Бензол	25	5000	120	50
	Сернистый газ	8,6	860	90	45
В	Синильная кислота	10	30000	60	30
Г	Пары ртути	0,01	1000	6000	3600
Е	Арсин	10	30000	360	120
КД	Аммиак	2,3	100	240	120
	Сероводород	4,6	460	240	40
СО	Оксид углерода	6,2	300	150	-
М	Оксид углерода	6,2	300	90	90
	Бензол	10	2000	50	
	Аммиак	2,3	100	90	-
БКФ	Бензол	25	5000	-	30
	Синильная кислота	3	10000		70
	Арсин	10	30000		10

По конструктивному оформлению все известные респираторы можно разделить на два типа:

– фильтрующие маски (полумаски), у которых фильтрующий (фильтрующе-сорбирующий) элемент одновременно служит и лицевой частью;

– патронные, имеющие самостоятельные лицевую часть и фильтрующий (фильтрующе-сорбирующий) элемент (патрон).

Каждый из этих типов респираторов по характеру вентилирования подмасочного пространства разделяется на бесклапанные с так называемым маятниковым типом дыхания, где вдыхаемый и выдыхаемый воздух проходят через фильтрующий элемент, и клапанные, в которых вдыхаемый и выдыхаемый воздух движутся различными путями благодаря системе клапанов вдоха и выдоха. Клапанные респираторы отличаются друг от друга числом и расположением клапанов на полумаске.

По назначению, нашедшему свое отражение в конструкции фильтрующе-поглощающей системы, респираторы подразделяются на противопылевые, противогазовые и газопылезащитные.

Противопылевые респираторы защищают органы дыхания от аэрозолей с твердой дисперсной фазой, вещество которой не способно сублимироваться, противогазовые – от вредных паров и газов, а газопылезащитные – от газов, паров и аэрозолей при одновременном их присутствии в воздухе.

В зависимости от кратности использования респираторы могут быть одноразового и многоразового применения. У последних предусмотрена возможность смены фильтров (патронов) или их многократная регенерация.

К противопылевым респираторам относятся ШБ–1 "Лепесток", "Кама", У–2К (Р–2) и др. В качестве основного фильтрующего материала, обеспечивающего защиту от аэрозолей, в противопылевых респираторах используют тонковолокнистые полимерные материалы.

Наибольшее распространение получили материалы из перхлорполивинилхлорида ФГШ (так называемые фильтры Петрянова). Благодаря особой технологии изготовления, волокна материалов ФПП несут электростатический заряд, что придает им высокие фильтрующие свойства.

Респиратор ШБ–1 "Лепесток" выпускают трех типов: "Лепесток–200", "Лепесток–40", "Лепесток–5". Различаются они марками материала ФПП, а внешне – цветом наружного круга (соответственно – белый, оранжевый и голубой). Цифры говорят о том, что респираторы можно применять для защиты от высоко и средне дисперсных аэрозолей (радиус частиц до 1 мкм) при концентрациях, не превышающих ПДК соответственно в 200, 40 и 5 раз. Для защиты от грубодисперсной пыли (радиус частиц более 3 мкм) применение любого из этих типов респираторов возможно при запыленности превышающей ПДК не более чем в 200 раз.

Конструктивно все три типа респиратора одинаковы и представляют собой легкую полумаску, служащую одновременно фильтром. Для придания полумаске жесткости внутрь вставлены распорки, по наружной кромке укреплен марлевая полоса, обработанная специальным составом. Плотность прилегания к лицу обеспечивается с помощью резинового шнура, проходящему по всему периметру респиратора, алюминиевой пластинкой, обжимающей переносицу, а также за счет электростатического заряда материала ФПП, который обеспечивает "прилипание" респиратора к лицу.

Респиратор "Кама" также изготовлен из материала ФПП, но по внешнему виду несколько отличается от "Лепестка". Особенность

состоит в том, что по периметру полумаски закреплена полоса пенополиуретана, отогнутая на наружную сторону, а обтюратор состоит из двух полос ФП, отогнутых во внутрь.

Поскольку в респираторах "Лепесток" и "Кама" реализован маятниковый принцип дыхания, то при выдохе влага, содержащаяся в выдыхаемом воздухе, оседает на их внутренней поверхности, постепенно впитывается фильтрующим материалом и необратимо снижает защитные свойства, которые не восстанавливаются высушиванием изделия. Поэтому указанные респираторы могут быть применены только однократно.

Респиратор У-2К обеспечивает защиту органов дыхания от аэрозолей, в том числе от радиоактивной пыли, а также от некоторых бактериальных средств (во вторичном облаке). Аналогичное изделие, поступающее на снабжение войск и формирований гражданской обороны, имеет название Р-2. Респиратор представляет собой фильтрующую полумаску, изготовленную из двух слоев фильтрующего материала: наружного из пористого пенополиуретана и внутреннего из материала ФПП-15. Изнутри полумаска покрыта тонкой воздухопроницаемой полиэтиленовой пленкой, к которой прикреплены два клапана вдоха. В центре полумаски расположен клапан выдоха, защищенный экраном. При вдохе воздух проходит через всю поверхность респиратора, очищается от пыли и через клапаны вдоха попадает в органы дыхания. При выдохе воздух выходит наружу через клапан выдоха, не попадая на фильтрующий материал. Отсутствие увлажнения фильтрующего материала выдыхаемым воздухом делает возможным многократное использование респиратора. Регенерация респиратора У-2К (Р-2) после его использования производится стряхиванием, легким выколачиванием пыли или продувкой чистым воздухом в направлении, обратном потоку вдыхаемого воздуха, при снятых клапанах вдоха. Если эти действия не помогают и дыхание остается затруднительным, респиратор следует заменить.

Для защиты детей от радиоактивной пыли в гражданской обороне Российской Федерации принят на оснащение детский респиратор Р-2Д. По устройству, принципу действия он аналогичен респиратору Р-2 для взрослых.

Противогазовый респиратор РПГ-67 предназначен для защиты органов дыхания от различных паров и газов, присутствующих в воздухе производственных помещений, при их содержании в воздухе не

выше 10–15 ПДК. Состоит из резиновой полумаски ПР–7, имеющей три отверстия. В два боковых отверстия помещены полиэтиленовые манжеты с клапанами вдоха. В манжеты вставляют сменные патроны различных марок. В нижнем отверстии расположен клапан выдоха с предохранительным экраном. РПГ–67 комплектуется патронами четырех марок, различающихся по составу поглотителей, а по внешнему виду – буквенной маркировкой.

Газопылезащитные респираторы предназначены для защиты органов дыхания от вредных веществ, одновременно присутствующих в воздухе в виде паров, газов и аэрозолей (пыль, дым, туман). Конструктивно представляют собой сочетание элементов противопылевых и противогазовых респираторов.

Газопылезащитный респиратор РУ–60М состоит из тех же элементов и такой же полумаски, что и противогазовый респиратор РПГ–67. Отличие состоит в том, что патроны марок А, В, КД, Г содержат не только специализированные поглотители, но и противоаэрозольные фильтры из материала ФПП–15.

Назначение, время защитного действия основных типов респираторов и основные показатели дыхания человека приведены в табл. 3.5–3.7.

Таблица 3.5

Назначение респиратора РПГ-67

Марка патрона	Марка респиратора	Вредные вещества
А	РПГ–67А	Пары органических веществ (бензин, керосин, ацетон, бензол и его гомологи, спирты, эфиры и др.), пары хлор и фосфорорганических веществ
В	РПГ–67В	Кислые газы (сернистый газ, сероводород и др.), пары хлора и фосфорорганических веществ
КД	РПГ–67КД	Аммиак и сероводород
Г	РПГ–67Г	Пары ртути

Таблица 3.6

Время защитного действия патронов противогазовых и газопылезащитных респираторов по контрольным вредным веществам

Марка коробки	Вредное вещество	Концентрация вредного вещества		Время защитного действия, мин	
		мг/л	кратность превышения ПДК	РПГ-67	РУ-60М
А	Бензол	10	2000	60	30
В	Сернистый газ	2	200	50	30
К	Аммиак	2	100	30	20
Д	Сероводород	2	200	50	20
Г	Пары ртути	0,01	1000	1200	900

Таблица 3.7

Основные показатели дыхания человека

Режим нагрузки	Объем легочной вентиляции, л/мин	Частота дыхания, 1/мин	Объем вдоха, л	Потребление кислорода, л/мин	Выделение диоксида углерода, л/мин	Дыхательный коэффициент
Покой	8	12–16	0,5	0,30	0,24	0,80
Ходьба быстрая	25	18–20	1,3	1,4	1,00	0,88
Тяжелая работа	70	25–33	2,7	3,16	3,00	0,95

Респираторы РУ-60М выпускают в двух модификациях: с постоянно закрепленным противоаэрозольным фильтром РУ-60МУ и заменяемым РУ-60СМ. У последней модификации предусмотрена возможность замены противоаэрозольного фильтра благодаря съемной полиэтиленовой крышке патрона, а РУ-60МУ и РУ-60СМ защищают от тех же вредных веществ, что и РПГ-67. Их не рекомендуется применять при концентрациях пыли более 100 мг/м.

Противогазовые и газопылезащитные респираторы запрещается применять для защиты от высокотоксичных веществ типа синильной кислоты, мышьяковистого и фосфористого водорода, тетраэтилсвинца, низкомолекулярных углеводов (метан, этан).

Этот запрет обусловлен относительно малыми значениями динамической активности поглотителей и большими значениями коэффициента проницаемости противоаэрозольных фильтров и коэффициента подсоса полумасок.

Некоторые противопылевые и противогазовые респираторы и их характеристики показаны на рис. 3.4, 3.5 и в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Основные характеристики противопылевых респираторов

Показатель	Марка			
	Лепесток 200/40	Ф-62Ш	Кама-200	У-2К
Степень защиты	2	2	2	2
Условный срок эксплуатации	1 смена	1 – 6 смен	2 смены	30 смен
Предел концентрации аэрозолей	12 ПДК	12 ПДК	12 ПДК	ПДК
Защищает от: – аэрозолей – пыли	да да	нет да	да да	нет да
Конструктивные особенности	Облегченная полумаска из фильтрующего материала	Резиновая полумаска с фильтрующим патроном, предусмотрена замена фильтров	По периметру маски закреплена полоса пенополиуретана, 2 слоя фильтрующего материала	Наружный слой из пенополиуретана, внутренний – из п/э пленки, клапан вдоха и выдоха
Область применения	Горнодобывающая, металлургия, асбестовые и алюминиевые производства, глиноземные комбинаты, машиностроение, мукомольная промышленность, сельское хозяйство, деревообработка	Горнодобывающая промышленность, глиноземные комбинаты	Асбестовые производства, глиноземные комбинаты, мукомольная промышленность, машиностроение, строительство	Асбестовые производства, глиноземные комбинаты, мукомольная промышленность, машиностроение, строительство



Рис. 3.4 Противогазовые респираторы



Рис. 3.5. Противопылевые респираторы

Респираторы типа ЗМ комбинированного действия против аэрозолей и с дополнительной защитой от органических паров обеспечивают защиту от пыли металлосодержащих руд, свинца, минералов, угля, хлопка, муки и других веществ, а также туманов, образующихся при распылении конденсации материалов. Дополнительно снижают раздражающее воздействие органических паров при их концентрации, не превышающей предельно допустимой концентрации (ПДК). Фильтрующий слой респиратора изготовлен на основе активированного угля. Степень защиты до 4 ПДК.

Респиратор ЗМ 9926 обеспечивает защиту от пыли и аэрозолей до 12 ПДК, от кислых газов, двуокиси серы, фтороводорода до 1-2 ПДК. Используется в алюминиевой, нефтехимической, целлюлозно-бумажной промышленности, гальваническом производстве, аккумуляторных

цах, при гигиенической обработке помещений и оборудования. Его преимуществами являются высокий уровень комфорта при повышенных температурах, высокая эффективность при работе от -30 до $+70^{\circ}\text{C}$ и в условиях повышенной влажности, низкое сопротивление дыханию, под респиратором не накапливается тепло и влага, благодаря наличию клапана выдоха.

Сменный патрон ЗМ 6057 ABE1, показанный на рисунке 3.6, обеспечивает комбинированную защиту от органических паров и кислых газов до 10 ПДК с полумасками и до 100 ПДК с полными масками. Рекомендуется использовать с предфильтром 5911 для продления срока службы противогазового фильтр-патрона.



Рис. 3.6. Сменный патрон ЗМ 6057 ABE1

Изолирующие дыхательные аппараты (ИДА) предназначены для защиты органов дыхания, лица и глаз от любой вредной примеси в воздухе независимо от ее концентрации. Ими оснащаются, главным образом, формирования, привлекаемые к проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ по месту аварии.

Изолирующие дыхательные аппараты применяются при неизвестном составе и концентрации аварийно химически опасных веществ, при недостатке (менее 18%) или отсутствии кислорода в воздухе, а также при недостаточном для выполнения работ в зоне заражения времени действия фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Принцип действия изолирующих дыхательных аппаратов основан на полной изоляции органов дыхания от внешней среды. Дыхание в них совершается за счет запаса кислорода, находящегося в самом аппарате.

По способу резервирования кислорода изолирующие дыхательные аппараты делятся на три группы:

- использующие сжатый воздух (АСВ-2, Влада) или сжатый кислород (КИП-7, КИП-8);
- использующие жидкий кислород (Комфорт);

– использующие химически связанный кислород ИП-4,(ИП-4М), ИП-5, ИП-6.

В различных моделях изолирующих дыхательных аппаратов применяют маятниковую или циркуляционную схемы дыхания. В первом случае потоки выдыхаемого и вдыхаемого воздуха проходят по одному пути, только в разных направлениях. Во втором – отдельно для выдыхаемого и вдыхаемого воздуха.

Изолирующие дыхательные аппараты подразделяются на автономные и шланговые.

Автономные изолирующие дыхательные аппараты являются основными средствами для обеспечения безопасности работающих в них людей при ликвидации последствий аварий на химически опасных объектах, связанных с выбросом (проливом) аварийно химически опасных веществ.

При пользовании изолирующими дыхательными аппаратами должны быть обеспечены все параметры дыхательной функции человека при любых физических нагрузках.

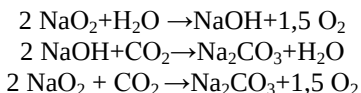
Важным показателем, характеризующим газообмен, служит дыхательный коэффициент (K_d), под которым понимают отношение объема выделяемого из организма диоксида углерода к объему поглощаемого за то же время кислорода. С увеличением интенсивности физической нагрузки возрастает как количество потребляемого кислорода, так и количество выделяемого диоксида углерода. Особенности дыхательной функции человека таковы, что самое большое относительное потребление кислорода на каждый литр выделенного диоксида углерода происходит тогда, когда он находится в покое ($K_d = 0,8$). Следовательно, для обеспечения дыхательной функции при любых физических нагрузках изолирующий дыхательный аппарат на каждый выделенный человеком литр диоксида углерода должен поставлять 1,25 л кислорода.

В изолирующих дыхательных аппаратах, работающих на сжатых или сжиженных газах, условие обеспечения дыхательной функции человека при любых физических нагрузках обеспечивается с помощью легочного автомата, являющегося элементом конструкции таких аппаратов и обеспечивающего подачу кислорода в необходимых количествах.

Для изолирующих дыхательных аппаратов на основе химически связанного кислорода указанное выше условие соотношения объемов CO_2 и O_2 выполняется подбором регенеративного продукта и условиями протекания процесса регенерации.

Продукт, пригодный для регенерации воздуха в изолирующих дыхательных аппаратах, должен иметь коэффициент регенерации (K_p) не менее 1,25.

В изолирующих дыхательных аппаратах данного типа в качестве регенеративных продуктов нашли применение смесевые композиции на основе супероксидов натрия или калия (NaO_2 или KO_2), которые имеют коэффициент регенерации, равный 1,5. Основные реакции регенерации при $t > 20^\circ\text{C}$ для NaO_2 и при $t > 50^\circ\text{C}$ для KO_2 протекают по следующей схеме:



Так как приведенные реакции регенерации протекают при достижении определенных температур, то практически всегда в работе изолирующих дыхательных аппаратов на основе химически связанного кислорода имеется начальный период, когда регенеративный продукт не обеспечивает выделение кислорода в необходимом для дыхания количестве. Для устранения опасности, связанной с недостатком кислорода в дыхательной газовой смеси, в регенеративных патронах таких аппаратов имеется специальное пусковое приспособление, обеспечивающее разогрев регенеративного продукта и выделение O_3 в начальный период пользования аппаратом.

Конструктивное оформление различных типов изолирующих дыхательных аппаратов различно, однако, имеются основные элементы конструкции, присущие большинству аппаратов: блок резервирования кислорода (баллоны со сжатым или сжиженным воздухом или кислородом, регенеративный патрон), лицевая часть, легочный автомат, дыхательный мешок, клапан избыточного давления и др.

Показателями защитных свойств изолирующих дыхательных аппаратов являются время непрерывной работы при различных физических нагрузках и коэффициент подсоса наружного воздуха под лицевую часть, значение которого, как правило, не более $1 \cdot 10^{-4} \%$.

Подготовка изолирующих дыхательных аппаратов к практическому использованию включает: определение требуемого роста лицевой части и ее подгонку, заключающуюся в установлении требуемого положения тесемок наголовника маски (полумаски), при котором обеспечивается герметичность подмасочного пространства; проверку исправности и работоспособности отдельных узлов; сборку и проверку исправности в атмосфере с вредной примесью. Работа в таких аппаратах осуществляется в соответствии с правилами, изложенными в

инструкциях на каждое изделие, или руководствами по эксплуатации средств индивидуальной защиты.

Шланговые изолирующие дыхательные аппараты предназначены для защиты от любых вредных примесей, независимо от концентрации, для работы в условиях недостатка кислорода.

Внешний вид и основные характеристики изолирующих дыхательных аппаратов приведены на рис. 3.7, 3.8 и в табл. 3.9, 3.10.

Таблица 3.9

Основные характеристики изолирующих средств индивидуальной защиты органов дыхания

Показатель	Марка			
	ИП-4М	ИП-5	ИП-6	PX-90T
Время защитного действия, (не менее), мин — при выполнении работ — в состоянии покоя	40	75 (90 под водой)	40	90
	180	200 (120 под водой)	150	Нет
Рабочий интервал температур, °С	–40 ...+50	–40...+50 (на суше) +1...+30 (в воде)	–20...+50	–20...+40
Область применения	В различных отраслях промышленности, сельского и коммунального хозяйства для работы в емкостях, колодцах, отсеках, цистернах и т.д.	В газовой, нефтяной и нефтехимической отрасли, для выполнения легких работ на глубине до 7 м	В различных отраслях промышленности, сельского и коммунального хозяйства для работы в емкостях, колодцах, отсеках, цистернах и т.д.	Для горноспасательных служб горнодобывающей, газодобывающей, металлургической промышленности, на АЭС и т.д.
Масса, кг	4	5,5	3,6	9
Конструктивные особенности	Используется в комплекте с регенеративными патронами РП-4-01, РП-7Б. Лицевая часть – маска МИА-1 имеет переговорное устройство	Используется в комплекте с регенеративными патронами РП-5. Лицевая часть – маска ШИП-М. Дыхательный мешок снабжен клапаном избыточного давления	Используется в комплекте с регенеративными патронами РП-6. Лицевая часть имеет переговорное устройство	Снабжен загубником, носовым зажимом и очками



ИП-4М



ИП-5



ИП-6



RX-90T

Рис. 3.7. Изолирующие автономные средства индивидуальной защиты органов дыхания



ПШ-1С



ПШ-20PB



АИВ-ГИК



АДАШ

Рис. 3.8. Шланговые средства индивидуальной защиты органов дыхания

Таблица 3.10

Основные характеристики шланговых средства индивидуальной защиты органов дыхания

Показатель	Марка			
	ИП-4М	ИП-5	ИП-6	РХ-90Т
Время защитного действия, мин	Не ограничено	Не ограничено	На основном аккумуляторе не менее 20 ч, на резервном – не менее 6 ч	150 мин (баллон 40–50У)
Рабочий интервал температур, °С	–40...+40	–40...+40	–25...+35	–25...+45
Область применения	В различных отраслях промышленности, сельского и коммунального хозяйства для работы в емкостях, колодцах, отсеках, цистернах и т.д.			
Масса, кг	10–23	34–47,4	65	27,2
Длина воздухоподводящего шланга, м	10–20	До 40	До 50	До 50
Конструктивные особенности	Противогазы шланговые безнапорные	Противогазы шланговые с принудительной подачи воздуха ручным вентилятором РВ, электровентилятором ЭВР	Комплект смонтирован на тележке. Два нагнетателя воздуха (основной и аварийный). На основном барабане – 25 м химабразивно-стойкого шланга	Носимая часть – маска, автомат дыхательный, устройство подачи воздуха с резервным воздушным баллоном. Стационарная часть – транспортный барабан с рукавом, редуктором и баллон со сжатым воздухом

Самоспасатели предназначены для обеспечения кратковременной защиты органов дыхания человека в чрезвычайных ситуациях и подразделяются на фильтрующие и изолирующие.

Основные типы и характеристики фильтрующих и изолирующих самоспасателей показаны на рис. 3.9, 3.10 и в табл. 3.11, 3.12 [20–24].



Рис.3.9. Самоспасатели фильтрующие



Рис.3.10. Самоспасатели изолирующие

Таблица 3.11

Основные характеристики самоспасателей фильтрующих

Показатель	Марка			
	Феникс НГ	ГДЗК	СПФ-1	СПП-4
Содержание O ₂ во вдыхаемом воздухе не менее, %	17	17	17	17
Время защитного действия при эвакуации не менее, мин	20	15	15	120/60 (при концентрации СО 6,2 г/м ³)
Масса, кг	0,185	1,0	1,0	1,1
Предназначение	Для защиты органов дыхания, зрения и кожных покровов от частиц (аэрозолей, паров и газов опасных химических веществ, в том числе продуктов горения)	Для защиты органов дыхания от оксида углерода, пыли, дыма при пожарах. Защита головы от кратковременного воздействия открытого пламени	Для защиты органов дыхания от оксида углерода, пыли, дыма при пожарах. Защита головы от кратковременного воздействия открытого пламени	Для защиты органов дыхания от оксида углерода, пыли, дыма при пожарах
Область применения	При аварийных ситуациях в жилых, служебных и промышленных зданиях, на станциях и в вагонах метрополитена или поезда, салонах наземного транспорта на открытой местности в случае экстренной эвакуации из зоны поражения. Модификация "НГ" для объектов нефтегазового комплекса	Для эвакуации во время пожара в гостиницах, административных зданиях, больницах и других аналогичных объектах. Предназначен для взрослых и детей старше 10 лет	Для эвакуации во время пожара в гостиницах, административных зданиях, больницах и других аналогичных объектах, пассажирских вагонах, метро, жилых домах и т.п.	Для выхода из загазованной зоны. Горнодобывающие металлургические, асбестовые и алюминиевые производства, мукомольная промышленность, машиностроение, судостроение, деревообработка, строительство, сельское хозяйство

Таблица 3.12

Основные характеристики самоспасателей изолирующих

Показатель	Марка			
	СИП-1	СПИ-20	ПДУ-3	ШСС-Т
Время защитного действия при эвакуации, мин	15	15	20	60
Время защитного действия в ожидании помощи, мин	50	50		240
Рабочий интервал температур, °С	0...+60	0...+60	–36...+40	–20...+40
Предназначение	Для временного пребывания в атмосфере, непригодной для дыхания, при эвакуации из зоны пожаров, химических аварий и т.п.			
Область применения	Высотные здания, наземный транспорт, метро, химическая и газовая промышленность		Шахты, угледобывающие предприятия, химическая, металлургическая и газовая промышленность	
Конструктивные особенности	Одноростовочная лицевая часть колпак, для защиты глаз, волос, кожи головы, дыхательный мешок с клапаном избыточного давления, регенеративный патрон с пусковым устройством	Одноростовочная лицевая часть колпак, для защиты глаз, волос, кожи головы, дыхательный мешок с клапаном избыточного давления, регенеративный патрон с пусковым устройством	Регенеративный патрон с пусковым устройством, дыхательный мешок, маска с гофротрубкой, пластиковый футляр	Регенеративный патрон с пусковым устройством, дыхательный мешок с клапаном избыточного давления, загубник с гофротрубкой и теплообменником, носовой зажим, защитные очки, футляр из нержавеющей стали

3.3. Средства защиты кожи

Средствами защиты кожи (СЗК) принято называть различные специальные изделия, предназначенные для защиты кожных покровов человека от воздействия отравляющих веществ, АХОВ, радиоактивных веществ, бактериальных средств и теплового излучения. Их применяют в комплекте со средствами индивидуальной защиты органов дыхания.

По назначению средства защиты кожи делятся на табельные и подручные. Табельные средства защиты кожи надежно защищают кожные покровы от газов, паров, аэрозолей и капель отравляющих веществ, АХОВ, радиоактивных веществ, бактериальных средств, полностью защищают от воздействия альфа-частиц, ослабляют бета-излучение и тепловое излучение. Подручные средства защиты кожи, к которым относятся обычная одежда и обувь, применяются при отсутствии табельных средств.

По принципу защитного действия все имеющиеся в настоящее время средства защиты кожи подразделяются на фильтрующие и изолирующие.

Фильтрующие СЗК предназначены для защиты от вредных веществ, находящихся в паровой (газовой) фазе. Их изготавливают из воздухо- и паропроницаемых тканей, нетканых материалов. Указанное обстоятельство делает возможным длительное непрерывное использование средств защиты кожи без существенного влияния на эргономические свойства человека. Отдельные образцы фильтрующих СЗК предназначены для многомесячного постоянного ношения в угрожаемый период применения противником оружия массового поражения. Их применяют в комплекте с противогазами или изолирующими дыхательными аппаратами, сапогами и перчатками.

Защитное действие фильтрующих СЗК от АХОВ, в том числе отравляющих веществ, основано на физико-химическом или химическом взаимодействии паров (газов) вредной примеси с веществом (пропиткой), наносимым на ткань средств защиты. Такие средства защиты кожи часто называют **импрегнированной одеждой или импрегнатами** (от латинского слова *impraegnare* – пропитывать, наполнять). В зависимости от пропитки, обуславливающей принцип защитного действия, различают СЗК адсорбционного, абсорбционного и хемосорбционного типов.

При использовании СЗК адсорбционного типа защита обеспечивается за счет физической адсорбции паров аварийно химически опасных веществ в порах адсорбента. Такие СЗК обладают универсальными защитными свойствами, однако вход в них в защитные сооружения после пребывания в зараженной атмосфере связан с опасностью создания в убежищах высоких концентраций АХОВ за счет процесса десорбции.

Принцип защитного действия СЗК абсорбционного типа основан на растворении АХОВ в пропитках, в качестве которых используются фталаты, масла.

У образцов фильтрующих СЗК хемосорбционного типа защита обеспечивается за счет химического взаимодействия молекул пара (газа) аварийно химически опасного вещества (АХОВ) с веществами, входящими в состав пропиток. Такие СЗК пригодны для защиты от конкретного опасного химического вещества, однако у них отсутствуют недостатки, связанные с десорбцией поглощенного вещества. В качестве хемосорбционных пропиток нашли применение рецептуры на основе хлорамина ДГ (гексахлордифенилмочевина).

Защитные свойства фильтрующих СЗК от паров оцениваются величиной поглощаемой токсодозы (мг-мин/л), являющейся паспортной характеристикой изделия. Для конкретного типа и образца СЗК выполняется условие:

$$C - t_3 = \text{const},$$

где C – концентрация паров вредной примеси;

t_3 – время защитного действия.

Используя приведенное выражение, можно оценивать защитные свойства фильтрующих СЗК в конкретных условиях их использования.

Пропитки, придающие тканям защитные свойства от паров, в ряде случаев оказывают раздражающее воздействие на кожу человека. Поэтому надевают СЗК этого типа обязательно поверх нательного белья.

Защиту от аэрозолей фильтрующие СЗК обеспечивают за счет многослойности изделий. СЗК, зараженное аэрозолями, в ближайшие часы должно быть заменено или снято.

Защиту от капель АХОВ фильтрующие СЗК не обеспечивают. Количество наносимой на ткань пропитки ограничено по технологическим причинам, а также из-за необходимости обеспечения требуемых физиолого-гигиенических показателей. Массы сорбента, находящегося на ткани, оказывается недостаточно для нейтрализации капель до безопасных концентраций.

Придание защитных свойств фильтрующим СЗК от тепловых излучений, в том числе и от АХОВ, обеспечивается за счет пропитки верхнего слоя образца антипиренами. Наибольшее распространение получили пропитки на основе фосфоросодержащих соединений, а также соединений сурьмы и титана.

Средства защиты кожи фильтрующего типа используются, главным образом, невоенизованными формированиями гражданской обороны промышленных объектов.

Комплект защитной фильтрующей одежды (ЗФО) предназначен для защиты от паров и аэрозолей аварийно химически опасных веществ, отравляющих веществ, радиоактивных веществ и бактериальных средств. В состав комплекта ЗФО входят импрегнированный защитный фильтрующий комбинезон из молескина, хлопчатобумажный подшлемник, две пары хлопчатобумажных портянок, одна из которых импрегнирована, а также резиновые перчатки и защитные резиновые сапоги.

Комплект защитный ФЛ-Ф предохраняет кожные покровы от высокотоксичных паров производных гидразина, алифатических аминов и окислов азота при выполнении регламентных ремонтных работ. Время защитного действия при концентрации паров 0,1 мг/л составляет более 2,5 ч.

Универсальная защитная фильтрующая одежда КСВ-2 состоит из куртки с капюшоном, брюк и резиновых защитных перчаток. При воздействии открытого пламени в течение 10–12 с не горит и не тлеет.

Для защиты персонала объектов экономики и населения могут использоваться также фильтрующие средства защиты кожи Вооруженных сил Российской Федерации, в том числе **общевоинской комплексный защитный костюм ОКЗК (ОКЗК-М)**, предназначенный для защиты кожных покровов от паров и аэрозолей АХОВ, отравляющих веществ, теплового излучения, радиоактивной пыли и бактериальных аэрозолей. В состав данного комплекта входят: куртка и брюки из хлопчатобумажной ткани с огнезащитной пропиткой, защитное белье из хлопчатобумажной ткани с хемосорбционной пропиткой, головной убор из ткани с огнезащитной пропиткой (летом – пилотка с козырьком и шторками, зимой – шапка-ушанка со шторками), подшлемник из ткани с хемосорбционной пропиткой. ОКЗК используется с нательным бельем (рубаша и кальсоны) и защитной обувью.

Импрегнированное обмундирование ДГ, в состав комплекта которого входят летнее армейское хлопчатобумажное обмундирование и подшлемник, импрегнированные хемосорбционной пропиткой.

Для защиты населения, кроме того, может использоваться мягкая бытовая, спортивная и производственная одежда. Защитные свойства от тепловых импульсов, АХОВ, отравляющих веществ, радиоактивной пыли и бактериальных аэрозолей достигаются за счет многослойности одежды, ее герметизации и пропитки препаратами ОП-7 или ОП-10 (эмульгаторы) или мыльно-масляной эмульсией (250–300 г хозяйственного мыла, 0,5 л растительного или машинного масла и 2 л

воды.) Для повышения защитных свойств указанной одежды поверх нее используются непромокаемые плащи и накидки, а для защиты ног и рук – рукавицы, перчатки, резиновые сапоги, боты, галоши, валенки и другая обувь.

Изолирующие средства защиты кожи предназначены для защиты кожных покровов от вредных веществ, находящихся в жидкой фазе (аэрозоли, капли). Они изготавливаются, как правило, из прорезиненной ткани и применяются при длительном нахождении людей на зараженной территории, при выполнении дезактивационных, дегазационных и дезинфекционных работ в чрезвычайных ситуациях, в очагах поражения и в зонах заражения, т.е. в тех случаях, когда человек встречается с большими плотностями заражения.

К изолирующим средствам защиты кожи относятся: комплект изолирующий КИХ-4, КИХ-6, легкий защитный костюм Л-1, комплект КР-2МП и др.

СЗК изолирующего типа могут быть герметичными и негерметичными. Герметичные СЗК защищают от паров (газов), аэрозолей и капель АХОВ (отравляющих веществ), негерметичные – только от аэрозолей и капель.

Диффузионные процессы проникания АХОВ сквозь материал изолирующих СЗК являются определяющими для обеспечения защитных свойств, которые характеризуются временем защитного действия и промокаемостью.

Временем защитного действия изолирующего СЗК является промежуток времени от момента воздействия жидкого или парообразного аварийно химически опасного вещества (отравляющего вещества) на одну сторону материала, из которого изготовлено данное защитное средство, до момента появления на другой стороне пара этого вещества в количестве, соответствующем пороговой токсодозе.

Промокаемость изолирующего СЗК определяется промежуток времени с момента воздействия жидкого химически опасного вещества на одну сторону материала, из которого изготовлено данное защитное средство, до момента появления на другой его стороне жидкой фазы данного вещества.

На защитные свойства образца СЗК в целом будет оказывать влияние конструкция защитной одежды, от которой зависит герметичность. При движении человека защитная одежда работает как меха. Поэтому по местам соединений отдельных частей и элементов комплекта в подкостюмное пространство будет проникать воздух, содержащий вредные примеси. Это обстоятельство имеет большое

значение тогда, когда человек, работающий в изолирующих СЗК, подвергается воздействию АХОВ в парообразном или аэрозольном состояниях. В этом случае время защитного действия будет зависеть от концентрации, пороговой токсодозы АХОВ и коэффициента подсоса образца СЗК (коэффициент подсоса – отношение концентрации АХОВ в подкостюмном пространстве к его концентрации в атмосфере $K = C/C_0$).

Изолирующие СЗК сильно влияют на теплообмен организма. При высокой температуре и тяжелой работе организм сильно перегревается, что может привести к тепловому удару. По этой причине использование изолирующих средств защиты кожи ограничено по времени. Время непрерывного пребывания людей в изолирующих СЗК при различной температуре наружного воздуха приведено в табл. 3.13.

Таблица 3.13

Время непрерывного пребывания людей в изолирующих СЗК при различной температуре наружного воздуха

Температура наружного воздуха, °С	Время пребывания в изолирующих СЗК	
	без влажного экранирующего комбинезона	с влажным экранирующим комбинезоном
30 и выше	15–20 мин	1–1,5 ч
25...29	до 30 мин	1,5–2 ч
20...24	до 45 мин	2–2,5 ч
15...19	до 2 ч	более 3 ч
ниже 15	более 3 ч	более 3 ч

П р и м е ч а н и е. Приведенные в таблице значения справедливы для физической нагрузки средней тяжести, при непосредственном воздействии солнечных лучей, отсутствии ветра и осадков, а также использовании СЗК в виде комбинезона. При тяжелой физической нагрузке время непрерывного пребывания людей в изолирующих СЗК сокращается в 1,5–2 раза, а при легкой физической нагрузке оно увеличивается в 1,5–2 раза. При работе в тени, а также в пасмурную или ветреную погоду время непрерывного пребывания в СЗК может быть увеличено примерно в 1,5–2 раза.

Наиболее доступным и простым способом увеличения времени непрерывного пребывания человека в изолирующих СЗК при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ является использование охлаждающего комбинезона (экрана), который надевается поверх СЗК и периодически смачивается водой. Однократное смачивание охлаждающего костюма позволяет продлить

время непрерывной работы в 1,5–3 раза в зависимости от внешних условий и характера выполняемых работ.

Повторная работа в изолирующих СЗК возможна после 30-минутного отдыха.

В системе гражданской обороны объектов экономики нашли применение изолирующие СЗК, состоящие на снабжении частей и подразделений Вооруженных сил Российской Федерации: легкий защитный костюм Л-1 и общевойсковой защитный комплект ОЗК. В настоящее время организован выпуск современных изолирующих СЗК для обеспечения структур РСЧС, в том числе и гражданской обороны объектов экономики, наибольшее распространение среди которых получили защитные изолирующие костюмы типа "КЗИМ", "ЛГ-5", "КИХ" и др.

Легкий защитный костюм Л-1 является специальным средством защиты работников объектов и предназначен для защиты кожи от длительного воздействия токсических веществ, токсической пыли, от щелочей, морской соли, лаков, красок, жиров, нефти, нефтепродуктов, вредных бактериологических факторов и т.п. Обычно используется при длительных действиях на зараженной местности, ведении радиационной химической и бактериологической разведки, а также при выполнении дезактивационных, дегазационных работ. В состав комплекта входят: куртка с капюшоном, брюки с чулками, две пары перчаток, импрегнированный подшлемник и сумка для переноски. Куртка и брюки изготовлены из прорезиненных тканей, а импрегнированный подшлемник из хлопчатобумажной ткани с пропиткой хемосорбционного или абсорбционного типа.

Общевойсковой защитный комплект ОЗК имеет аналогичное с комплектом Л-1 назначение. В состав комплекта входят защитные плащ ОП-1 с капюшоном, чулки, перчатки (летние пятипалые и зимние двупалые). Плащ ОП-1 в зависимости от того, для каких целей используют ОЗК, может быть применен в виде накидки, надетым в рукава или в виде комбинезона. В виде накидки его применяют при защите от выпадающих из зараженного облака радиоактивных веществ, капельножидких АХОВ и бактериальных средств. С надетым в рукава плащом ОЗК используется при ликвидации последствий аварии на местности, зараженной радиоактивными веществами и бактериальными средствами, а также при выполнении работ по обеззараживанию техники, транспорта, технологического оборудования. При действиях в районах, очагах и на участках, зараженных АХОВ, при сильном пылеобразовании на участках,

зараженных радиоактивными веществами и бактериальными средствами, комплект используется в виде комбинезона.

Костюмы защитные изолирующие "Авария" и "Авария-1" предназначены для защиты кожных покровов человека от воздействия вредных, агрессивных и радиоактивных веществ. Состоят из комбинезона, выполненного воедино с чулками ("Авария"), с чулками и со шлемом ("Авария-1").

Костюм изолирующий химический КИХ-4 (КИХ-5У) предназначен для защиты при выполнении работ в условиях воздействия высоких концентраций АХОВ (хлора, аммиака, азотной и серных кислот, а также жидкого аммиака). Комплект состоит из комбинезона с капюшоном, резиновых и хлопчатобумажных перчаток. В лицевую часть капюшона вставлено панорамное стекло. Брюки комбинезона имеют притачные резиновые сапоги. На спинке имеется лаз, который герметизируют закручиванием костюмной ткани. Герметизация швов костюма осуществляется с лицевой стороны использованием проклеечной ленты. Костюм КИХ-4 используется с изолирующими дыхательными аппаратами АСВ-2, КИП-7 или КИП-8, которые размещаются в подкостюмном пространстве. Костюм КИХ-5 отличается конструкцией комбинезона и используется с изолирующим дыхательным аппаратом ИП-4М, который также размещается внутри костюма. Выдыхаемый воздух попадает под костюм и через клапан избыточного давления сбрасывается в атмосферу.

Комплект автономного изолирующего снаряжения КАИС предназначен для защиты работающих от комплексного воздействия тепла и токсичных или агрессивных веществ, находящихся в воздухе рабочих помещений в виде аэрозолей, паров (газов) и брызг. Используется при проведении аварийно-спасательных работ на предприятиях химической промышленности. Марка входящих в комплект противогаза и перчаток выбирается в зависимости от условий на рабочем месте.

Пневмокостюм ЛГ-5 (пленочный изолирующий) предназначен для ремонтных и аварийных работ при значительной загрязненности воздуха и технологического оборудования рабочих помещений радиоактивными и токсичными веществами. Обеспечивает изоляцию органов дыхания и поверхности тела работающего от внешней среды. Может применяться в атомной, радиохимической, химической, нефтехимической промышленности и в сельском хозяйстве.

Костюм защитный аварийный КЗА предназначен для комплексной защиты от кратковременного воздействия открытого пламени, теплового излучения и газообразных аварийно химически опасных веществ. В комплект входят два костюма (теплоотражательный и теплозащитный), сапоги с бахилами и рукавицы. Используется с изолирующими дыхательными аппаратами АСВ-2 или КИП-8, размещаемыми в подкостюмном пространстве. Теплоотражательный костюм изготовлен из дублированной металлизированной лавсановой термостойкой пленки в виде герметичного комбинезона с притачным капюшоном. В лицевой части закреплена металлическая рамка со вставленными металлизированными поликарбонатными стеклами. Теплозащитный костюм изготовлен из нетканого термостойкого полотна с подкладкой из хлопчатобумажного материала в виде комбинезона с застежкой "молния" впереди и чехлом для дыхательного аппарата на спине.

Защитный изолирующий комплект Ч-20 с вентилируемым подкостюмным пространством предназначен для защиты органов дыхания и кожи от газообразных и капельно-жидких АХОВ. Состоит из герметичного комбинезона со съёмными резиновыми полусапогами, перчатками и съёмным капюшоном, в лицевую часть которого вклеена маска МГ11 или М-80. Комбинезон и капюшон изготовлены из прорезиненной ткани. Очистка и подача воздуха для дыхания и вентилирования подкостюмного пространства с расходом 90 л/мин осуществляется с помощью узла очистки и подачи воздуха, размещенного под комбинезоном. Узел очистки и подачи воздуха состоит из блока питания, микровентилятора, коробки противогаса. В комплект входят жилет и подшлемник из хлопчатобумажной ткани. Блок питания заряжается от сети через подзарядное устройство, которое также входит в комплект. Вентилирование подкостюмного пространства позволяет увеличить теплоотвод от человека и тем самым увеличить время непрерывного пребывания в комплекте до 4–6 ч при выполнении работ средней тяжести и до 1 ч при тяжелой работе. Температурный диапазон использования комплекта 8...35°C.

Костюм изолирующий ИК-АЖ обеспечивает сравнительно высокую защиту от АХОВ, в том числе от прямого облива жидким аммиаком. Позволяет выполнять работы температурном диапазоне от -50 до +40°C.

Комплект КР-2МП предназначен для аварийно-спасательных подразделений при ликвидации аварий и их последствий, связанных с

проливом ракетных топлив (гидразин, его производные, амины и т.д.) и возникновением пожаров. Комплект состоит из защитного костюма (куртка с капюшоном и брюки), изготовленного из прорезиненной ткани. В комплект также входит теплозащитный экран (куртка и брюки) из суконного материала для запитки водой при эксплуатации при повышенных температурах. Комплект используется в сочетании с изолирующим противогазом ИП-4М.

Пластиковая одежда предназначена для защиты кожных покровов человека от воздействия радиоактивных веществ, а также кислот и щелочей при выполнении ремонтных, монтажных, дезактивационных и других работ. Входящие в комплект одежды полукombineзон, полухалат, фартук и нарукавники изготовлены из специального материала, который обеспечивает работу в диапазоне температур от -20 до $+50^{\circ}\text{C}$ и может подвергаться специальной обработке (дезактивации). Пневмошлем изолирующего типа ЛИЗ – 4 с подачей чистого воздуха от пневмолинии или переносной воздуходувки. Обувь, как и следы, бахилы, чехлы на обувь, чулки выполнены из специального пластикового материала.

Боевая одежда пожарного БОП-1 состоит из куртки и брюк с теплоизоляционной съемной подстежкой, капюшона, перчаток трехпалых специально для пожарных, подшлемника, сигнальных элементов. Материал верха одежды с внутренним полимерным покрытием «Силотекс-87» или из синтетической термостойкой ткани, состоящей из полиамидных волокон.

Некоторые типы используемых в настоящее время изолирующих средств защиты кожи показаны на рис. 3.11, 3.12 [25–27].



Рис. 3.11. Изолирующие СИЗК



Рис.3.12. Боевая одежда пожарного БОП

3.4. Медицинские средства индивидуальной защиты

К медицинским средствам индивидуальной защиты (МСИЗ) относятся медицинские препараты, материалы и специальные средства, предназначенные для использования в чрезвычайных ситуациях с

целью предупреждения различных видов поражения или снижения эффекта воздействия поражающих факторов, оказания первой медицинской помощи и профилактики осложнений. Их своевременное и правильное использование может спасти человеку жизнь, предупредить или значительно уменьшить степень тяжести поражения.

К табельным медицинским средствам индивидуальной защиты относятся:

- аптечка индивидуальная АИ-2;
- универсальная аптечка бытовая для населения, проживающего на радиационно-опасных территориях;
- индивидуальные противохимические пакеты ИПП-8, ИПП-10;
- пакет перевязочный медицинский – ППИ.

Аптечка индивидуальная АИ-2 предназначена для предупреждения или снижения действия различных поражающих факторов, а также для профилактики развития шока при травматических повреждениях. Содержимое аптечки составляют шприц-тюбик и пеналы разной окраски с лекарствами, размещенные в пластмассовом футляре и удерживаемые внутренними перегородками корпуса. Каждое лекарство находится в строго определенном месте, что позволяет быстро найти необходимое средство. В холодное время года аптечку рекомендуется хранить в нагрудном кармане для предупреждения замерзания лекарственных средств.

Медикаментозные средства, содержащиеся в аптечке, применяются в зависимости от обстановки как по указанию врача, так и самостоятельно, в соответствии с инструкцией, с которой знакомится население в процессе обучения и которая вложена в аптечку.

В гнезде № 1 аптечки находится шприц-тюбик с 2%-м раствором сильного болеутоляющего средства – промедола. Применяется как средство профилактики шока при сильных болях, вызванных переломами, обширными ранами, размождением тканей и ожогами.

В гнезде № 2 размещается круглый пенал красного цвета с антидотом тареном (6 таблеток) + атропин, используемым против фосфорорганических отравляющих веществ.

В гнезде № 3 размещается длинный круглый пенал без окраски с противобактериальным средством № 2 сульфадиметоксином (15 таблеток), который предназначается для профилактики инфекционных заболеваний после радиоактивного облучения. Принимается после облучения при возникновении желудочно-кишечных расстройств по 7 таблеток в один прием, по 4 таблетки в последующие двое суток.

Детям до 8 лет в первые сутки – 2 таблетки, в последующие двое суток – по 1 таблетке, детям от 8 до 15 лет в первые сутки – по 3,5 таблетки, в последующие двое суток – 2 таблетки.

В гнезде № 4 размещены два восьмигранных пенала розового цвета с радиозащитным средством № 1 (по 6 таблеток в каждом), в качестве которого используется препарат РС–1 (цистамин), обладающий профилактическим эффектом при поражениях ионизирующим излучением. При приеме препарата РС–1 фактор уменьшения дозы, являющийся показателем степени снижения биологического действия радиации, составляет 1,6. При угрозе облучения, по сигналу «Радиационная опасность» или перед входом на территорию с повышенным уровнем радиации за 35–40 мин необходимо принять 6 таблеток, запив водой. Защитный эффект сохраняется до 5–6 ч. При необходимости (продолжающееся облучение или новая угроза) через 4–5 ч после первого приема выпить еще 6 таблеток. Детям до 8 лет на один прием дают 1,5 таблетки, 8–15 лет – 3 таблетки.

В гнезде № 5 расположены два четырехгранных пенала без окраски с противобактериальным средством № 1 (по 5 таблеток в каждом пенале), предназначенным для общей экстренной профилактики инфекционных заболеваний (чума, холера, туляремия, сибирская язва, бруцеллез и др.). В качестве средства экстренной неспецифической профилактики инфекционных заболеваний используется хлортетрациклин с нистатином, противобактериальное средство принимается при угрозе бактериологического заражения или самом заражении (еще до установления вида возбудителя). Разовая доза приема составляет 5 таблеток, запиваемых водой. Повторный прием такой же дозы через 6 ч. Детям до 8 лет разовая доза приема составляет 1 таблетку, от 8 до 15 лет – 2, 5 таблетки. Данное противобактериальное средство может быть также применено для профилактики инфекционных осложнений лучевой болезни, обширных ран и ожогов с профилактической целью против гнойных осложнений.

В гнезде № 6 находится четырехгранный пенал белого цвета с радиозащитным средством № 2 (РС–2), содержащим 10 таблеток йодистого калия по 0,25 г и предназначенным для лиц, находящихся в зоне выпадения радиоактивных осадков. Использование указанного радиозащитного средства блокирует щитовидную железу для радиоактивного йода, поступающего с дыханием, продуктами питания и водой. Принимается по 1 таблетке натошак в течение десяти суток (в мирное время в случае аварии на АЭС принимать все время и еще 8 дней после последнего выброса). Детям 2–5 лет дают по полтаблетки,

менее 2-х лет – четверть таблетки, грудным – четверть таблетки только в первый день. При приеме радиозащитного средства в первые 2–3 ч после выпадения радиоактивного йода защита от него обеспечивается на 90–95 %, через 6 ч – на 50 %, через 12 ч – на 30 %, через 24 ч – эффекта нет.

В гнезде № 7 расположен круглый пенал голубого цвета с противорвотным средством – этаперазином (5 таблеток). Препарат принимается по 1 таблетке сразу после облучения, а также при появлении тошноты, рвоты после контузии, ушиба, или сотрясения головного мозга. Препарат можно принимать не более 6 таблеток в сутки.

В индивидуальной аптечке нет средств общеуспокаивающего действия и ослабляющих чувство страха. В чрезвычайных ситуациях, как показала практика, эти средства необходимы. Поэтому населению в этих целях может быть рекомендовано дополнительно к содержимому индивидуальной аптечки АИ-2 использовать транквилизаторы (типа элениума, сибазона, фенозепама).

Универсальная аптечка бытовая для населения, проживающего на радиационно-опасных территориях, укомплектована радиозащитными средствами, общетерапевтическими препаратами (аспирин, седалгин, аммиак, бесалол, валидол, нитроглицерин, папазол, диазолин, феназепам), антисептическими и перевязочными средствами (бриллиантовая зелень, калия перманганат, деринат, левоминоль или мафенидин ацетат, вата, лейкопластырь бактерицидный, бинт). Кроме индивидуальных используются следующие медицинские средства защиты: радиозащитные, обезболивающие и противобактериальные препараты, медицинские рецепты от отравляющих веществ и перевязочные средства.

Индивидуальные противохимические пакеты ИПП-8, ИПП-10 предназначены для обеззараживания фосфорорганических АХОВ и отравляющих веществ, а также отравляющих веществ кожно-нарывного действия на открытых участках кожи, одежде и индивидуальных средствах защиты в качестве частичной специальной обработки.

Пакет ИПП-8 имеет один стеклянный флакон с дегазирующей жидкостью, четыре марлевые салфетки и инструкцию, упакованные в полиэтиленовый герметичный пакет. Жидкость флакона не обладает дезинфицирующим действием. Открытые участки кожи, одежду или средства защиты, на которых обнаружены капли АХОВ, необходимо обработать тампонами, смоченными жидкостью из флакона.

Дегазирующую жидкость можно использовать при дезактивации кожных покровов, загрязненных радиоактивными веществами, когда не удастся водой и мылом снизить наличие их до допустимых пределов.

В пакете ИПП-10 дегазирующая жидкость находится в металлическом баллоне. Обработка ею производится путем наливания в ладонь и обтирания ею лица, шеи и кистей рук. Жидкость пакета обладает и дезинфицирующим действием.

Обработка кожи, одежды жидкостью производится немедленно после попадания на них АХОВ.

При использовании дегазирующей жидкости необходимо избегать ее попадания в глаза.

Пакет перевязочный медицинский ППМ применяется для перевязки ран, ожогов и остановки некоторых видов кровотечения. Представляет собой стерильный бинт с двумя ватно-марлевыми подушечками, заключенными в непроницаемую герметическую упаковку. При использовании пакета необходимо разорвать по надрезу и снять наружную оболочку, развернуть внутреннюю оболочку – одной рукой взять конец, а другой скатку бинта и развернуть повязку, накладывая место ранения так, чтобы поверхности подушечек, прошитые цветной ниткой, оказались наверху.

Пакет перевязочный индивидуальный предназначен для наложения первичной повязки на рану, ожоговую поверхность. Он содержит обеззараженный перевязочный материал, помещенный в две оболочки: наружную из прорезиненной ткани с напечатанным на ней способом вскрытия и употребления и внутреннюю из бумаги. В складке внутренней оболочки имеется безопасная булавка. Оболочки обеспечивают стерильность перевязочного материала, предохраняют его от механических повреждений, сырости им загрязнения. Материал, находящийся в пакете, состоит из марлевого бинта шириной 10 см, длиной 7 м и двух равных по величине ватно-марлевых подушек размером 7 × 32 см. Одна из подушек пришита к бинту, другая связана с ним подвижно и может свободно передвигаться по длине бинта [27–30].

Контрольные вопросы:

1. Классификации СИЗ.
2. Классификация СИЗОД (приведите примеры).
3. Принцип действия и характеристика фильтрующих СИЗОД.
4. Принцип действия и характеристика поглощающих СИЗОД.
5. Принцип действия и характеристика изолирующих СИЗОД.
6. Классификация респираторов.
7. Самоспасатели, их классификация и характеристика.
8. Классификация СИЗОК.
9. Фильтрующие СИЗОК.
10. Изолирующие СИЗОК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие содержит принципы, нормы, требования и другие сведения по вопросам радиационной безопасности и защиты населения, установленные нормативными правовыми документами и опытом эксплуатации радиационно-опасных объектов.

Усвоение студентами в процессе обучения гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций положений данного пособия будет способствовать формированию у него знаний, умений и навыков, необходимых для обеспечения собственной и коллективной безопасности людей в повседневных условиях и при возникновении чрезвычайных ситуаций на радиационно-опасных объектах.

В условиях воздействия на население поражающих факторов, возникающих в военное время, а также в чрезвычайных ситуаций мирного времени одним из важных способов его защиты является практическое освоение использования средств индивидуальной защиты.

В работе приведены основные виды и характеристики отравляющих веществ и аварийно химически опасных веществ, способы и средства их обеззараживания, необходимые для обеспечения химической защиты населения.

Освоение их в процессе обучения будет способствовать повышению готовности к защите населения при возникновении чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах и формированию у него культуры безопасности жизнедеятельности.

Рассмотренные в пособии современные средства индивидуальной защиты обеспечивают надежную защиту населения от радиационных, химических и биологических факторов поражения.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения».
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)-СП 2.6.1.758-99 (ионизирующее излучение, радиационная безопасность), гигиенические нормативы. – М.: Минздрав России, 2000.
3. СП 2.6.1.799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности – М.: Минздрав России, 2000.
4. *Ефремов, С.В.* Опасные технологии и производства: учеб. пособие / С.В. Ефремов. – СПб.: СПбГПУ. – 2003. – 220 с.
5. *Вишняков, Я.Д.* Безопасность жизнедеятельности. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / Я.Д. Вишняков и др. – 2-е изд., стер. – М.: Изд. центр, «Академия», 2008. – 304 с.
6. *Владимиров, В.А.* Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий. Ч. 1. Ликвидация последствий радиационных аварий/В.А. Владимиров, А.Г. Лукьянченков и др.; под общ. ред. В.А. Владимирова. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2004. – 260 с.
7. *Франке, З.* Химия отравляющих веществ: пер. с нем. / З. Франке – М: Химия, 1973. – 440 с.
8. *Александров, В.Н.* Отравляющие вещества / В.Н. Александров, В.И. Емельянов. – М.: Воениздат, 1990. – 272 с.
9. *Антонов, Н.С.* Химическое оружие на рубеже двух столетий: монография / Н.С. Антонов. – М.: Прогресс, 1994. – 173 с.
10. ГОСТ Р 22.9.05-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплексы средств индивидуальной защиты. Общие технические требования.
11. *Добровольский, В.С.* Средства индивидуальной защиты: учеб. пособие для обучения населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций/ В.С. Добровольский. - М.: УМЦ по ГОЧС ЮЗАО г. Москвы, 2007. – 35 с.
12. *Радоуцкий, В.Ю.* Радиационная, химическая и биологическая защита: учеб. пособие / В.Ю. Радоуцкий, В.Н. Шульженко, Ю.К. Рубанов и др.; под ред. В.Ю. Радоуцкого. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. – 185 с.
13. *Мастрюков, Б.С.* Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебник для студентов высших учебных заведений /

- Б.С. Мاستрюков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. Изд. центр «Академия», 2006. – 336 с.
14. Защита от оружия массового поражения / под ред. В.В. Мясникова. – М.: Воениздат, 1989. – 398 с.
 15. Предупреждение и ликвидации чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие для органов управления РСЧС / под ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2002. – 365 с.
 16. *Владимиров, В.А.* Методические рекомендации по ликвидации последствий радиационных и химических аварий. Ч. 2. Ликвидация последствий химических аварий / В.А. Владимиров, А.Г. Лукьянченков и др. / под общ. ред. В.А. Владимирова. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 2004. – 340 с.
 17. Средства индивидуальной защиты: справ. изд./ С.Л. Каминский и др. – Л.: Химия, 1989. – 400 с.
 18. Гражданская оборона: учебник / под ред. Е.П. Шубина. – М.: Просвещение, 1991. – 223 с.
 19. ГОСТ Р 22.9.05-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей.
 20. ГОСТ Р 22.3.05-96. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Средства индивидуальной защиты от радиоактивных веществ.
 21. Облегченные респираторы. – СПб.: ЗАО «Севзаппромэнерго», 2003. – 21 с.
 22. Новые разработки ЗАО «Сорбент – Центр внедрение». – Пермь: Сорбент, 2002. – 36 с.
 23. *Холстов, В.* Всегда готовы к действию/ В. Холстов // Красная звезда. – 2001. – 13 нояб.
 24. Защитный капюшон. Инструкция по применению. – М.: Эпицентр маркет, 2001. – 6 с.
 25. Изолирующие воздушные аппараты. Описание. – СПб.: Гром, 2003. – 6 с.
 26. Справочник спасателя. Кн. 6. Спасательные работы по ликвидации последствий химического заражения. – М.: ВНИИ ГОЧС, 1995. – 113 с.
 27. *Леонов, А.Ф.* Современные методы и технические средства борьбы с радиационным терроризмом/ А.Ф. Леонов, и др. // Экологические системы и приборы. – 2000. – №5. – с. 7–10.
 28. Учебник спасателя / С.К. Шойгу и др. – Краснодар: «Сов.Кубань», 2002. – 528 с.

Учебное издание

Добровольский Валерий Станиславович
Радоуцкий Владимир Юрьевич
Шапгала Владимир Григорьевич
Ветрова Юлия Владимировна

РАДИАЦИОННАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА

Учебное пособие

Подписано в печать 05.09.11. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 9,2. Уч.-изд. л.9,9.

Тираж 500 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46