

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского**

В.А. Басуров, Н.И. Зазнобина

ХИМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Учебное пособие

Рекомендовано методической комиссией Института биологии и
биомедицины для студентов ННГУ очной формы обучения всех направлений

Нижегород
2016

УДК 623.459:614.75 (075.8)

ББК Б1 я73

3-17

Х-46 Химическая безопасность: учеб. пособие / составители: В.А. Басуров, Н.И. Зазнобина – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2016. – 98 с.

Рецензент: к.т.н., доцент **М.В. Игонина**

Данное учебно-методическое пособие предусматривает ознакомление студентов с актуальными проблемами химической безопасности; изучение основных понятий, характеристик АХОВ и ОВ; освоение правил поведения населения в очаге химического заражения.

Учебное пособие предназначено для студентов ННГУ очной формы обучения всех направлений.

Ответственный за выпуск:
Председатель методической комиссии
Института биологии и биомедицины ННГУ
д.п.н., профессор **И.М. Швец**

УДК 623.459:614.75 (075.8)

ББК Б1 я73

©Национальный исследовательский
Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского,
2016, В.А. Басуров, Н.И. Зазнобина

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ	5
1.1. Классификация вредных веществ	5
1.2. Гигиеническое нормирование вредных веществ	6
1.3. Пути поступления, распределения и выделения вредных веществ в организме	12
1.4. Действие вредных веществ на организм	14
1.5. Антидоты	21
1.6. Профилактические мероприятия при взаимодействии с вредными веществами	25
1.7. Первая помощь при отравлении вредными веществами	27
ГЛАВА 2. АВАРИИ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ	30
2.1. Основные понятия и классификации	30
2.2. Воздействие АХОВ на окружающую среду	48
2.3. Факторы риска аварий и катастроф на химически опасных объектах	49
2.4. Инженерно-конструкторские и медико-санитарные требования при создании химически опасных объектов	52
2.5. Ликвидация последствий аварийных выбросов АХОВ в окружающую среду	57
2.6. Правила поведения людей в зоне химического заражения	61
ГЛАВА 3. ХИМИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ	65
3.1. Основные понятия и классификации	65
3.2. Действия населения в очаге химического заражения	74
Приложение 1. Характеристика некоторых АХОВ	78
Приложение 2. Характеристика некоторых отравляющих веществ (ОВ)	91
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	96

ВВЕДЕНИЕ

Химические вещества являются частью нашей повседневной жизни. Вся одушевленная и неодушевленная материя состоит из химических веществ, а изготовление практически каждого промышленного товара предполагает использование химических веществ. Многие химические вещества, если они используются надлежащим образом, в значительной степени способствуют улучшению качества нашей жизни, здоровья и повышению уровня благополучия. Но есть опасные химические вещества, которые в случае их ненадлежащего регулирования могут пагубно влиять на наше здоровье и окружающую среду. Бурное развитие химической промышленности, внедрение химической технологии в хозяйственные отрасли и сферу быта создают химическое загрязнение среды обитания и крайне серьезную угрозу здоровью населения.

В настоящее время общее число известных неорганических и органических соединений превысило 87 млн наименований.

Источники вредных для человека веществ могут быть как активными (функционирующие механизмы, приборы, агрегаты, а также сам человек), так и пассивными (покрытия, материалы и др.). Все они способны выделять в воздух десятки токсичных агентов.

Международная статистика показывает, что «токсическая ситуация», сложившаяся в экономически развитых странах, сопровождается неуклонным ростом числа острых отравлений. Среди них, по данным большинства авторов, по частоте возникновения первое место занимают бытовые (случайные) отравления, второе – преднамеренные (суицидальные), третье – профессиональные. Не следует сбрасывать со счетов и возможность использования в военных конфликтах любого масштаба химического оружия, основу которого составляют отравляющие вещества – химически соединения, способные поражать людей при их применении в ничтожно малых концентрациях.

Отравление химическими веществами чаще всего возникает внезапно, развивается очень быстро и в случае промедления в оказании медицинской помощи может привести пострадавшего к смерти в первые же часы после отравления. Вполне понятно, что в такой ситуации необходима быстрая ориентация врача в своеобразной патологии, умение распознать природу отравления, готовность немедленно принять необходимые срочные меры по обезвреживанию яда и устранению наиболее опасных клинических симптомов.

Одной из главных задач безопасности является охрана внутренней среды человека от многочисленных вредных для организма химических агентов, способных проникать в ткани и органы, накапливаться в них и сохраняться длительное время.

ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

1.1. Классификация вредных веществ

Вредными являются вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.007-76).

Среди вредных веществ особое место занимают опасные химические вещества. Согласно ГОСТ Р 55201-2012 *опасное химическое вещество (ОХВ)* – это химическое вещество, прямое или опосредованное воздействие, которого на человека может вызывать острые и хронические заболевания людей или их гибель.

Действие вредных веществ на организм человека обусловлено их физико-химическими свойствами.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 все вредные факторы **по характеру воздействия** на организм человека подразделяется на общетоксические, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию.

Общетоксические вещества вызывают отравление всего организма или поражают отдельные системы, приводят к патологическим изменениям печени, почек (ароматические и хлорированные углеводороды, ртутьорганические соединения, тетраэтилсвинец, фосфорорганические вещества и др.).

Раздражающие вещества вызывают воспалительную реакцию слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов (кислоты, щелочи, хлор-, фтор-, серо- и азотсодержащие соединения).

Сенсибилизирующие вещества при повторном воздействии вызывают больший эффект, чем при первичном. При этом у человека могут возникать бурные реакции, сопровождающиеся кожными изменениями, астматическими явлениями, заболеваниями крови (бериллий и его соединения, карбонилы никеля, железа, кобальта, соединения ванадия, ртути, формальдегид и т. д.).

Канцерогенные вещества вызывают развитие злокачественных новообразований (хром, никель, полициклические ароматические углеводороды, которые могут входить в состав сырой нефти, мазута, гудрона, битума, сажи, и др.).

Мутагенные вещества приводят к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (формальдегид, свинец, марганец и др.).

Вещества, влияющие на репродуктивную функцию, приводят к нарушению функций половых органов (бензол, свинец, сурьма, марганец, никотин, соединения ртути).

Три последние вида воздействия вредных веществ – канцерогенное, мутагенное и влияние на репродуктивную функцию – относят к отдаленным последствиям влияния химических соединений на организм человека. Специфика этого влияния – в проявлении не в период воздействия и не сразу по его окончании, а в отдаленные периоды, спустя годы и даже десятилетия. Отмечается появление различных эффектов и в последующих поколениях.

Кроме перечисленных видов биологического действия вредных веществ отмечают еще *фиброгенное действие*, когда вредные вещества (преимущественно аэрозоли металлов и их сплавов, пластмасс, аэрозоли растительного происхождения (древесная, мучная пыль), пыли стеклянного и минерального волокна и др.), попадая в легкие, вызывают мельчайшие рубцевания легких (фиброз) за счет развития соединительной ткани и приводят к профессиональным заболеваниям – пневмокониозам. В зависимости от природы пыли различают разные виды пневмокониозов: силикоз – развивается при действии свободного диоксида кремния, силикатоз – возникает при вдыхании пыли с содержанием солей кремниевой кислоты; асбестоз – развивается от воздействия асбестовой пыли.

В зависимости от практического использования химические вещества классифицируются на:

- *промышленные яды* – вредные вещества, используемые в производстве (органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин));
- *ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве*: (пестициды (гексахлоран), инсектициды (карбофос) и др.);
- *лекарственные средства*;
- *бытовые химикаты*, используемые в виде пищевых добавок (уксусная кислота), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т. д.;
- *биологические растительные и животные яды*, которые содержатся в растениях и грибах (аконит, цикута), у животных и насекомых (змей, пчел, скорпионов);
- *отравляющие вещества (ОВ)*: зарин, иприт, фосген и др.

1.2. Гигиеническое нормирование вредных веществ

Активность химических соединений определяется их структурой, физическими и химическими свойствами, особенностями механизма действия, химизмом взаимодействия вредных веществ. Но главное, активность химических соединений определяется дозой (концентрацией) и длительностью влияния на организм.

Понятие «вредные вещества» нередко отождествляется с понятиями «токсические вещества» и «яды» независимо от наличия в них других свойств. Определение понятия «яд» встречает известные трудности. Крупнейший

ученый эпохи Ренессанса Парацельс (1493-1541), впервые поставивший на научную основу проблему токсического действия химических веществ, писал: «Что является и что не является ядом? Все вещества являются ядами, и не бывает вещества без ядовитости. Только доза определяет ядовитость». Таким образом, крупнейший врач древности подвел итог предшествующего опыта человечества, длительно контактирующего с токсическими факторами среды.

Действительно, одно и то же вредное вещество вызывает неодинаковый эффект, становясь ядом лишь при известных условиях. Для огромного числа веществ типично токсическое действие в высоких дозах, но они относительно безвредны в низких. Например, без кислорода, как известно, невозможна жизнь. Тем не менее, при высоком парциальном давлении во вдыхаемом воздухе кислород обладает мощным пульмонотоксическим действием. Микроэлементы – железо, медь, магний, марганец, кобальт, кадмий и другие – являются жизненно необходимыми. При недостаточном поступлении с пищей развивается их дефицит в организме, что отражается, в частности, на активности целого ряда ферментов. В больших дозах металлы проявляют сильное токсическое действие.

Современная токсикологическая наука под *токсичностью вещества* понимает имманентную, т.е. внутренне присущую химическому веществу способность оказывать вредное действие, которое проявляется только при взаимодействии вещества с живым организмом. При этом из всех видов живых организмов имеется в виду исключительно человек в силу его социального статуса.

Степень токсичности вредных веществ характеризуется следующим показателем.

Предел переносимости – это максимальная концентрация, которую человек может выдержать определенное время без устойчивого поражения. На практике в качестве предела переносимости используется предельно допустимая концентрация (ПДК).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – такая концентрация вещества в атмосфере, воде, почве, продуктах питания, воздействие которой не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки настоящего и последующих поколений.

По статистике взрослый человек находится на свежем воздухе лишь около полутора часов в сутки. Остальное время он проводит в транспорте, жилых, общественных зданиях, на производстве и т.д. Поэтому для оценки степени токсичности вредных веществ целесообразно использовать ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК_{рз}) – гигиенический норматив, использующийся при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих. *ПДК вредного вещества в воздухе*

рабочей зоны – концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих (ГН 2.2.5.686-98).

Для предотвращения неблагоприятного воздействия загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения и устанавливают обязательные гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.

Предотвращение появления запахов, раздражающего действия и рефлекторных реакций у населения, а также острого влияния атмосферных загрязнений на здоровье в период кратковременных подъемов концентраций обеспечивается соблюдением *максимальных разовых ПДК* (ПДК_{мр}) (СанПиН 2.1.6.1032-01).

Предотвращение неблагоприятного влияния на здоровье населения при длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм обеспечивается соблюдением *среднесуточных ПДК* (ПДК_{сс}) (СанПиН 2.1.6.1032-01).

Величины ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе выражаются в мг/м³.

В том случае, если ПДК для вещества невозможно установить, то о степени его воздействия на окружающую среду и организм человека судят по *ориентировочно безопасному уровню воздействия* (ОБУВ) (мг/м³).

ОБУВ бывает двух видов:

- *ориентировочный безопасный уровень воздействия в атмосферном воздухе населенных мест* – это расчетный норматив со сроком действия 3 года, определяемый как концентрация, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании.

- *ориентировочный безопасный уровень воздействия в воздухе рабочей зоны* – это расчетный норматив со сроком действия 2 года, определяемый как концентрация, которая при работе не более 41 часа в неделю в течение всего рабочего стажа не должна вызвать заболеваний или отклонений состояния здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующего поколения, обнаруживаемых современными методами исследования.

Для предотвращения неблагоприятного воздействия загрязнения водных объектов установлены гигиенические нормативы (ГН 2.1.5.1315-03 (с изменениями на 16 сентября 2013 года)) предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. *Предельно допустимая концентрация в*

воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_в) (мг/л) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования. Установленные нормативы распространяются на воду подземных и поверхностных водоисточников, используемых для централизованного и нецентрализованного водоснабжения населения, для рекреационного и культурно-бытового водопользования, а также питьевую воду и воду в системах горячего водоснабжения.

Согласно ст. 35 Водного Кодекса Российской Федерации от 03.06.2006 №74-ФЗ (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.01.2016) содержание поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства, обеспечивается путем установления и соблюдения нормативов допустимого воздействия на водные объекты (НДВ).

Нормативы допустимого воздействия (НДВ) на водные объекты (мг/л) – это допустимое совокупное воздействие всех источников, расположенных в пределах речного бассейна или его части, на водный объект или его часть. НДВ разрабатываются и утверждаются по водному объекту или его участку в соответствии с гидрографическим и/или водохозяйственным районированием на основании предельно допустимых концентраций химических веществ, радиоактивных веществ, микроорганизмов и других показателей качества воды в водных объектах в целях поддержания поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства.

Согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 устанавливаются требования к качеству почв населенных мест и сельскохозяйственных угодий, обуславливающие соблюдение гигиенических нормативов при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции (техническом перевооружении) и эксплуатации объектов различного назначения, в том числе и тех, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на состояние почв. В качестве гигиенических нормативов используются предельно допустимые концентрации (ПДК) (мг/кг) или ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических загрязнений почв. *Ориентировочная допустимая концентрация* – гигиенический норматив, характеризующий ориентировочную допустимую концентрацию вещества в почве (мг/кг).

Предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вредного вещества в продуктах питания (ПДК_{пр}) (мг/кг) – это концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени (при ежедневном воздействии) не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека. Санитарно-гигиеническое нормирование загрязненности пищевых продуктов касается, главным образом, пестицидов, а также тяжелых металлов и некоторых анионов (например, нитратов).

Однако воздействие вредного вещества на уровне ПДК не исключает нарушение состояния здоровья у лиц с повышенной чувствительностью.

Особое значение имеет проблема оценки сравнительной токсичности при комплексном воздействии вредных веществ, поступающих в организм с водой, пищей и воздухом. Высокая актуальность этой проблемы очевидна – одновременное загрязнение различными ксенобиотиками¹ нескольких объектов окружающей среды в одном пункте не является редкостью. Количественным критерием безопасности в этих условиях может служить допустимая суточная доза. *Допустимая суточная доза (ДСД)* (мг/кг массы тела) – это максимальная безвредная доза вещества, которая при ежедневном раздельном или комплексном поступлении в организм человека и живых организмов в течение всей жизни не должна оказывать прямого или опосредованного влияния на здоровье в настоящем или последующих поколениях.

Работа по гигиеническому нормированию проводится в строго определенной последовательности, связанной с выполнением соответствующих этапов исследований.

Для химических веществ первым этапом исследований является аналитический этап, который включает в себя оценку физико-химических свойств вредного вещества (данные о структуре химического вещества, температуре плавления, точке кипения, растворимости в воде, в других растворителях). Вторым обязательным этапом гигиенических исследований при установлении ПДК является токсикометрия, т. е. определение основных параметров токсичности.

Эксперименты по выявлению порогов действия химических веществ ставятся на лабораторных животных. Токсикометрия включает проведение исследований по определению параметров острой, подострой и хронической токсичности. Наиболее полную информацию, как правило, дает хронический эксперимент.

Главной и основной задачей острого опыта является определение среднесмертельных доз (LD50). Постановка острых опытов позволяет оценить степень опасности химических веществ, характер направленности действия, уязвимость тех или иных систем и функций организма, изучения клиники интоксикации, установления кумулятивности вещества.

Подострый эксперимент проводится с целью выбора доз для хронического эксперимента, определения кумулятивности вещества. В подостром эксперименте испытывается большой набор токсикологических тестов, оценивающих воздействие химического вещества на сердечно-сосудистую систему, нервную систему, желудочно-кишечный тракт, выделительную систему и иные функции и системы организма.

¹ Ксенобиотики - чужеродные для живых организмов химические вещества, естественно не входящие в биотический круговорот, и, как правило, прямо или косвенно порождённые хозяйственной деятельностью человека.

Хронический эксперимент проводится для установления пороговой концентрации вещества. *Пороговая концентрация* – это наименьшее количество вещества, которое при попадании в организм человека может вызвать ощутимый физиологический эффект. В этом случае пораженные ощущают лишь первичные признаки поражения и сохраняют работоспособность. По результатам хронического санитарно-токсикологического эксперимента для веществ, прежде всего обладающих выраженным токсическим действием, устанавливаются ПДК.

Эксперименты на животных позволяют прогнозировать токсическое действие химического вещества на человека.

Токсическая доза является количественной оценкой токсичности вредных веществ. Различают смертельные и пороговые токсические дозы.

Пороговая токсическая доза (PD) – это такое количество вещества, которое при попадании в организм вызывает начальные признаки поражения с определенной вероятностью. В практике более широкое применение находит средняя пороговая токсическая доза (PD50), которая вызывает начальные признаки поражения у 50% людей, пораженных токсичным веществом.

Смертельная токсическая доза (LD) – это такое количество вещества, которое при попадании в организм вызывает смертельный исход с определенной вероятностью. Токсическая доза, вызывающая гибель 100% пораженных, называется *абсолютной смертельной токсической дозой (LD100)*, а токсическая доза, вызывающая гибель 50% пораженных, называется *средней смертельной токсической дозой (LD50)*.

Средняя смертельная доза при введении в желудок (мг/кг) – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок (ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ).

Средняя смертельная концентрация в воздухе (мг/м³) – концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух-, четырехчасовом ингаляционном воздействии (ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ).

Средняя смертельная доза при нанесении на кожу (мг/кг) – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу (ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ).

Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) – отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20°C к средней смертельной концентрации вещества для мышей (ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ).

Зона острого действия – отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций (ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ).

Зона хронического действия – отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне

целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 часа, пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев (ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ).

1.3. Пути поступления, распределения и выделения вредных веществ в организме

В медицинской практике используется классификация вредных веществ по способу поступления в организм:

- *ингаляционные* – поступление вредных веществ через органы дыхания;
- *пероральные* – поступление вредных веществ через желудочно-кишечный тракт, к ним относится большая группа пищевых отравлений;
- *перкутантные* – поступление вредных веществ через неповрежденную кожу;
- *инъекционные* – поступление вредных веществ при парентеральном введении яда (например, при укусах змей, насекомых).

Наибольшее значение имеет поступление вредных веществ через органы дыхания. Этот путь поступления является наиболее опасным, так как большая всасывающая поверхность легочных альвеол, усиленно омываемых кровью, обуславливает очень быстрое и почти беспрепятственное проникновение ядов к важнейшим жизненным центрам. Поступившие в воздух помещений токсические пыли, пары и газы вдыхаются рабочими и проникают в легкие. Через разветвленную поверхность бронхиол и альвеол они всасываются в кровь. Вдыхаемые яды оказывают неблагоприятное действие практически на протяжении всего времени работы в загрязненной атмосфере, а иногда даже и по окончании работы, так как всасывание их еще продолжается. Поступившие через органы дыхания в кровь яды разносятся по всему организму, вследствие чего токсическое их действие может сказываться на самых различных органах и тканях.

Попадание вредных веществ в желудочно-кишечный тракт возможно при несоблюдении правил гигиены, приеме пищи, курении. Поступившие в пищеварительный тракт, они на всем его протяжении всасываются через слизистые оболочки в кровь. В основном всасывание происходит в желудке и кишечнике. Поступившие через органы пищеварения яды с кровью направляются в печень, где некоторые из них задерживаются и частично обезвреживаются, потому что печень является барьером для поступающих через пищеварительный тракт веществ. Только пройдя через этот барьер, токсичные вещества поступают в общий кровоток и разносятся им по всему организму.

Вещества, хорошо растворимые в жирах и липоидах, могут проникать в кровь через неповрежденную кожу. Отравление возможно не только при

загрязнении кожи растворами и пылью, но и при наличии токсичных паров и газов в воздухе. Токсичные пары и пыль способны растворяться в поту и жировом покрове кожи, а затем они всасываются через кожу, поступают в кровь, разносятся по организму. В организме беременной женщины жирорастворимые вещества проникают через плаценту в кровь плода.

Сильное отравление вызывают вещества, обладающие повышенной токсичностью, малой летучестью, быстрой растворимостью в крови. К таким веществам относятся легко растворимые в воде и жирах углеводороды, ароматические амины, бензол, метиловый спирт и т.п.

Поступившие в организм тем или иным путем, вредные вещества могут относительно равномерно распределяться по всем органам и тканям, оказывая на них токсическое действие. Распределение токсичных веществ в организме подчиняется определенным закономерностям. В начальный период распределение ядов зависит от интенсивности кровообращения. С течением времени основную роль играют сорбционные свойства тканей. Как правило, все токсичные вещества в зависимости от их физико-химических свойств (водорастворимость, жирорастворимость и способность к диссоциации) накапливаются либо во внеклеточной жидкости, либо во внутриклеточной жидкости, либо в жировой ткани организма.

Поступившее в организм вредное вещество или сохраняется в неизменном виде, избирательно накапливаясь в тех или иных органах, или, нередко, в процессе взаимодействия с тканями подвергается различным превращениям (метаболизму).

Существуют некоторые вредные вещества, которые скапливаются преимущественно в определенных тканях и органах. Такие места преимущественного скопления веществ в организме называют депо. Для определенных веществ характерны определенные виды тканей и органов, где они депонируются. Например, свинец накапливается в основном в костях, марганец – в печени, ртуть – в почках и толстой кишке. Задержка вредных веществ в депо может быть, как кратковременной, так и длительной (до нескольких дней и недель). Постепенно выходя из депо в общий кровоток, они могут оказывать определенное, как правило, слабо выраженное токсическое действие. Некоторые необычные явления (прием алкоголя, специфическая пища, болезнь, травма и др.) могут вызвать более быстрое выведение токсинов из депо, в результате чего их токсическое действие проявляется более выраженно.

Процесс превращения (обезвреживания) вредных веществ – один из защитных приспособительных механизмов. Продукты превращения вредных веществ, попавших в организм, называют метаболитами. Они могут приобретать большую активность, ядовитость (например, формальдегид при окислении метилового спирта), но чаще теряют эту активность, что приводит к их обезвреживанию.

Выделение токсических веществ из организма нередко происходит тем же путем, что и поступление. Основным путем выведения водорастворимых соединений являются почки, жирорастворимых – легкие.

Через почки с мочой выделяются растворимые в воде органические и неорганические соединения (алкалоиды, цианиды, этиленгликоль и др.).

Через легкие могут выделяться с выдыхаемым воздухом различные летучие ядовитые вещества, не изменяющиеся в организме или подвергающиеся медленным превращениям. Это самый скорый путь выделения. Именно таким образом удаляются из организма углеводороды, монооксид углерода, синильная кислота и др.

Через желудочно-кишечный тракт выделяются плохо растворимые или не растворимые в воде ядовитые вещества (например, соединения тяжелых металлов). Этот процесс выделения осуществляется главным образом через слизистую желудка и особенно тонкого и толстого кишечника. Некоторые вредные вещества могут выделяться и в полость рта (например, соединения ртути, свинца).

Определенную роль для выделения токсинов из организма играют кожные покровы, причем этот процесс в основном совершают сальные и потовые железы.

Необходимо иметь в виду, что выделение некоторых токсических веществ возможно в составе женского молока (свинец, ртуть, алкоголь). Это создает опасность отравления грудных детей. Поэтому беременных женщин и кормящих матерей следует временно отстранять от производственных операций, связанных с воздействием токсичных веществ.

1.4. Действие вредных веществ на организм

Вредное вещество, попадая в организм человека, вызывает патологические изменения. В частности, они могут стать причиной отравлений.

Отравление – это интоксикация организма, вызванная действием веществ, поступающих в него извне.

Как правило в течении любого отравления можно выделить четыре основных периода: период контакта с веществом, скрытый период, период разгара заболевания, период выздоровления. Иногда особо выделяют период осложнений. Выраженность и продолжительность каждого из периодов зависит от вида и свойств вещества, вызвавшего отравление, его дозы и условий взаимодействия с организмом.

Механизмы формирования и особенности течения отравлений зависят от строения токсичных веществ, их доз, условий взаимодействия с организмом.

Можно выделить некоторые общие характеристики отравлений.

В зависимости от **локализации патологического процесса** отравление может быть местным и общим.

Местным называется отравление, при котором преобладает повреждение тканей на месте их соприкосновения с токсичным веществом, что сопровождается появлением раздражений, воспалений, ожогов кожных и слизистых покровов. Возможно местное поражение глаз, участков кожи, дыхательных путей и легких, различных областей желудочно-кишечного тракта.

Общее (резорбтивное) действие развивается в результате всасывания токсичного вещества в кровь. При этом нередко наблюдается относительная избирательность, выражающаяся в том, что преимущественно поражаются определенные органы и системы (например, нервная система при отравлении марганцем, органы кроветворения при отравлении бензолом).

В зависимости от **продолжительности взаимодействия** химического вещества и организма отравления протекают в острой, подострой и хронической формах.

Острым называется отравление, развивающееся в результате однократного или повторного действия веществ в течение ограниченного периода времени (как правило, до нескольких суток) и выражающееся бурными и специфическими клиническими симптомами. В производственных условиях острые отравления чаще всего связаны с авариями, неисправностью аппаратуры или с введением в технологию новых материалов с малоизученной токсичностью. В бытовых условиях острые интоксикации наблюдаются при употреблении в пищу некачественной воды и продуктов питания, при использовании с целью опьянения или самоубийства различных технических жидкостей, кислот щелочей, сильнодействующих лекарств, при применении высокотоксичных инсектицидов без использования средств защиты и т.п. Немаловажным отличительным признаком воздействия некоторых токсикантов (метилловый спирт, фосген и др.) является наличие *скрытого периода*, когда после появления первых симптомов состояние отравленного улучшается, а через определенное время развивается клиническая картина тяжелого отравления.

Подострым называется отравление, развивающееся в результате непрерывного или прерываемого во времени действия токсиканта продолжительностью до 90 суток.

Хронические отравления вызваны поступлением в организм незначительных количеств токсичного вещества и связаны с развитием патологических явлений только при условии длительного воздействия, иногда определяющегося несколькими годами. Они развиваются вследствие накопления массы вредного вещества в организме (материальная кумуляция) или вызываемых им изменений (функциональная кумуляция). Нередко имеют место функциональная и материальная кумуляция одновременно, но без функциональной кумуляции невозможно хроническое отравление. Существуют токсические вещества, которые обычно обуславливают развитие преимущественно хронической фазы отравлений (свинец, ртуть, марганец).

Поражаемые органы и системы в организме при хроническом и остром отравлении одним и тем же веществом могут отличаться. Например, при остром отравлении бензолом страдает нервная система, при хроническом – система кроветворения.

Помимо специфических отравлений токсическое действие вредных химических веществ может способствовать общему ослаблению организма, в частности снижению сопротивляемости к инфекционному началу. Например, известна зависимость между развитием гриппа, ангины, пневмонии и наличием в организме таких токсических веществ, как свинец, сероводород, бензол и др. Отравление раздражающими газами может резко обострить латентный туберкулез и т. д.

Развитие отравления и степень воздействия яда зависят от особенностей физиологического состояния организма. Физическая нагрузка в процессе производства существенно влияет на развитие интоксикаций. Здесь выделяют два важных аспекта.

1. Тяжелый физический труд сопровождается повышенной вентиляцией легких и усилением скорости кровотока, что приводит к увеличению количества яда, поступающего в организм. Кроме того, интенсивная физическая нагрузка может приводить к истощению механизмов адаптации с последующим развитием профессионально обусловленных заболеваний.

2. Влияние тренировки физическими упражнениями на устойчивость организма к ядам.

Чувствительность к ядам в определенной мере зависит от пола и возраста работающих. Установлено, что некоторые физиологические состояния у женщин могут повышать чувствительность их организма к влиянию ряда ядов (бензол, свинец, ртуть). Бесспорна плохая сопротивляемость женской кожи к воздействию раздражающих веществ, а также большая проницаемость в кожу жирорастворимых токсических соединений. Что касается подростков, то их формирующийся организм обладает меньшей сопротивляемостью к влиянию почти всех вредных факторов производственной среды, в том числе и промышленных ядов.

Токсическое действие отдельных вредных веществ может проявляться в виде вторичных поражений, например, колиты при мышьяковых и ртутных отравлениях, стоматиты при отравлениях свинцом и ртутью и т. д.

Не следует путать понятие острого, подострого, хронического отравлений с острым, подострым, хроническим течением заболевания, развившегося в результате контакта с веществом. Острое отравление некоторыми веществами (иприты, люизит, диоксины, галогенированные бензофураны, паракват и др.) может сопровождаться развитием длительно текущего (хронического) патологического процесса.

При повторном воздействии одного и того же вредного вещества в субтоксической дозе кроме явления кумуляции могут наблюдаться явления сенсibilизации и митридатизма.

Сенсибилизация – состояние организма, при котором повторное воздействие вещества вызывает больший эффект, чем предыдущее. Эффект сенсибилизации связан с образованием под влиянием токсичного вещества в крови и других внутренних средах измененных и ставших чужеродными для организма белковых молекул. Последние провоцируют формирование антител – особых структур белковой природы, осуществляющих защитную функцию организма. Повторное, даже значительно более слабое, токсическое действие с последующей реакцией вредного вещества с антителами вызывает ответ организма в виде явлений сенсибилизации. К веществам, вызывающим сенсибилизацию относят бериллий и его соединения, карбонилы никеля, железа, кобальта, соединения ванадия и т.д.

При повторном воздействии вредных веществ на организм человека вследствие привыкания может наблюдаться и явление обратное сенсибилизации – *митридазм* – устойчивость (толерантность) к высокотоксичным веществам, формирующаяся в организме в результате длительного их приема.

Механизмы развития толерантности объясняют разные теории, но можно выделить три основные.

Согласно первой – *метаболической*, длительно воздействующие на организм вещества становятся постоянными участниками тканевого обмена и тем самым постоянно теряют свои признаки, свойственные им как чужеродным соединениям. Соответственно утрачивается защитная реакция на них.

Вторая теория – *иммунологическая* – основана на экспериментально установленной способности организма вырабатывать антитела к различным чужеродным веществам. При этом периоды сенсибилизации и адаптации при длительном воздействии токсичного вещества можно объяснить соответствующими изменениями содержания антител в кровяном русле.

По третьей теории – *ферментативной* – в организме могут синтезироваться специальные, так называемые ферменты-инактиваторы, способные быстро расщеплять различные ксенобиотики (чужеродные для живых организмов химические вещества). Это явление, получившее название *самостимуляции ферментов* или *ослабления эффекта дозы*, способствует адаптации организма к токсическому воздействию и сопровождается все большим образованием и выделением биологически инертных метаболитов.

В общем случае для развития привыкания к хроническому воздействию яда необходимо, чтобы его концентрация (доза) была достаточной для вызова ответной приспособительной реакции, но, чтобы эта реакция не была чрезмерной, приводящей к быстрому и серьезному повреждению организма.

При оценке явления привыкания (толерантности) надо учитывать развитие повышенной устойчивости к одним веществам после многократного воздействия других. Существуют адаптогены (витамины, женьшень, элеутерококк), способные уменьшить реакцию на стрессорные воздействия и в

определенной мере увеличить устойчивость организма ко многим факторам окружающей среды, в том числе и химическим.

На производстве, как правило, в течение всего рабочего дня концентрации вредных веществ не постоянны. Они либо постепенно увеличиваются, снижаясь за обеденный перерыв и вновь увеличиваясь к концу рабочего дня, либо резко колеблются, оказывая на человека *интермиттирующее (прерывистое) действие*, которое во многих случаях оказывается более вредным, чем непрерывное, поскольку частые и резкие колебания раздражителя ведут к более сильному воздействию его на организм. Например, неблагоприятное действие интермиттирующего режима отмечено при вдыхании монооксида углерода (угарного газа).

Биологическое действие вредных веществ осуществляется через рецепторный аппарат клеток и внутриклеточных структур. Во многих случаях рецепторами токсичности являются ферменты, аминокислоты, витамины, некоторые активные функциональные группы (сульфгидрильные, гидроксильные, карбоксильные, амино- и фосфорсодержащие), а также различные медиаторы и гормоны, регулирующие обмен веществ. Первичное специфическое действие вредных веществ на организм обусловлено образованием комплекса «вещество – рецептор». Токсическое действие яда проявляется тогда, когда минимальное число его молекул способно связывать и выводить из строя наиболее жизненно важные клетки-мишени. Например, токсины ботулинуса способны накапливаться в окончаниях периферических двигательных нервов и при содержании восьми молекул на каждую нервную клетку вызывать их паралич.

Опасность вредных веществ для человека во многом определяется их химической структурой и физико-химическими свойствами. Немаловажное значение в отношении токсического воздействия имеет дисперсность² проникающего в организм химического вещества, причем, чем выше дисперсность, тем токсичнее вещество.

В природно-техногенной среде редко встречается изолированное действие вредных факторов, обычно человек подвергается совокупному их воздействию. При этом различают комбинированное, комплексное и сочетанное воздействия.

Комбинированное действие вредных веществ – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления.

Различают несколько видов комбинированного действия ядов.

1. *Аддитивное действие* – суммарный эффект смеси равен сумме эффектов действующих компонентов. Аддитивность характерна для веществ одинаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на

² дисперсность - характеристика размера частиц в дисперсных системах. Мера дисперсности - отношение общей поверхности всех частиц к их суммарному объему или массе.

одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется.

Для оценки токсического эффекта при аддитивном действии токсикантов используют уравнение:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1, \quad (1.1)$$

где C_1, C_2, C_n – концентрация каждого вещества в воздухе, мг/м³,

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_n$ – предельно допустимые концентрации этих веществ, мг/м³.

Если в воздухе присутствуют пары двух раздражающих веществ, для которых установлена $\text{ПДК} = 10$ мг/м³ для каждого, то это значит, что в комбинации они окажут такое же действие, как концентрация 20 мг/м³ какого-либо одного из этих веществ. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в большинстве случаев производственные яды в сочетании действуют по типу суммации. Вещества с аддитивным действием приведены в ГН 2.2.5.686-98.

2. *Потенцированное действие (синергизм)* – компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект комбинированного действия при синергизме больше аддитивного, и это учитывается при анализе гигиенической ситуации в конкретных производственных условиях. Явление потенцирования возможно только в случае острого отравления. Примерами синергизма служат совместное действие сернистого ангидрида и хлора.

3. *Антагонистическое действие* – такое, при котором эффект комбинированного действия менее ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого, эффект – менее аддитивного. Примером могут служить многие варианты антидотного взаимодействия.

4. *Независимое действие* – комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого яда в отдельности. Преобладает эффект наиболее токсичного вещества. Комбинации веществ с независимым действием встречаются достаточно часто, например, бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыли.

Комбинированное воздействие может происходить как при однократном (остром), так и при хроническом воздействии ядов. При однократном действии аддитивный эффект наблюдается у веществ наркотического действия и у раздражающих газов: хлора и оксидов азота, оксидов азота и сернистого газа, сернистого газа и аэрозолей серной кислоты.

Комплексное действие – одновременное поступление в организм вредных веществ несколькими путями (через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и кожу и т. д.).

Воздействие токсических веществ на человека в условиях производства не может быть изолированным от влияния других неблагоприятных факторов, таких как экстремальный температурный режим, повышенная или пониженная влажность, шум, вибрация, излучения.

Сочетанное действие – одновременное воздействие на организм нескольких химических и физических факторов.

Установлено, что токсичность ядов в определенном *температурном диапазоне* является наименьшей, усиливаясь как при повышении, так и при понижении температуры воздуха. Главной причиной этого является изменение функционального состояния организма: нарушение терморегуляции, потеря жидкости при усиленном потоотделении, изменение обмена веществ и ускорение биохимических процессов. Учащение дыхания и усиление кровообращения приводят к увеличению поступления яда в организм через органы дыхания. Расширение сосудов кожи и слизистых оболочек повышает скорость всасывания токсических веществ через кожу и дыхательные пути. Усиление токсического действия при повышенных температурах воздуха отмечено в отношении многих летучих ядов: паров бензина, паров ртути, оксидов азота и др. Низкие температуры повышают токсичность бензола, сероуглерода и др.

Повышенная *влажность* воздуха увеличивает опасность отравления, особенно раздражающими газами. Причиной этого служит усиление процессов гидролиза, повышения задержки ядов на поверхности слизистых оболочек, изменение агрегатного состояния ядов. Растворение ядов с образованием слабых растворов кислот и щелочей усиливает их раздражающее действие.

Изменение *атмосферного давления* также влияет на токсический эффект. При повышенном давлении усиление токсического эффекта происходит вследствие двух причин: во-первых, в результате наибольшего поступления ядов вследствие роста парциального давления газов и паров в атмосферном воздухе и ускоренного перехода их в кровь, во-вторых, за счет изменений функций дыхания, кровообращения, центральной нервной системы и анализаторов. Пониженное атмосферное давление усиливает воздействие таких ядов, как бензол, алкоголь, оксиды азота, ослабляется токсическое действие озона.

Шум и вибрация всегда усиливают токсический эффект промышленных ядов. Причиной этого является изменение функционального состояния центральной нервной системы и сердечно-сосудистой системы. Шум усиливает токсический эффект оксида углерода, стирола, крекинг-газа и др. Вибрация, изменяя реактивность организма, повышает его чувствительность к другим факторам, например, кобальту, кремниевым пылям, дихлорэтану; оксид углерода более токсичен в сочетании с вибрацией.

Одновременное воздействие этанола и *ультразвука* приводит к более выраженному неблагоприятному воздействию на функциональное состояние центральной нервной системы.

Ультрафиолетовое излучение, оказывая влияние на взаимодействие газов в атмосферном воздухе, способствует образованию смога. При ультрафиолетовом облучении возможна сенсбилизация организма к действию некоторых ядов, например, развитие фотодерматита при загрязнении кожи

пековой пылью. Вместе с тем ультрафиолетовое облучение может понижать чувствительность организма к некоторым вредным веществам вследствие усиления окислительных процессов в организме и более быстрого обезвреживания яда. Так, токсичность оксида углерода при ультрафиолетовом облучении снижается благодаря ускоренной диссоциации карбоксигемоглобина и более быстрого выведения яда из организма.

Большое практическое значение имеет проблема сочетанного действия *ионизирующего излучения* и химического фактора. Особенно актуальны два аспекта этой проблемы.

1. Уменьшение разрушающего действия радиации путем одновременного воздействия вредного вещества. Например, установлено, что острое воздействие ядов, вызывающее в организме гипоксию (снижение кислорода в тканях), и одновременное и последовательное действие ионизирующей радиации сопровождается ослаблением тяжести радиационного поражения, т.е. способствует большей радиоустойчивости организма. Такой эффект замечен для оксида углерода, анилина, цианидов, а также веществ, относящихся к классу индолилалкиламинов, производных триптофана (серотонин, мексамин). К другой группе веществ, снижающих радиочувствительность биологических тканей, относятся меркаптоалкиламины. Защитное действие гипоксии и некоторых веществ наиболее выражено при действии гамма- и рентгеновского излучения, нейтронном облучении, облучении тяжелыми ядрами.

2. Усиление эффекта действия вследствие синергизма радиационного воздействия и теплоты, радиации и кислорода. К числу радиосенсибилизирующих веществ относятся ртуть и ее соединения, формальдегид, вещества, относящиеся к сульфгидрильным ядам.

1.5. Антидоты

Антидоты (противоядия) – это медицинские средства (в том числе и лекарственные препараты), которые либо обезвреживают яд в организме в процессе физических и химических превращений при непосредственном взаимодействии с ядом, либо предупреждают и устраняют токсические эффекты за счет антагонизма с ядом в действии на рецепторы, ферменты и физиологические системы.

Применение антидотов лежит в основе профилактических или терапевтических мер по нейтрализации токсических эффектов химических веществ. Поскольку многие химические вещества обладают множественными механизмами токсического действия, в некоторых случаях приходится одновременно вводить различные антидоты и вместе с тем применять терапевтические средства, устраняющие не причины, а только отдельные симптомы отравления. Более того, поскольку глубинные механизмы действия большинства химических соединений изучены недостаточно, лечение

отравлений часто ограничивается симптоматической терапией. Опыт, накопленный в клинической токсикологии, показывает, что некоторые препараты, в частности витамины и гормоны, можно отнести к универсальным антидотам благодаря положительному профилактическому и терапевтическому действию, которое они оказывают при различных отравлениях. Объясняется это тем, что в основе отравлений лежат общие патогенетические механизмы.

Общепризнанной классификации антидотов до сих пор не существует. Наиболее рациональная система классификации основывается на сведении антидотов в основные группы в зависимости от механизма их антитоксического действия.

Выделяют антидоты прямого и непрямого действия.

Антидоты прямого действия осуществляют непосредственное физико-химическое или химическое взаимодействие яда и противоядия.

Антидоты физическо-химического действия оказывают защитное действие главным образом за счет адсорбции яда. Благодаря своей высокой поверхностной активности адсорбенты связывают молекулы твердого вещества и препятствуют его поглощению окружающей тканью. Однако молекулы адсорбированного яда могут позже отделиться от адсорбента и вновь попасть на ткани желудка. Это явление отделения называется *десорбцией*. Поэтому при применении антидотов физическо-химического действия исключительно важно сочетать их с мерами, направленными на последующее выведение адсорбента из организма. Этого можно добиться промыванием желудка или применением слабительных, если адсорбент уже попал в кишечник. Предпочтение здесь следует отдавать солевым слабительным (например, сульфату натрия), являющимся гипертоническими растворами, стимулирующими поступление жидкости в кишечник, что практически исключает поглощение твердого вещества тканями.

Сорбцию возможно осуществлять с кожных покровов, слизистых оболочек, из пищеварительного тракта (энтеросорбция), из крови (гемосорбция, плазмасорбция). Если яд уже проник в ткани, то применение сорбентов не эффективно.

Наиболее типичными антидотами этой группы являются активированный уголь и каолин (белая глина). Они дают большой эффект при остром отравлении алкалоидами (органическими веществами растительного происхождения) или солями тяжелых металлов.

В основе механизма *антидотов химического действия* лежит непосредственная реакция взаимодействия между ядом и антидотом.

Химические антидоты могут быть как местного действия, так и резорбтивного действия.

Местное действие химических антидотов обеспечивается в результате реакций нейтрализации, образования нерастворимых соединений, окисления, восстановления, конкурентного замещения и образования комплексов. Первые три механизма действия имеют особую важность и изучены лучше других.

Хорошим примером нейтрализации ядов служит использование щелочей для противодействия случайно проглоченным или попавшим на кожу сильным кислотам. Нейтрализующие антидоты применяются и для осуществления реакций, в результате которых образуются соединения, имеющие низкую биологическую активность. Например, в случае попадания в организм сильных кислот рекомендуется провести промывание желудка теплой водой, в которую добавлен оксид магния (20 г/л). В случае отравления плавиковой или лимонной кислотой больному дают проглотить кашицеобразную смесь хлорида кальция и оксида магния. При попадании едких щелочей следует провести промывание желудка 1% раствором лимонной или уксусной кислоты. Во всех случаях попадания в организм едких щелочей и концентрированных кислот следует иметь в виду, что рвотные средства противопоказаны. При рвоте происходят резкие сокращения желудочных мышц, а поскольку эти агрессивные жидкости могут поразить желудочную ткань, возникает опасность прободения.

Антидоты, образующие нерастворимые соединения, которые не могут проникнуть через слизистые оболочки или кожу, обладают избирательным действием, т. е. эффективны только в случае отравления определенными химическими веществами. Классическим примером антидотов такого типа могут служить 2,3-димеркаптопропанол, образующий нерастворимые, химически инертные сульфиды металлов. Он дает положительный эффект при отравлении цинком, медью, кадмием, ртутью, сурьмой, мышьяком.

Местное применение антидотов при отравлениях следует сочетать с подкожными, внутримышечными или внутривенными инъекциями.

В случаях попадания в организм опиума, морфина, аконита или фосфора широко применяется окисление твердого вещества. Наиболее распространенным антидотом для этих случаев является перманганат калия, который применяется для промывания желудка в виде 0,02 – 0,1%-го раствора. Этот препарат не дает эффекта при отравлении кокаином, атропином и барбитуратами.

Резорбтивное действие развивается после всасывания вещества и поступления в общий кровоток, а затем в ткани. Резорбтивные антидоты химического действия можно подразделить на две основные подгруппы:

а) антидоты, вступающие во взаимодействие с некоторыми промежуточными продуктами, образующимися в результате реакции между ядом и субстратом;

б) антидоты, непосредственно вмешивающиеся в реакцию между ядом и определенными биологическими системами или структурами. В этом случае химический механизм часто бывает связан с биохимическим механизмом антидотного действия.

Различные виды функционального антагонизма взаимодействующих в организме химических веществ дают основание рассматривать как особую группу такие антидоты, специфический эффект которых проявляется без непосредственного их контакта с ядом. Поэтому вполне будет оправдано их

объединение под общим названием *антидоты непрямого действия*. В данном случае наблюдается более сложный тип антагонистического взаимодействия яда и антидота, когда они взаимодействуют не прямо, а косвенно, через различные биоструктуры, оказывая на них стимулирующее или угнетающее действие. Такой антагонизм называется *функциональным*.

Для рассмотрения этого вида взаимодействия необходимо определить понятие «клеточные рецепторы». В молекулярной токсикологии ими принято называть компоненты белковых, мукополисахаридных или липидных молекул, которые расположены внутри или на поверхности клеток и которые способны взаимодействовать с токсичным агентом или антидотом, вызывая специфический эффект. Часто понятие «рецептор» отождествляется с активными центрами ферментов, т.е. функциональными группировками атомов, непосредственно реагирующими с молекулами биологически активных веществ.

Различают несколько видов функционального антагонизма.

1. *Конкурентный антагонизм* возникает при взаимодействии яда и антидота с одними и теми же рецепторами клеток, что приводит (в зависимости от их концентрации) к определенному эффекту, свойственному одному из этих комбинирующихся в организме веществ. Отсюда следует, что сущность конкурентного антагонизма состоит именно в том, что присутствие в организме антагониста уменьшает число рецепторов, способных взаимодействовать с агонистом (в нашем примере – с токсичным веществом), а его итогом, как правило, является противоположное по направлению действие яда и антидота на одни и те же клеточные элементы.

2. При *независимом антагонизме* яд и антидот действуют на разные клеточные элементы или на функционально различные и самостоятельные рецепторные биохимические структуры одних и тех же клеток и тем самым стимулируют или тормозят те или иные физиологические функции.

3. В случае *неконкурентного антагонизма* яд и антидот реагируют с достаточно удаленными друг от друга, но взаимозависимыми ее функциональными группами (рецепторами). В том случае, когда данная структура представлена ферментом, одно из комбинирующихся веществ взаимодействует с его активным центром (центрами), а другое – с участком фермента вне активного центра. С точки зрения возможного применения антидотов, естественно, наибольший интерес представляет такое неконкурентное взаимодействие двух веществ, которое приводит к ослаблению или подавлению эффекта одного из них.

1.6. Профилактические мероприятия при взаимодействии с вредными веществами

Основная мера профилактики от вредного воздействия химических веществ на работающих в условия возможного загрязнения рабочей зоны – это систематический контроль содержания этих веществ в рабочей среде.

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ на предприятиях, производственная деятельность которых связана с вредными веществами, должны быть разработаны нормативно-технические документы по безопасности труда при производстве, применении и хранении вредных веществ, а также выполнены комплексы организационно-технических, санитарно-гигиенических и медико-биологических мероприятий.

Согласно Федеральному закону «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием федерального закона «О специальной оценке труда»» №421-ФЗ от 28.12.2013 на рабочем месте проводится специальная оценка труда не реже, чем один раз в пять лет комиссией, члены которой осуществляют идентификацию потенциально вредных и (или) опасных производственных факторов.

При специальной оценке условий труда исследованию и измерению подлежат физические, химические, биологические факторы, а также тяжесть трудового процесса и напряженность трудового процесса.

В случае регистрации превышения содержания вредных веществ рабочей зоне по сравнению с установленными гигиеническими нормативами, принимаются специальные организационные и технические меры по предупреждению отравления.

К *техническим мерам* относятся: герметизация оборудования и коммуникаций, автоматический контроль воздушной среды, устройство естественной и искусственной вентиляции, сигнализации, дистанционного управления, установка знаков безопасности.

Эффективным профилактическим мероприятием является замена ядовитых веществ безвредными или менее токсичными.

Большая роль в предупреждении профессиональных интоксикаций принадлежит механизации производственного процесса, дающей возможность проведения его в замкнутой аппаратуре и сводящей до минимума необходимость соприкосновения рабочего с токсическими веществами (механическая загрузка и выгрузка удобрений, стиральных и моющих средств). Аналогичные задачи решаются при герметизации производственного оборудования и помещений, выделяющих ядовитые газы, пары и пыль. Надежным средством борьбы с загрязнением воздуха служит создание некоторого вакуума, предотвращающего выделение токсических веществ через имеющиеся неплотности.

Не следует пренебрегать вентиляцией рабочих помещений. Операции с особо токсическими веществами должны проводиться в специальных вытяжных шкафах с мощным отсосом или в замкнутой аппаратуре.

Для транспортирования химически вредных жидких веществ применяют специальные цистерны. Технологические процессы загрузки опасных веществ, их слив или выдавливание из цистерн, а также промывка и пропарка цистерн осуществляются способами, исключающими контакт работников с вредными веществами.

Для транспортирования к месту погрузки и в процессе загрузки сыпучих материалов следует применять транспортеры и элеваторы; для порошковых пылящих материалов (цемента, извести и т.п.) – пневмотранспорт или транспортеры с применением обеспыливающих устройств. Для жидких опасных веществ – трубопроводы, исключающие просачивание этих веществ.

К *организационным мерам* относится обязательное применение индивидуальных средств защиты (специальной защитной одежды, обуви, рукавиц, шлемов, противогазов и респираторов, защитных очков, защитных лицевых щитков, нейтрализующих паст и мазей для защиты и очистки кожи). Например, лица, занятые на работах с этилированным бензином, должны обеспечиваться хлорвиниловыми фартуками, перчатками, резиновыми сапогами. К работам с лесоматериалом, обработанным антисептиками, работники без спецодежды и средств защиты (брезентовых курток, брюк, резиновых сапог, рукавиц) не допускаются.

Кроме того, большое значение имеет соблюдение правил личной гигиены, для этого на предприятиях имеются душевые комнаты, гардеробные помещения для раздельного хранения спецодежды и личной одежды, прачечные для стирки спецодежды, устройства для обеспыливания спецодежды и др.

Иногда причиной тяжелых острых и даже смертельных отравлений является неосведомленность персонала об опасности производственного процесса и основных мерах профилактики, поэтому необходимо проводить санитарный инструктаж и обучение рабочих безопасным методам работы.

Для контроля за чистотой воздушной среды в производственных помещениях служат показатели ПДК вредных веществ, предусмотренные санитарным законодательством. Согласно Приказу Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302н (ред. от 05.12.2014) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» установлена и периодичность (сроки) осмотров в лечебно-профилактических учреждениях с целью выявления заболеваний на ранних этапах развития.

Согласно Федеральному закону «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием федерального закона «О специальной оценке труда»» №421-ФЗ от 28.12.2013 на должностные лица накладывается предупреждение или административный штраф:

- при нарушении государственных нормативных требований охраны труда, установленных правовыми актами РФ;
- при нарушении работодателем установленного порядка проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах,
- при допуске работника к исполнению им трудовых обязанностей без прохождения обучения и проверки знаний охраны труда, а также без прохождения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров;
- при необеспечении работников средствами индивидуальной защиты.

При особенностях профессиональной деятельности работников, когда отсутствуют технические и организационные возможности снизить в воздухе рабочей зоны концентрацию вредных и опасных химических веществ до безопасного уровня, условия труда оцениваются по критериям, которые дает «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (Р 2.2.2006-05).

Согласно Федеральному закону «О специальной оценке труда» № 426-ФЗ от 28.12.2013 вводятся классы условий труда в зависимости от кратности превышения производственными факторами уровней, установленных гигиеническими нормативами. Для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, оплата труда осуществляется в повышенном размере. Кроме того, работникам, условия труда которых по результатам оценки отнесены к вредным или опасным, установлены меры защиты ограничением времени пребывания в опасной или вредной среде (сокращенный рабочий день, перерывы в работе, ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск, сокращенный стаж для ухода на пенсию).

1.7. Первая помощь при отравлении вредными веществами

Первая помощь пострадавшим от отравления должна быть оказана как можно раньше, так как при острых отравлениях возможно очень быстрое нарушение дыхания, кровообращения и сердцебиения.

Своевременно оказанная первая помощь часто предотвращает возможность летального исхода.

Рассмотрим меры оказания первой помощи при острых отравлениях. Эти мероприятия основаны на трех принципах: этиологическом, патогенетическом и симптоматическом.

Осуществляя *этиологический принцип*, необходимо как можно быстрее прекратить дальнейший контакт с патогенными (этиологическими) факторами, т. е. вынести пострадавшего из загазованного помещения, снять загрязненную токсическими веществами одежду. В то же время следует по возможности удалить яд, проникший в организм, и нейтрализовать его путем использования методов антидотной терапии.

Патогенетический принцип заключается в использовании кислорода при всех интоксикациях, приводящих к возникновению кислородной недостаточности в организме. Следует подчеркнуть, что в клинике многих профессиональных отравлений синдром кислородной недостаточности является ведущим. Кислород следует применять уже при первых признаках кислородной недостаточности, причем наиболее действенным является раннее, своевременное и достаточно продолжительное его использование.

Важное место среди лечебных мероприятий, используемых при профессиональных отравлениях, занимает введение глюкозы. Помимо благоприятного влияния глюкозы на обмен веществ и питание сердечной мышцы, она стимулирует гликогенообразовательную функцию печени, которая имеет большое значение в процессе обезвреживания ядов.

Симптоматический принцип оказания первой помощи при острых профессиональных отравлениях заключается в проведении симптоматической терапии, мероприятия которой определяются развитием патологического процесса и состоянием пострадавшего.

При этом необходимо учитывать специфические противопоказания. Например, при интоксикации удушающими газами противопоказаны средства, возбуждающие дыхательный центр (лобелии, карбоген), а также сильнодействующие наркотики.

При большинстве пищевых отравлений первая помощь должна сводиться к скорейшему удалению ядовитых веществ из желудочно-кишечного тракта (обильное промывание, прием слабительных), сопровождаемому приемом внутрь адсорбирующих веществ.

При отравлении ядовитыми веществами через дыхательные пути необходимо вывести пострадавшего на свежий воздух, освободить его от затрудняющей дыхание одежды. Затем надо прополоскать рот и горло слабым раствором питьевой соды. В случае необходимости нужно сделать пострадавшему искусственное дыхание, а в очень тяжелых случаях произвести закрытый массаж сердца. До приезда врача пострадавшего необходимо уложить в постель, тепло его укутать.

При угнетении дыхания и (или) сердечной деятельности применяют аналептики – лекарственные вещества, оказывающих возбуждающее действие на центральную нервную систему, в частности на структуры, регулирующие дыхание и тонус сосудов (например, этимизол, бемеград).

При отравлении угарным газом (окисью углерода), необходимо пострадавшего немедленно вывести на чистый воздух, на голову и грудь

наложить холодный компресс, дать выпить крепкий чай или кофе. При ослабленном дыхании произвести искусственное дыхание.

При попадании кислот или щелочей на кожу необходимо их смывать в течение 5-10 минут струей теплой воды. При ожогах кислотами после промывания водой можно использовать щелочные растворы (2-3%-ный раствор пищевой соды – гидрокарбоната натрия – в мыльной воде) или наложить стерильную салфетку, смоченную слабым щелочным раствором. При ожогах серной кислотой воду использовать не рекомендуется, т.к. в этом случае происходит выделение тепла, что может усилить ожог. При ожогах щелочью также после промывания водой можно использовать для обработки ожоговой поверхности слабые растворы кислот (1-2%-ный раствор уксусной или лимонной кислоты). Желательно дать обезболивающие препараты и обязательно направить пострадавшего в ожоговое отделение.

Если ядовитое вещество попало в глаза, необходимо промыть их струей воды в течение 20-30 минут. После промывания на поврежденный глаз наложить повязку и незамедлительно обратиться к врачу.

При отравлении алкоголем пострадавшему дают вдыхать нашатырный спирт, проводят промывание желудка теплой водой или слабым раствором пищевой соды, в тяжелых случаях проводят искусственное дыхание и закрытый массаж сердца.

ГЛАВА 2. АВАРИИ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

2.1. Основные понятия и классификации

Сегодня химические технологии в той или иной степени используются во всех отраслях промышленности. При этом в большинстве случаев даже при нормальном функционировании объектов экономики имеет место выброс в атмосферу или сброс в водную среду тех или иных загрязняющих веществ, в том числе опасных химических веществ. Таким образом, одним из важных направлений обеспечения безопасности жизнедеятельности является химическая безопасность.

Химическая безопасность – 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 природной среды опасными химическими веществами в случае возникновения химической аварии.

Химическая авария – авария, сопровождающаяся проливом или выбросом опасных химических веществ (ОХВ), способная привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных и растений или к химическому заражению природной среды. К ОХВ в соответствии с ГОСТами относятся боевые отравляющие вещества, аварийно химически опасные вещества, а также вещества, вызывающие преимущественно хронические заболевания.

В настоящее время промышленное производство, сконцентрировав в себе колоссальные запасы различных видов энергии, вредных веществ и материалов, стало постоянным источником серьезной техногенной опасности и возникновения аварий и катастроф, сопровождающихся чрезвычайными ситуациями.

Подтверждением является ряд крупных химических аварий в мире в конце XX века: в Севезо (Италия) в 1976 г., в Бхопале (Индия) в 1984 г., на ПО «Азот» (Ионава, Литва) в 1989 г. и другие, которые привели к гибели людей, к заболеванию сотен и тысяч человек, к загрязнению и заражению больших территорий.

10 июля 1976 года произошла техногенная авария на заводе швейцарской фирмы ICMESA в итальянском городе Севезо в провинции Монца-э-Брианца области Ломбардия, выпускающем различные химические вещества (в основном ароматические соединения). Авария привела к заражению диоксином значительной территории вокруг завода. На зараженной площади были выделены три зоны: зона А (наиболее зараженная) со средним уровнем

заражения $2,4 \cdot 10^{-4}$ г/м² и площадью 1,08 км²; зона Б со средним уровнем заражения $3 \cdot 10^{-6}$ г/м² и площадью 2,7 км²; зона В с уровнем заражения менее $5 \cdot 10^{-6}$ г/м² и площадью 14,3 км².

Всего на зараженной территории проживало более 200 тыс. человек, в том числе 27,6 тыс. человек в зонах А, Б и В. В результате аварии пострадало около 1000 человек, пришлось забить и уничтожить 78 тыс. мелких животных, около 700 голов крупного скота и уничтожить большое количество зараженного зерна и сена. Около 3 тыс. мелких животных погибли от токсического воздействия. На землях фермеров потребовалось снять слой почвы на глубину до 20 см, чтобы уменьшить уровень диоксина в пахотном слое. Зараженный слой почвы объемом 200 тыс. куб. м был перемещен, захоронен и заменен свежей почвой. В дальнейшем, в период с 1976 по 1986 годы, от рака в этом регионе умерло более 500 человек. Национальный институт рака (г. Милан, Италия) проводит прямую связь этих смертей с воздействием на людей диоксина.

Еще более масштабная авария произошла в ночь с 2 на 3 декабря 1984 года на химическом заводе в г. Бхопале (Индия) с выбросом метилизоцианата. Из-за прохладной погоды смертоносное облако паров не поднялось вверх, а стелилось по земле и накрыло городские районы площадью 40 км². Погибло более 3 тыс. человек, пострадало более 200 тыс. человек.

20 марта 1989 года на производственном объединении «Азот» в городе Ионава Литовской ССР произошла авария на изотермическом хранилище с мгновенным выбросом 7 тысяч тонн сжиженного аммиака. После разрушения железобетонного ограждения опасное вещество беспрепятственно разлилось по территории предприятия, образовав озеро ядовитой жидкости с поверхностью испарения 10 тыс. кв. м. В результате смешивания аммиака с природным газом из поврежденного трубопровода возник пожар, и произошло возгорание склада с нитрофоской, с последующим разложением этого вещества и выделением токсичных продуктов. Глубина распространения облака АХОВ составляла до 30 км. В день аварии погибли пять работников предприятия и 57 человек пострадали, из них 42 человека были госпитализированы в больницы города. Впоследствии один из пострадавших скончался в больнице. При тушении пожара погиб пожарный. Общее число жертв достигло 7 человек.

Процент разрушений и распространения опасного вещества был минимален благодаря грамотным действиям дежурного диспетчера и наличию у подавляющего числа работников комбината надежных промышленных фильтрующих противогазов. Помогло и то, что в этот день была безветренная погода.

ПО «Азот» находилось в четырех километрах от города Ионава, в котором насчитывалось около 40 тысяч жителей. Если бы ветер дул на город, то пострадало бы большое количество людей. К вечеру 20 марта поднялся ветер, и было принято решение эвакуировать население города.

В ликвидации последствий этой аварии участвовали 982 человека, привлекалась 241 единица техники. Принятыми мерами пожар и последствия аварии были ликвидированы 23 марта.

В настоящее время известно более 54 тыс. химических соединений, которые могут быть отнесены к опасным химическим веществам вследствие их способности вызывать острые и хронические интоксикации.

По степени опасности для организма человека опасные химические вещества делятся на четыре класса: I класс – чрезвычайно опасные, II класс – высокоопасные, III класс – умеренно опасные и IV класс – малоопасные. Классификация химически опасных веществ представлена в табл. 1. Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности (см. табл.2.1).

Таблица 2.1

Классификация опасности вредных веществ по степени воздействия на организм

Наименование показателя	Класс опасности веществ			
	I	II	III	IV
ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	менее 0, 1	0,1-1,0	1,1-10,0	более 10, 0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	менее 15	15-150	151-5000	более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	менее 100	100-500	501-2500	более 2500
Средняя смертельная 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

К *чрезвычайно опасным* химическим веществам относятся:

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

др.);

- вещества, содержащие циангруппу (водород цианистый, синильная кислота и ее соли, нитрилы, циангидрины, изоцианаты и др.);
- соединения фосфора (фосфорорганические соединения, хлориды фосфора, оксихлорид фосфора, фосфин и др.);
- галогены (хлор, бром, фтор);
- галогеноводороды (водород хлористый, водород фтористый, водород бромистый);
- хлоргидрины (этиленхлоргидрин, эпихлоргидрин и др.);
- фторорганические соединения (фторуксусная кислота и ее эфиры, фторэтанол и др.);
- некоторые другие соединения (фосген, окись этилена, амины, аллиловый спирт и др.).

К *высокоопасным* химическим веществам относятся:

- минеральные и органические кислоты (серная, азотная, соляная, уксусная и др.);
- щелочи (аммиак, едкий натр, едкий калий и др.);
- серосодержащие соединения (сульфиды, сероуглерод, тиокислоты, тиоцианаты и др.);
- галогензамещенные углеводороды (хлористый метил, бромистый метил и др.);
- некоторые спирты и альдегиды кислот (формальдегид, метиловый спирт и др.);
- органические и неорганические нитро- и аминсоединения (гидразин, анилин, нитробензол, толуидин и др.);
- фенолы, крезолы и их производные.

К *умеренно и малоопасным веществам* относится вся остальная основная масса потенциально опасных химических соединений.

Определенная часть веществ, относящихся к классу чрезвычайно и высокоопасных, по причине сочетания токсических и физико-химических свойств может вызывать массовое поражение людей, находящихся в контакте с ними, в случае аварийных выбросов. Для характеристики таких веществ и используется термин **«аварийно химически опасные вещества» (АХОВ)**.

АХОВ – это опасное химическое вещество, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живые организмы концентрациях (токсодозах) (ГОСТ Р 22.9.05-95).

Существуют критерии для отнесения того или иного вещества к АХОВ.

1. Принадлежность вещества к I-II классам опасности по величине коэффициента возможности ингаляционного отравления (КВИО).

Расчет КВИО проводится по формуле:

$$\text{КВИО} = \frac{C_{\max}^{20}}{LC_{50}}, \quad (2.1)$$

где: C_{\max}^{20} – максимальная концентрация паров вещества при 20°C, мг/л;

LC_{50} – среднесмертельная концентрация веществ при 2-часовой экспозиции, мг/л (согласно ГОСТ 12.1.007-76 определяется по белым мышам).

Максимальная концентрация паров вещества определяется по формуле:

$$C_{\max}^{20} = \frac{16 \cdot M \cdot p^{20}}{T} \quad (2.2)$$

где: M – молекулярный вес вещества, г;

p^{20} – упругость насыщенного пара вещества при 20 °С, мм рт. столбца (для веществ с температурой кипения ниже 20 °С – 760 мм рт. столба);

T – температура кипения вещества по абсолютной шкале, °К;

LC_{50} – определяется по справочной литературе.

2. Наличие вещества на химически опасных объектах или его перевозка в количествах, которое при выбросе в окружающую среду может представлять опасность массового поражения людей.

Ввиду того, что оценка опасности вещества в зависимости от его количества проводится применительно к конкретным условиям, под массовым поражением понимается такая ситуация, при которой в случае аварийного выброса АХОВ образующийся очаг поражения представляет опасность: на химически опасном объекте – для рабочих и служащих производственного участка; в городе – для населения, проживающего в жилом квартале, в загородной зоне – для населения, проживающего в рабочем поселке или сельском населенном пункте.

Наличие второго критерия обусловлено тем, что из достаточно большого числа известных и синтезируемых новых химических соединений, относимых по величине КВИО к I и II классам опасности, реальную опасность представляет лишь та их часть, которая характеризуется крупнотоннажностью производства, потребления, хранения и перевозок.

Перечень АХОВ, при аварийном выбросе которых вероятность поражения населения промышленных городов и сельской местности будет наибольшей и который установлен на основе анализа их свойств и объемов, размещенных на объектах запасов и перевозок, включает 34 вещества.

Перечень этих веществ и минимальные их объемы, не представляющие опасности для населения, находящегося на удалении одного километра и более, в случае производственной аварии, приведены в табл. 2.2.

Необходимо подчеркнуть, что часть веществ, указанных в табл. 2.2, находит достаточно редкое использование на промышленных объектах.

Таблица 2.2

Перечень основных АХОВ и минимально безопасные их объемы

Наименование АХОВ	Минимально безопасные объемы, т	Наименование АХОВ	Минимально безопасные объемы, т
Акролеин	7,0	Окись этилена	7,0
Аммиак	40,0	Сернистый ангидрид	8,0
Ацетонитрил	550,0	Сероводород	80
Ацетонциангидрин	120,0	Серовуглерод	370
Водород мышьяковистый	20,0	Соляная кислота (конц.)	15
Водород фтористый	0,4	Триметиламин	12
Водород хлористый	3,5	Формальдегид	1,5
Водород бромистый	0,7	Фосген	2,0
Водород цианистый	2,5	Фтор	0,1
Диметиламин	0,04	Фосфор треххлористый	60
Метиламин	4,0	Фосфор хлорокись	4,5
Метил бромистый	7,5	Хлор	1,5
Метил хлористый	40	Хлорпикрин	2,0
Метилакрилат	5,0	Хлорциан	3,0
Метилмеркаптан	600,0	Этиленамин	6,0
Нитрил акриловой кислоты	12,0	Этиленсульфид	1,0
Окислы азота	7,5	Этилмеркаптан	9,0

Примечание. Данные приведены для условий: удаление населения от места аварии не менее одного км; метеоусловия – инверсия; температура воздуха 20°C; скорость приземного ветра – 1 м/с.

В связи с этим к наиболее распространенным АХОВ, которые часто встречаются в воздухе рабочей зоны на химически опасных объектах и населенных пунктах, отнесены вещества, представленные в табл. 2.3.

Сегодня крупнейшими потребителями АХОВ являются:

- черная и цветная металлургия, где широко используются хлор, аммиак, соляная кислота, ацетонциангидрин, водород фтористый, нитрил акриловой кислоты;
- целлюлозно-бумажная промышленность – хлор, аммиак, сернистый ангидрид, сероводород, соляная кислота;
- машиностроительная и оборонная промышленность – хлор, аммиак, соляная кислота, водород фтористый;

- коммунальное хозяйство – хлор и аммиак;
- медицинская промышленность – аммиак, хлор, фосген, нитрил акриловой кислоты, соляная кислота;
- сельское хозяйство – аммиак, хлорпикрин, хлорциан, сернистый ангидрид.

Таблица 2.3

Перечень и предельно допустимые концентрации наиболее распространенных АХОВ в воздухе

Наименование АХОВ	ПДК, мг/м ³ , в воздухе		
	Рабочей зоны	Населенных пунктов	
		разовая	суточная
Азотная кислота (конц.)	5,0	0,4	0,15
Аммиак	20,0	0,2	0,04
Ацетонитрил	10,0	—	0,002
Ацетонциангидрин	0,9	—	0,001
Водород хлористый	0,05	0,2	0,01
Водород фтористый	0,05	0,02	0,005
Водород цианистый	0,3	—	0,01
Диметиламин	1,0	0,005	0,005
Метиламин	1,0	—	—
Метил бромистый	1,0	—	—
Метил хлористый	5,0	—	—
Нитрилоакрил	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	2,0	0,007	0,007

Опасность АХОВ для людей определяется их способностью, проникая в сравнительно небольших количествах через органы дыхания в организм, нарушать его нормальную жизнедеятельность, вызывать различные болезненные состояния, а при определенных условиях – летальный исход. В ряде случаев, в первую очередь при нахождении в непосредственной близости от источника заражения, возможно поражение людей через кожные покровы. Степень и характер нарушения нормальной жизнедеятельности организма (поражения) зависят от особенностей механизма токсического действия АХОВ, его агрегатного состояния, концентрации паров в воздухе и продолжительности их воздействия, путей воздействия на организм.

В настоящее время не существует общепринятого принципа классификации токсичных веществ, включая АХОВ, по механизму токсического действия. Из нескольких же существующих классификаций наибольшее распространение получили *клиническая* и *патогенетическая*.

Согласно *клинической* классификации вся совокупность АХОВ делится на следующие группы:

первая группа – вещества с преимущественно удушающим действием:

- с выраженным прижигающим действием (хлор, треххлористый фосфор, хлорокись фосфора);
- со слабым прижигающим действием (фосген, хлорпикрин);

вторая группа – вещества, преимущественно общеядовитого действия (водород цианистый, хлорциан, водород мышьяковистый);

третья группа – вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием:

- с выраженным прижигающим действием (нитрил акриловой кислоты);
- со слабым прижигающим действием (сернистый ангидрид, сероводород, окислы азота);

четвертая группа – нейротропные яды, т.е. действующие на генерацию, проведение и передачу нервного импульса (сероуглерод);

пятая группа – вещества, обладающие удушающим и нейротропным действием (аммиак);

шестая группа – метаболические яды (окись этилена, метил хлористый).

В *патогенетической* классификации выделяются 4 группы АХОВ:

- **нервные (нейротропные) яды** – сероводород, сероуглерод, метил хлористый и др.;
- **кровяные яды** – водород мышьяковистый;
- **ферментные яды** – водород цианистый, нитрил акриловой кислоты, ацетонитрил и др.;
- **раздражающие** – хлор, акролеин, сернистый ангидрид, фосген и др.

Последняя классификация наиболее целесообразно отражает конкретную направленность токсического действия АХОВ на определенные органы человека.

Следует отметить, что сегодня на территории России функционируют более 3600 объектов, имеющих значительные запасы АХОВ. Суммарная площадь, на которой может возникнуть очаг химического заражения в результате возможных аварий на этих объектах, составляет 300 тыс. км² с населением 54 млн. человек.

Все эти объекты классифицируются по степени химической опасности. В основу этой классификации положена степень опасности для населения и территорий (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Классификация объектов по химической опасности

Степени химической опасности объектов	Количество человек, попадающих в зону химического заражения при аварии
I	Более 75 тыс. человек
II	От 40 до 75 тыс. человек
III	Менее 40 тыс. человек
IV*	Оценке не подлежит

*Зона возможного заражения АХОВ при аварии не выходит за пределы территории объекта или его санитарно-защитной зоны.

Безопасность функционирования химически опасных объектов зависит от многих факторов: физико-химических свойств сырья, продуктов производства, характера технологического процесса, конструкции и надежности оборудования, условий хранения и транспортирования химических веществ, наличия и состояния контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, эффективности средств противоаварийной защиты и т.д. Кроме того, безопасность производства, использования, хранения и перевозок АХОВ в значительной степени зависит от уровня организации профилактической работы, своевременности и качества планово-предупредительных и ремонтных работ, подготовленности и практических навыков персонала, наличия системы надзора за состоянием технических средств противоаварийной защиты, надежностью функционирования всех систем технологического процесса. Наличие большого количества факторов, от которых зависит безопасность функционирования химически опасных объектов, определяет сложность решения проблемы предупреждения химических аварий и катастроф.

Следует отметить, что химические аварии и катастрофы, сопровождаемые выбросом (разливом) АХОВ, подразделяются на три типа:

- с образованием только первичного облака АХОВ³;
- с образованием первичного и вторичного облака АХОВ⁴;

³Первичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1-3 мин) перехода в атмосферу части АХОВ из емкости при ее разрушении.

•с заражением окружающей среды (грунта, водоисточников, технологического образования и т.п.) высококипящими жидкостями и твердыми веществами без образования первичного и вторичного облака.

Большинство АХОВ при аварийных ситуациях сравнительно легко переходит из одного агрегатного состояния в другое, чаще всего из жидкого в парообразное (газообразное), из твердого в аэрозольное и наносят массовые поражения людям, животным и растениям.

Возможный выход облака зараженного воздуха за пределы территории химически опасного объекта в случае аварии на нем обуславливает химическую опасность для административно-территориальной единицы, где такой объект расположен. Аналогично химически опасным объектам в основу классификации административно-территориальных единиц (района, города, области, края, республики) также положена опасность поражения населения АХОВ.

Критерием для отнесения административно-территориальной единицы к той или иной степени опасности в этом случае является процент населения, проживающего в зоне возможного заражения в случае аварии на химически опасном объекте (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Классификация административно-территориальных единиц по химической опасности

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

Несмотря на предпринимаемые меры в области промышленной безопасности (многие потенциально опасные производства спроектированы так, что вероятность крупной аварии на них оценивается величиной порядка 10^{-4}), полностью исключить вероятность возникновения аварии практически невозможно.

В большинстве случаев аварии вызываются нарушением технологии производства, правил эксплуатации оборудования, машин и механизмов, низкой трудовой и технологической дисциплиной, несоблюдением норм безопасности, отсутствием должного надзора за состоянием оборудования. Одна из возможных причин аварий – стихийные бедствия.

⁴Вторичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Характерными особенностями этих аварий являются внезапность возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных выбросом (разливом) АХОВ, быстрое распространение поражающих факторов, опасность массового поражения людей и животных, попавших в зону заражения, необходимость проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в короткие сроки.

Аварии на химически опасных объектах по типу возникновения делятся на *производственные* и *транспортные*, при которых нарушается герметичность емкостей и трубопроводов, содержащих АХОВ.

По масштабам последствий химические аварии имеют свою специфическую классификацию:

- **локальные** – последствия которых ограничиваются одним цехом (агрегатом, сооружением) химически опасного объекта;
- **местные** – последствия которых ограничиваются производственной площадкой химически опасного объекта или его санитарно-защитной зоной;
- **общие** – последствия которых распространяются за пределы санитарно-защитной зоны химически опасного объекта.

По сфере возникновения химические аварии классифицируются на:

- аварии на хранилищах АХОВ;
- аварии при ведении технологических процессов (возможные источники заражения – технологические емкости и реакционная аппаратура);
- аварии при транспортировке АХОВ по трубопроводу или железнодорожными цистернами по территории объекта.

Основными исходами этих 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).

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.

В химических авариях выделяют 4 фазы:

- инициирование аварии (1);
- развитие аварии (2);

- выход последствий аварии за пределы объекта (3);
- локализация и ликвидация последствий аварии (4).

Содержание каждой фазы отражено в табл. 2.6

Таблица 2.6

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, реакторы, цистерны и т.д.) и попадание АХОВ в атмосферу	Возникновение пожаров и 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 газовой волны и ее 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 заражения	

Следует отметить, что вторая фаза развития химических аварий оказывает определяющее влияние на масштабы последствий аварии, так как от особенностей попадания АХОВ в атмосферу зависят дальность распространения газовой волны и время поражающего действия.

В свою очередь особенности попадания АХОВ в атмосферу определяются условиями его содержания в возможном источнике заражения и характером повреждения последнего. Возникающие при этом типовые аварийные ситуации представлены в табл. 2.7.

Типовые аварийные ситуации, связанные с выбросом (проливом) АХОВ

Агрегатное состояние АХОВ	Вид источника заражения	Степень разрушения источника заражения	Характер попадания АХОВ в окружающую среду	Возможные варианты разлива АХОВ
Сжиженные газы	Хранилища и ж/д цистерны	Полное	Мгновенный выброс всего содержимого емкости с последующим испарением разлива	Свободный или в обваловку (поддон)
		Частичное (трещины, отверстия, разрывы и т.п.)	Истечение во времени через отверстия (трещину и т.п.) с последующим испарением разлива	
	Технологические емкости и реакционная аппаратура	—	—	Свободный
		Частичное	Истечение во времени через отверстия (трещину и т.п.) с последующим испарением разлива	
Сжатые газы	Хранилища, технологические емкости и реакционная аппаратура	Полное	Мгновенный выброс всего объема АХОВ с мгновенным переходом в атмосферу	Разлив отсутствует
		Частичное	Истечение во времени через отверстие (трещину и т.п.) с мгновенным переходом в атмосферу	
	Трубопроводы	Частичное	Истечение во времени через отверстие (трещину и т.п.) с мгновенным переходом в атмосферу	Разлив отсутствует
		Полное	Мгновенный выброс всего содержимого емкости с последующим испарением разлива	
Жидкости	Хранилища и ж/д цистерны	Полное	Мгновенный выброс всего содержимого емкости с последующим испарением разлива	Свободный или в обваловку (поддон)
		Частичное	Истечение во времени через отверстие (трещину и т.п.) с последующим испарением разлива	
	Технологические емкости и реакционная аппаратура	Частичное	Мгновенный выброс всего содержимого емкости с последующим испарением разлива	Свободный
		Частичное	Истечение во времени через отверстие (трещину и т.п.) с последующим испарением разлива	
Трубопроводы	Частичное	Истечение во времени через отверстие (трещину и т.п.) с последующим испарением разлива	Свободный	
	Частичное	Истечение во времени через отверстие (трещину и т.п.) с последующим испарением разлива		

Опасность заражения АХОВ приземного слоя атмосферы, зданий и сооружений, местности, открытых водоисточников, а в отдельных случаях и грунтовых вод при химических авариях определяется физико-химическими свойствами АХОВ, их способностью переходить из одного состояния в другое.

Во многом это определяется температурой кипения АХОВ, в зависимости от которой АХОВ делятся на три группы.

К первой группе относятся вещества, имеющие точку кипения ниже минус 40°С и хранящиеся в сжатом состоянии. В аварийной ситуации они в результате интенсивного выброса образуют только первичное газовое облако, которое может создать опасность взрыва и пожара, а также привести к резкому снижению содержания кислорода в воздухе (в закрытых помещениях). При разрушении единичной емкости с содержанием таких веществ время действия газового облака не превышает нескольких минут. При аварии, сопровождаемой нарушением герметизации технологической аппаратуры (емкости), образующееся облако АХОВ действует до момента прекращения поступления вещества в атмосферу.

Ко второй группе относятся вещества, имеющие точку кипения в интервале температур от минус 40°С до плюс 40°С. Вещества этой группы, находящиеся в парообразном состоянии, легко переводятся в жидкое состояние при сжатии. Хранятся они, как правило, либо в изотермических емкостях в охлажденном виде, либо при обычной температуре в толстостенных сосудах (емкостях) под давлением насыщенных паров.

При проливе (выбросе) веществ, находящихся под давлением, образуется первичное и вторичное облака зараженного воздуха, все остальные вещества этой группы образуют только вторичное облако.

Глубина распространения как первичного, так и вторичного облака зараженного воздуха может достигать от нескольких сот метров до десятков километров.

К третьей группе веществ относятся АХОВ с температурой кипения выше 40°С (верхнего предела возможных температур приземного слоя воздуха). В эту группу входят АХОВ, находящиеся в емкостях при атмосферном давлении в жидком состоянии. В случае аварийного пролива этих АХОВ преимущественно происходит заражение местности, открытых водоисточников, а в отдельных случаях заражение грунтовых вод. Возможно образование также вторичного облака зараженного воздуха.

При возникновении химического заражения различных сред в зависимости опять-таки от физико-химических свойств АХОВ, условий их хранения и транспортировки могут возникать чрезвычайные ситуации с химической обстановкой четырех основных типов, отличающихся характером поражающих факторов.

Первый тип химической обстановки. 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 ингаляционное воздействие высоких (смертельных) концентраций паров АХОВ на людей и животных.

Масштабы заражения 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.

Второй тип химической обстановки. При аварийных выбросах (проливах) 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, сернистый 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 содержащегося в емкости АХОВ образуется вторичное облако, концентрация паров в котором существенно меньше, чем в первичном облаке. Однако и она может представлять также высокую опасность.

Основными поражающими факторами в этих условиях являются ингаляционное воздействие на людей и животных первичного облака (кратковременное – несколько минут) и продолжительное воздействие вторичного облака (часы, сутки).

Кроме того, пролив АХОВ может привести к заражению грунта и воды.

Третий тип химической обстановки. При проливе 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 зараженного воздуха.

Четвертый тип химической обстановки. При аварийном выбросе (проливе) значительных количеств малолетучих АХОВ, типа фенола, сероуглерода, несимметричного диметилгидразина и др. с температурой кипения существенно выше температуры окружающей среды, происходит заражение местности (грунта, растительности, воды) в опасных концентрациях.

Основными поражающими факторами при этом являются резорбтивное воздействие АХОВ в результате соприкосновения открытых участков кожи с зараженной поверхностью или пероральное воздействие 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 работ.

Характер распространения вредных примесей в атмосфере зависит от плотности паров ядовитых веществ. Чем ниже плотность АХОВ, тем выше производительность источника заражения (скорость испарения).

Направление распространения облака зараженного 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.

В результате возникновения аварий на различных производственных объектах с жидкими (газообразными) АХОВ или пожаров с твердыми химическими веществами с образованием аэрозолей АХОВ в районах, прилегающих к очагу поражения, может создаваться сложная химическая обстановка на значительных площадях с образованием обширных зон химического заражения.

Под **зоной химического заражения** понимается территория, в пределах которой в результате воздействия АХОВ возможно поражение людей, сельскохозяйственных животных и растений. Она включает территорию непосредственного разлива АХОВ (горения веществ, образующих АХОВ) и территорию, над которой распространилось облако зараженного воздуха с поражающими концентрациями.

Размеры зоны химического заражения характеризуются глубиной и шириной распространения облака зараженного воздуха с поражающими концентрациями и площадью разлива (горения) АХОВ. Внутри зоны могут быть районы со смертельными концентрациями.

Основной характеристикой зоны химического заражения является глубина распространения облака зараженного воздуха. Она может колебаться от нескольких десятков метров до десятков километров. Так, при разливе 30 тыс. т аммиака поражающие концентрации АХОВ могут распространяться на глубину до 30 км, при 100 т хлора – до 100 км. Глубина зоны химического заражения для АХОВ определяется глубиной распространения первичного или вторичного облака зараженного воздуха. Величина зоны химического заражения зависит от:

- физико-химических свойств;
- токсичности;
- количества разлившегося (выброшенного в атмосферу) АХОВ;
- метеорологических условий;

- характера местности: рельефа, плотности застройки и т.п.

Существенное влияние на глубину зоны химического заражения оказывает вертикальная устойчивость приземного слоя воздуха: инверсия (когда нижние слои воздуха холоднее верхних); изотермия (температура воздуха на высотах до 30 м от поверхности земли почти одинакова); конвекция (нижний слой воздуха нагрет сильнее верхнего).

Инверсия способствует распространению облака зараженной атмосферы на более значительные расстояния от места разлива (горения) АХОВ, чем изотермия.

Данные по глубинам распространения первичного облака некоторых АХОВ на равнинной местности при стандартных внешних температурных условиях с граничным значением пороговой токсодозы (PCt_{50}) представлены в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Глубина распространения первичного облака некоторых АХОВ на равнинной местности при стандартных внешних температурных условиях с граничным значением пороговой токсодозы PCt_{50} , км

Емкость хранения (общее количество) АХОВ, т	Конвекция		Изотермия			Инверсия*	
	Скорость ветра, м/с						
	1	2	2	4	6	1	2
	Хлор						
1	<0,5		0,6	<0,5		2,1	1,4
10	0,9	0,6	2,7	1,8	1,3	8,7	5,7
100	2,9	2	9,5	6,4	5,1	30	20
500	5,5	4	25	17	14	До 60	
1000**	3,4	2,5	11,4	7,7	6,1	37	24
	Фосген						
1	<0,5		0,6	0,5	<0,5	1,8	1,2
10	1,2	0,5	1,7	1,2	0,9	4,1	2,7
100	3,6	2,6	6,5	4,4	3,5	16,7	11
	Аммиак						
50	0,7	0,5	1,6	1,1	0,8	5,0	3,2
100	0,9	0,6	2,4	1,6	1,3	6,7	4,4
500	2,0	1,4	6	4	3,2	18,3	12
10000**	3,1	2,3	10,4	7	5,5	33,7	22
30000**	5,3	3,8	19,5	13,1	10,4	до 60	43,6

*Глубина распространения рассчитана из условия, что инверсия сохраняется в течение всего времени распространения АХОВ.

**Хранение осуществляется в жидком (охлажденном) состоянии (изотермический способ хранения).

Существенное влияние на глубину зоны химического заражения оказывает площадь разлива АХОВ. Она может колебаться в широких пределах – от нескольких сотен до нескольких тысяч квадратных метров. Так, например, площадь разлива АХОВ для одного изотермического хранилища аммиака емкостью 10 тыс. т составляет 4800-6300 м², а емкостью 30 тыс. т – 13500-16800 м². Наличие земляной обваловки, поддона, железобетонной ограждающей стенки ограничивает площадь разлива АХОВ и способствует сокращению глубины распространения зараженной атмосферы.

Для хранилищ с АХОВ, не имеющих обваловки (поддонов), площадь разлива определяется размерами территории свободного разлива АХОВ на почве толщиной слоя, условно принятой 0,05 м.

В зависимости от глубины распространения облака АХОВ в зоне заражения может быть один или несколько очагов химического поражения.

Очагом химического поражения принято называть территорию, в пределах которой в результате воздействия аварийно химически опасного вещества или химического оружия произошли поражения людей, животных, загрязнение местности, техники и др. объектов. Характеризуется размерами очага поражения (зон поражения) и типом отравляющих веществ, размерами зон опасного распространения токсичных химических веществ (АХОВ), количеством пораженных, характером и степенью поражения людей, видами работ, необходимых для ликвидации последствий воздействия АХОВ (ОВ).

Потери рабочих, служащих и населения в очагах химического поражения зависят от токсичности, величины концентрации АХОВ и времени пребывания людей в очаге поражения, степени их защищенности и своевременности использования индивидуальных средств защиты (противогазов). Характер поражения людей, находящихся в зоне химического поражения, может быть различным. Он определяется главным образом токсичностью АХОВ и полученной токсодозой. Возможные потери рабочих, служащих и населения от АХОВ и ориентировочная структура потерь в очаге поражения приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Возможные потери рабочих, служащих и населения от АХОВ в очаге поражения, %

Условия нахождения людей	Без противогазов	Обеспеченность людей противогазами, %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
На открытой местности	90-100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
В простейших укрытиях, зданиях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

Примечание. Ориентировочная структура потерь людей в очаге поражения составит: легкой степени – 25 %, средней и тяжелой степени (с выходом из строя не менее чем на 2-3 недели и нуждающихся в госпитализации) – 40 %, со смертельным исходом – 35 %.

Изложенное свидетельствует о том, что сегодня десятки тысяч химических соединений различной степени опасности используются, получают, хранятся и перевозятся на химически опасных объектах, представляя серьезную опасность для населения и территорий в случае возможных аварий, сопровождаемых выбросом и проливом этих соединений. Это требует принятия мер по предупреждению химических аварий, их локализации и ликвидации, защите населения и территорий.

2.2. Воздействие АХОВ на окружающую среду

Среди опасных химических веществ, загрязняющих (заражающих) окружающую среду при авариях и вызывающих в ней негативные экологические последствия, особое место занимают АХОВ.

Следует отметить, что АХОВ, попавшие на какую-либо поверхность в капельно-жидком виде, подвергаются влиянию процессов испарения, впитывания, гидролиза и с течением времени теряют свои поражающие свойства, то есть происходит процесс самодегазации (нейтрализации).

Большое влияние на скорость испарения оказывает температура. Чем выше температура, тем больше концентрация насыщенных паров и коэффициент диффузии веществ в воздухе, то есть выше скорость испарения.

В случае заражения поверхностей непитающих материалов с исчезновением жидкой фазы естественная дегазация заканчивается, и объект становится безопасным. Для впитывающих материалов этого условия недостаточно, так как впитавшаяся часть АХОВ может служить источником поражения людей. В данном случае после исчезновения жидкой фазы естественная дегазация продолжается за счет десорбции и перераспределения веществ в материале объекта. В результате перехода молекул из поверхностного слоя в воздух в материале возникает градиент концентрации, приводящий к диффузии молекул из глубины к поверхности. Поэтому в глубине концентрация также изменяется.

Полную дегазацию (обеззараживание) пористых материалов можно наиболее эффективно обеспечить путем удаления зараженного слоя на глубину проникания АХОВ. В некоторой степени ее возможно осуществлять с помощью обеззараживающих (нейтрализующих) растворов. Применение растворителей для обеззараживания пористых материалов не рекомендуется, так как растворители, проникая в материал и растворяя АХОВ, способствуют их проникновению на еще большую глубину и в целом затрудняют обеззараживание.

Наряду с процессами проникновения и испарения АХОВ с зараженных поверхностей может происходить процесс гидролиза, то есть разложения их водой. Скорость гидролиза зависит от природы вещества, поверхности соприкосновения его с водой и от температуры. Чем больше поверхность

соприкосновения и чем выше температура, тем интенсивнее идет процесс гидролиза. Понижение температуры, наоборот, замедляет скорость гидролиза. Гидролиз АХОВ на сухих непористых материалах зависит от влажности воздуха, а гидролиз АХОВ в сухих пористых материалах и в почве – от их естественной влажности.

Таким образом, попадая на различные поверхности, АХОВ длительное время (часы, сутки) могут служить источником поражения людей.

Необходимо подчеркнуть, что химические и физико-химические превращения, происходящие с АХОВ при попадании их в окружающую среду, влекут за собой изменения их химической структуры.

Под непосредственным воздействием АХОВ на окружающую среду и по причине формирования под их влиянием иных, чем ранее условий обитания, могут происходить изменения видового состава сообществ животных, а также функций значимости входящих в них живых организмов.

Как уже отмечалось, АХОВ в условиях окружающей среды претерпевают химические, физико-химические и иные превращения. Под влиянием конкретных ландшафтно-геохимических условий в одном случае они могут сохраняться продолжительное время и накапливаться, в другом – быстро разрушаться и выводиться из рассматриваемой системы. При этом ключевую роль в определении характера и опасности долгосрочных экологических последствий заражения окружающей среды АХОВ играет скорость самоочищения территорий, а применительно к почвам – персистентность⁵ опасного вещества, характеризующая временем его разрушения или выведения из почвы под влиянием процессов различной природы.

При оценке экологических последствий химического характера главное внимание, уделяется сообществам живых организмов. Вместе с тем принимается во внимание то очевидное обстоятельство, что жизнедеятельность этих сообществ после техногенных воздействий в значительной мере определяется состоянием среды обитания, теми изменениями, которые в ней произошли в результате возникших нагрузок негативного характера.

2.3. Факторы риска аварий и катастроф на химически опасных объектах

Химически опасными являются практически все объекты, на которых в той или иной мере применяются химические технологии. Это, прежде всего, химические, нефтехимические и подобные им заводы и предприятия, хранилища опасных химических веществ и склады нефтепродуктов.

⁵Персистентность - способность химических веществ длительно сохранять свои свойства в окружающей среде.

К объектам с химической технологией следует отнести и значительную часть объектов нехимических отраслей промышленности, где в технологических процессах применяются опасные вещества и имеют место химические превращения.

В силу того, что объекты с химической технологией являются потенциальными источниками опасных веществ и загрязнения окружающей среды, они могут быть названы объектами химического риска.

По меткому определению академика В.А. Легасова, при аварии любого промышленного объекта, процесс разрушительного высвобождения его собственного энергозапаса, при котором сырье, промежуточные продукты, продукция предприятия и отходы производства, вовлекаясь в аварийный процесс, создают поражающие факторы для населения и окружающей среды, уровень химического риска характеризуется довольно высокими значениями.

В понятие объекта с химической технологией (объекта химического риска) следует включать объекты, которые производят, перерабатывают, используют, транспортируют, обрабатывают, хранят или удаляют опасные вещества.

Опасность объектов с химической технологией для человека и окружающей среды может проявляться при нормальном их функционировании. Это связано с технологическими выбросами, сбросами, а также утечками опасных веществ.

Вместе с тем, наиболее масштабны и опасны техногенные загрязнения при авариях и катастрофах на объектах, использующих химические технологии, особенно на химически опасных объектах, где производятся, перерабатываются, используются, транспортируются, хранятся или удаляются аварийно химически опасные вещества, аварийные выбросы и сбросы (разливы) которых нередко приводят к катастрофическим последствиям.

И все же, прежде всего безопасность функционирования химически опасных объектов зависит от токсичности используемых в производстве веществ.

В настоящее время принято в качестве количественной меры токсичности АХОВ использовать величины их концентраций и доз вещества. Причем наиболее часто пользуются такими характеристиками, как пороговая концентрация, предел переносимости, смертельная концентрация, значения токсических доз, соответствующих определенному эффекту поражения.

Под *пороговой* понимается минимальная концентрация, при которой возникает ощутимый физиологический эффект и наблюдаются первые признаки поражения. *Предел переносимости* – это концентрация, которую человек может выдержать определенное время, не получив устойчивого поражения. Аналогией для предела переносимости является предельно допустимая концентрация. *Токсическая доза (токсодоза)* выражается количеством вещества, вызывающим определенный токсический эффект.

При анализе и оценке химической обстановки, возникающей при распространении в окружающей среде АХОВ, принято величину токсодозы

определять как произведение средней за время воздействия концентрации АХОВ в воздухе на время пребывания в зараженной атмосфере (Ct) – в случае ингаляционных поражений, и как величину массы жидкого или твердого АХОВ, попавшей на кожные покровы человека – при кожно-резорбтивных поражениях.

В практике проведения расчетов по анализу, оценке и прогнозированию поражающего воздействия АХОВ используют следующую градацию токсодоз в зависимости от возникающих последствий:

- средняя смертельная токсодоза, вызывающая поражение со смертельным исходом у 50 % подвергшихся воздействию АХОВ (обозначается: в случае ингаляционного воздействия LCt_{50} , при кожно-резорбтивном воздействии – LDt_{50});

- средняя выводящая из строя токсодоза, вызывающая поражение не ниже средней степени тяжести у 50 % подвергшихся воздействию АХОВ людей (обозначается: в случае ингаляционного воздействия JCt_{50} , при кожно-резорбтивном воздействии – JDt_{50});

- средняя пороговая токсодоза, вызывающая начальные симптомы у 50 % подвергшихся воздействию АХОВ людей (обозначается: в случае ингаляционного воздействия – PCt_{50} , при кожно-резорбтивном воздействии – PDt_{50}).

Кроме токсодоз, для оценки поражающего действия АХОВ может использоваться такой критерий, как наибольшее значение концентрации в облаке токсического вещества, при котором нахождение в облаке не более 30 мин, не приводит к необратимым изменениям в организме человека. Этот критерий принято обозначать $JDLH$. Численные значения токсодоз некоторых АХОВ иллюстрируются данными табл. 2.10.

Таблица 2.10

Пороги поражения человека АХОВ

АХОВ	Пороговые токсодозы		
	LDt_{50} , мг/кг	LCt_{50} , (мг·мин)/м ³	$JDLH$, мг/м ³
Аммиак	21,0	–	350,0
Фосген	0,3	3200,0	8,36
Оксид углерода	94,0	3817,0	1650,0
Метилизоцианат	–	2900,0 (проверено на крысах)	48,2
Цианистый водород	27,0	1000,0	57,2

Необходимо иметь в виду, что значения токсодоз являются постоянными лишь для сравнительно кратковременных экспозиций, не превышающих 40-60

минут. При более продолжительных воздействиях или при малых концентрациях имеют большее значение величины пороговых токсодоз.

Следует отметить, что продолжительность поражающего действия АХОВ также определяется многими факторами. Она зависит от физико-химических свойств вещества, метеорологических условий, характера подстилающей поверхности и т.п.

2.4. Инженерно-конструкторские и медико-санитарные требования при создании химически опасных объектов

Состояние защищенности человека и окружающей среды от техногенного воздействия химически опасных объектов обеспечивается путем осуществления определенного комплекса инженерно-конструкторских и медико-санитарных мероприятий.

Эти мероприятия, учитывающие требования по безопасности, осуществляются прежде всего при проектировании и строительстве химически опасных объектов. Следует отметить, что понятие «безопасность» в контексте рассматриваемых вопросов охватывает охрану здоровья, защиту окружающей среды, включая защиту собственности, предотвращение аварий, локализацию и ликвидацию их последствий. При этом за основу принимается посылка, что все химически опасные объекты должны отвечать одним и тем же общим требованиям по безопасности – на них должен обеспечиваться одинаковый уровень безопасности, независимо от характера объекта, его принадлежности (государственной или частной), месторасположения и т.п. Полагается также, что уровень опасности не должен выходить за пределы приемлемого риска.

Уже при разработке проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию химически опасного объекта в соответствующих разделах проектной документации на всех этапах проектирования должны учитываться требования и предусматриваться мероприятия по обеспечению безопасности, предупреждению аварий, локализации и ликвидации их последствий с необходимыми обоснованиями и расчетами. Причем в проектной документации должны предусматриваться мероприятия по предупреждению аварий, локализации и ликвидации их последствий как на самом проектируемом объекте, так и в результате аварий на других объектах в районе размещения проектируемого объекта.

При разработке данных мероприятий должны учитываться источники опасности, факторы риска, условия возникновения аварий и их сценарии, численность и размещение производственного персонала.

В проектной документации должны предусматриваться обоснованные и достаточные решения по обеспечению безопасности, учитывающие особо сложные геологические и гидрогеологические условия строительства, сейсмичность, оползневые и другие явления.

Для всех проектируемых химически опасных объектов разрабатываются планы действий по предупреждению химических аварий и ликвидации их последствий, а также планы локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС). Последние являются приложениями к первым.

Для химически опасного объекта, для которого установлена обязательность разработки декларации промышленной безопасности, в составе проектной документации разрабатывается декларация промышленной безопасности (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Предельные количества опасных веществ на объекте экономике, являющиеся основанием для обязательной разработки декларации промышленной безопасности

Наименование опасного вещества	Предельное количество опасного вещества, т
Аммиак	500
Акрилонитрил	200
Хлор	25
Оксид этилена	50
Цианистый водород	20
Фтористый водород	50
Сернистый водород	50
Диоксид серы	250
Триоксид серы	75
Алкилы	50
Фосген	0,75
Метилизоцианат	0,15
Воспламеняющиеся газы	200
Вид опасного вещества	
Горючие жидкости	50000
Горючие жидкости, используемые в технологическом процессе	200
Токсичные вещества	200
Высокотоксичные вещества	20
Окисляющие вещества	200
Взрывчатые вещества	50

Примечания:

1. Если расстояние между опасными производственными объектами менее пятисот метров, учитывается суммарное количество опасного вещества;
2. Предельные количества опасных веществ снижаются, если расстояние от опасного производственного объекта до жилого массива, стадиона, больниц менее 500 м.

Проектная документация и изменения, вносимые в нее, подлежат экспертизе промышленной безопасности в соответствии с правилами проведения экспертизы промышленной безопасности, установленными Ростехнадзором. Заключение экспертизы промышленной безопасности, представленное в Ростехнадзор, рассматривается и утверждается в установленном порядке. На основании утвержденного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации принимается решение о начале строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения, консервации и ликвидации химически опасного объекта.

В процессе строительства не должны допускаться отклонения от проектной документации, должен обеспечиваться контроль качества строительных и монтажных работ, а также контроль состояния технической базы и технических средств строительства и монтажа.

По окончании строительства производится приемка химически опасного объекта в эксплуатацию. В ходе приемки объекта в эксплуатацию должно контролироваться: соответствие выполненных работ проектным решениям по обеспечению безопасности; проведение испытаний технических средств и оборудования, обеспечивающих предупреждение аварий и локализацию их последствий; соответствие испытаний утвержденной программе; готовность персонала и аварийно-спасательных служб к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий.

Необходимо подчеркнуть, что все проектируемые и строящиеся промышленные здания и сооружения химически опасных объектов крайне разнообразны по своей конструкции и защищенности от возможного проникновения в них паров АХОВ в случае аварии с их проливом или выбросом в окружающую атмосферу. Это обусловлено главным образом особенностями технического оборудования.

Условно эти объекты можно разделить на три группы.

К **первой группе** относятся предприятия с преобладанием химических технологических процессов. **Вторая группа** – это предприятия с преобладанием механических технологических процессов. К **третьей группе** можно отнести предприятия, на которых осуществляется как добыча, так и химическая переработка сырья.

Говоря об отдельных элементах обеспечения безопасности на химически опасных объектах, которые должны быть предусмотрены при их проектировании и строительстве, необходимо отметить следующее.

Химически опасные объекты должны располагаться на значительной территории, вблизи магистральных автомобильных и железных дорог с учетом господствующих ветров в данном районе. Наличие большой территории позволяет разместить отдельные производства с учетом их взрывопожароопасности и химической опасности, что имеет существенное значение для осуществления мероприятий защиты персонала.

Так, например, площадь, занимаемая предприятиями азотной промышленности, на практике составляет от 200 до 500 га, предприятиями основной химии – до 400 га, химических средств защиты растений – до 180 га и т.д.

С целью уменьшения вероятности воздействия АХОВ на персонал предприятий объекты хранения, такие как газгольдеры, склады сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, рекомендуется размещать, как правило, по периферии территории предприятия или выносить за ее пределы. При этом производства, имеющие вредные выделения и склады с АХОВ, должны располагаться с подветренной стороны от других производств с учетом розы ветров.

Для уменьшения опасности взрывов и пожаров, а также воздействия АХОВ на персонал предприятия производственные объекты и административные здания должны располагаться с соблюдением противопожарных разрывов, при этом плотность застройки на территории не должна превышать 30-40 % общей площади предприятия.

Повышенные требования предъявляются к аппаратуре, приборам, используемым на химически опасных объектах, по механической прочности, жесткости конструкций, долговечности и герметичности:

На нефтеперерабатывающих производствах сбросы газов от предохранительных клапанов, установленных на сосудах и аппаратах с взрывоопасными и вредными веществами, должны осуществляться в факельные системы, а сброс нейтральных газов и паров из технологической аппаратуры в атмосферу должен отводиться в безопасное место.

Способы и условия хранения АХОВ на химически опасных объектах приведены в табл. 2.12.

Важное место в вопросах обеспечения химической безопасности при эксплуатации химически опасных объектов занимают **мероприятия медико-санитарного характера**, которые предусматриваются или имеются в виду при проектировании и строительстве химически опасных объектов.

Медицинское обеспечение химической безопасности персонала химически опасного объекта и населения, проживающего вблизи него, на стадии проектирования объекта предусматривает необходимость медицинских обследований (медосмотров), профилактики возможных заболеваний, а в случае необходимости – лечение и реабилитацию лиц, у которых выявлены отклонения в состоянии здоровья.

За проведением работ с АХОВ планируется строгий санитарно-эпидемиологический контроль. Проведение работ должно разрешаться только при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии условий работы предъявляемым требованиям, которое выдает орган санитарно-эпидемиологического надзора по запросу химически опасного объекта.

Способы и условия хранения АХОВ на химически опасных объектах

Агрегатное состояние	Условия хранения	Способы хранения АХОВ	Характеристика резервуаров, используемых для хранения АХОВ		
			Вид (форма)	Типовые объемы, м ³	Нормативный коэффициент заполнения
Сжиженные газы	При температуре окружающей среды под давлением собственных паров	Наземное, реже заглубленное	Цилиндрические горизонтальные	40, 50, 100, 200	0,85
	Изотермическое хранение под давлением, близким к атмосферному	Наземное	Вертикальные цилиндрические	10000 10000	0,93 (по норме) 0,85 (рекомендуется)
Газы	При температуре окружающей среды и давлении до 0,7 кгс/см ²	Наземное	Газгольдеры	2700, 6000	—
Жидкости	При температуре окружающей среды под давлением собственных паров	Наземное	Вертикальные цилиндрические	50, 100, 150, 200, 300, 400, 700, 1000, 2000, 5000	0,9

Основанием для выдачи санитарно-эпидемиологического заключения является акт приемки в эксплуатацию построенного (реконструированного) объекта или акт санитарного обследования действующего объекта.

Порядок проведения санитарно-эпидемиологических экспертиз (обследований), на основании результатов которых выдается санитарно-эпидемиологическое заключение, устанавливается федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным осуществлять санитарно-эпидемиологический надзор.

При санитарно-эпидемиологическом обследовании особое внимание уделяется степени опасности загрязнения окружающей среды и поражения людей, основными параметрами которой являются: масса, агрегатное состояние и токсичность выбрасываемых веществ, метеорологические условия, рельеф местности в районе объекта, плотность застройки и проживания, наличие мест массового пребывания людей и т.п.

В качестве критериев гигиенической оценки загрязнения воздуха используются предельно допустимые концентрации для рабочей зоны, максимально разовые (экстремально высокие уровни) и среднесуточные концентрации веществ для населенных мест.

В соответствии с «Временным положением о порядке взаимодействия органов исполнительной власти при аварийных выбросах и сбросах загрязняющих веществ и экстремально высоком загрязнении окружающей природной среды» (1995 г.) под экстремально высокими уровнями загрязнения атмосферного воздуха понимается содержание одного или нескольких веществ, превышающее ПДК более чем в 50 раз на срок не менее 8 часов, в 30-49 раз – на 8-24 часа и 20-9 раз – на 1-2 суток.

Для поверхностных и морских вод экстремально высоким загрязнением считается превышение ПДК для веществ 1-2-го класса в 5 и более раз, а для веществ 3-4-го класса – в 50 и более раз.

Для почв и земель экстремально высоким считается содержание загрязняющих веществ в 50 и более раз превышающее ПДК.

2.5. Ликвидация последствий аварийных выбросов АХОВ в окружающую среду

Ликвидация последствий химических аварий включает комплекс мероприятий:

- выявление и оценку последствий химических аварий;
- организацию и ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ в очаге химического поражения: оказание первой медицинской помощи пострадавшим и их эвакуация из очага поражения, тушение пожаров, расчистка завалов, вскрытие заваленных защитных сооружений, обесточивание силовых электрических линий и т.п.;

- специальную обработку (дегазацию) техники, оборудования и других материальных средств, используемых для обезвреживания АХОВ;
- санитарную обработку людей, подвергшихся заражению.

Конкретные задачи, решаемые техническими средствами можно сгруппировать следующим образом:

1. Приостановка или ограничение истечения жидкости (пара) из поврежденной емкости или технологической коммуникации. Выполнение этой задачи достигается перекрытием кранов и задвижек на трубопроводах, с помощью бандажей, хомутов, заглушек, перекачкой жидкости из аварийной емкости в запасную (резервную).

2. Ограничение распространения жидкой фазы АХОВ следующими способами:

- создание препятствий на пути растекания АХОВ (валы из перемещенного грунта, перемычки, запруды и т.п.);
- сбор разлившейся жидкости в естественные и искусственно созданные углубления – ловушки (ямы, канавы, кюветы);
- предупреждение попадания АХОВ в естественные водоемы, подземные коммуникации, ливневую канализацию, подвалы зданий и сооружений;
- сбор жидкой фазы в емкости для последующей нейтрализации.

3. Снижение скорости испарения АХОВ достигается следующими способами:

- поглощение (связывание) парогазовой фазы с помощью водяных завес. Мелкодисперсные водяные завесы создаются с помощью высоконапорных водяных агрегатов;

- постановка отсечных огневых завес, обеспечивающих подъем облака зараженного воздуха на высоту, на которой распространение облака не представляет опасности для людей. Может применяться в отношении взрывоустойчивых АХОВ;

- поглощение жидкой фазы слоем сыпучих адсорбирующих материалов (грунт, песок, шлак, уголь, керамзит, опилки и др.). Осуществляется механическим путем – рассыпанием (надвиганием) материала на жидкую фазу. Слой адсорбента должен быть не ниже 10-15 см. Загрязненные сыпучие материалы и верхний слой грунта при необходимости собирают в специальные емкости для последующего вывоза в места нейтрализации;

- изоляция жидкой фазы пенами, пленочными материалами, настилом, изготовленным из различных легких материалов. Для получения пен и покрытия ими разлившейся жидкости используют штатные пеногенераторы пожарных машин;

- разбавление жидкой фазы водой или обезвреживающими (нейтрализующими) растворами, которые могут подаваться в виде мелкодисперсного аэрозоля (обеспечивает и разбавление АХОВ и поглощение паров) или компактной струи (для нейтрализации концентрированных кислот, окислителей и др. веществ, бурно реагирующих с водой).

С вышеуказанными мероприятиями тесно связано понятие “дегазация”.

Дегазация – это уничтожение (нейтрализация) АХОВ (ОВ) или их удаление с поверхности таким образом, чтобы зараженность снизилась до допустимой нормы или исчезла полностью.

Этот процесс является частью специальной обработки и производится с помощью специальных технических средств – приборов, комплектов, дегазационных машин с применением дегазирующих растворов (рецептур). Используются также вспомогательные (подручные) средства: вода, органические растворители, моющие растворы и т.п.

Основной способ дегазации – физико-химический, подразделяемый на жидкостной и безжидкостной. При жидкостной дегазации обработка зараженных поверхностей проводится дегазирующими веществами. При безжидкостной – применяется тепловой или сорбционный способы, т.е. обработка зараженной поверхности горячей газовой струей или сорбентами (порошками).

Различают *частичную* и *полную* дегазацию:

- *частичная* производится с использованием табельных дегазационных приборов, комплектов и подручных средств с целью удаления АХОВ с различных поверхностей, с которыми приходится соприкасаться людям.

- *полная* обычно осуществляется жидкостным способом с помощью дегазационных машин и комплектов, а также тепловым способом.

Индивидуальные средства защиты, одежда и обувь проходят дегазацию в дегазационных пунктах. Сооружения, техника, участки местности и дорог дегазируются путем обработки дегазирующими растворами или рассыпанием сухих дегазирующих веществ с последующим увлажнением водой. Участки с твердым покрытием могут дегазироваться тепловым способом, для отдельных участков местности и дорог используются и механические способы. Вода очищается (дегазируется) от АХОВ (ОВ) обработкой различными реактивами с последующей фильтрацией.

Также различают *физический* и *химический* способы дегазации.

- *физический* – удаление веществ с какой-то поверхности, территории, техники, отдельных предметов. Дегазация техники осуществляется, как правило, при работах с высококипящими АХОВ. Для этих целей используются специальные машины МЧС и МО, а также пожарные и поливомоечные машины. Зараженный слой грунта срезают и вывозят на полигоны в специально отведенные места для захоронения. Возможно прожигание верхнего слоя грунта с использованием огнеобразующих приспособлений и горючих жидкостей (бензин, керосин, спирты и т. п.). Удаление АХОВ (ОВ) с зараженных объектов механическим путем проводится также с помощью растворителей (бензин, ацетон и др.), сорбентов (силикагель, активированный уголь), воздействием горячего воздуха.

- *химический* способ дегазации заключается в нейтрализации АХОВ (ОВ) веществами в основном окисляющего и хлорирующего действия: хлорная

известь, дихлорамин, аммиак, сернистый натрий, двууглекислый аммоний и др. В качестве вспомогательных веществ при дегазации могут быть использованы синтетические моющие средства в виде водных растворов (летом) или растворов в аммиачной воде (зимой). Моющие средства не обезжиривают АХОВ, а только способствуют быстрому удалению их с зараженной поверхности.

Дегазирующие вещества – обезвреживающие химические вещества, активно взаимодействующие с АХОВ (ОВ) и превращающие их в нетоксичные соединения. Применяются для дегазации в составе дегазирующей рецептуры (смесь веществ определенного состава) или без смеси. Классифицируются по своей химической природе, назначению, видам (типам) обрабатываемых объектов, агрегатному состоянию, типу растворителя или основе дегазирующего компонента. Наибольшее распространение имеют дегазирующие вещества окислительно-хлорирующего действия, щелочные (алкоголятные) и сорбенты. К дегазирующим веществам окислительно-хлорирующего действия относятся: гипохлориты, хлорамины и др. вещества, содержащие активный хлор – соли гипохлорита кальция (соли хлорноватистой кислоты и др.). Наиболее распространенной является хлорная известь, которая в сухом виде применяется для дегазации местности, а в виде суспензии – для обработки техники, транспорта и т.п. Водные рецептуры солей гипохлорита кальция (растворы, суспензии и кашица) при положительных температурах используются для дегазации иприта и фосфорорганических ОВ. При температурах, близких к 0°С и ниже применяются растворы хлораминов в органических растворителях (спиртах, дихлорэтаноле и др.) для дегазации ОВ типа иприт, Ви-икс. Щелочные дегазирующие вещества (алкоголяты щелочных металлов или аминов, едкие щелочи и т.п.) применяются для дегазации ОВ типа зарин, зоман и др.

Вещества дегазирующие могут оказывать вредное воздействие на человека, поэтому при работе с ними необходимо использовать средства защиты индивидуальные.

Пункт дегазационный – место, оборудованное для проведения дегазации и дезинфекции одежды, обуви, снаряжения и индивидуальных средств защиты.

Подобные пункты развертываются в районах (или вблизи районов) сосредоточения загрязненного имущества или специальной обработки людей, обычно вблизи источников воды. Весь объем работ на дегазационном пункте проводится силами специально подготовленных формирований, подразделениями ГО или войск радиационной, химической и биологической защиты.

При *дегазации территории*, с учетом масштабности мероприятий, первоначально обеззараживают не всю площадь, а только те места, где возможно передвижение людей, животных и техники. Остальные участки обносят знаком ограждения.

Выбор методов *дегазации имущества, СИЗ, одежды, обуви* определяется природой материала изделия. Основными способами в данном случае считают:

- дегазацию кипячением (растворение и гидролиз АХОВ (ОВ) с образованием нетоксичных продуктов);
- дегазацию пароаммиачной смесью (гидролиз и нейтрализация аммиаком образующихся кислот);
- дегазацию стиркой;
- дегазацию проветриванием (испарение и частичный гидролиз под действием атмосферного воздуха).

2.6. Правила поведения людей в зоне химического заражения

Оповещение населения об угрозе поражения АХОВ в случае возникновения химических аварий на химически опасных объектах поступает в местные органы управления ГО и ЧС. Оно проводится незамедлительно после установления факта аварии и предварительного прогноза о направлении распространения облака зараженного воздуха.

Население, проживающее вблизи химически опасных объектов (в радиусе до 2,5 км), оповещается диспетчерской службой предприятия с использованием своих технических средств и местных каналов радиовещания. Те, кто проживают на удалении более 2,5 км, оперативными службами городских органов управления по делам ГО и ЧС, которые в свою очередь используют телевизионные и радиотрансляционные сети. Обычно в информации об аварии говорится: какое вещество выброшено в окружающую среду, в каких районах (жилых кварталах) может возникнуть наибольшая опасность распространения облака зараженного воздуха, какие меры защиты необходимо срочно принять.

Некоторые меры защиты и правила поведения в аварийной ситуации.

Если сигнал застал на улице, то не следует поддаваться панике. Необходимо сориентироваться, где находится источник возникновения опасности. После этого начать ускоренное движение в сторону, перпендикулярную направлению ветра. Когда на пути встретятся препятствия (высокий забор, река, озеро и т.п.), не позволяющие быстро выйти из опасной зоны, а поблизости находится жилое или общественного назначения здание, необходимо временно укрыться в нем. В случае распространения паров хлора, поднимитесь на самый верхний этаж, если это аммиак, укройтесь на первом этаже. Более надежным укрытием в этом случае будут помещения жилых зданий.

Если сигнал застал дома, то не нужно спешить его покидать. Сначала необходимо включить местный канал телевидения и радио, чтобы услышать подробную информацию о возникшей ЧС. Закройте окна, форточки и подготовьте средства индивидуальной защиты. При их отсутствии надо быстро изготовить ватно-марлевые повязки, в крайнем случае, взять полотенце, кусок ткани, смочить их 2%-м раствором пищевой соды (при защите от хлора) или

5%- м раствором лимонной кислоты (при защите от аммиака). Если у вас не оказалось ни соды, ни лимонной кислоты – обильно смочите водой.

Примите меры по герметизации помещений от проникновения в них опасных химических веществ. Для этого заклейте или заделайте подручными средствами щели в оконных рамах, дверях, навесьте на дверные коробки плотную ткань (одеяло), предварительно смочив водой, вентиляционные отверстия прикройте бумагой, полиэтиленовой пленкой, клеенкой. Прослушав информацию, переданную по радио или телевидению, доведите ее до членов семьи и соседей. Если не было рекомендаций по эвакуации из жилых помещений, то перейдите в комнаты, находящиеся с подветренной стороны относительно распространения облака зараженного воздуха. При отсутствии такой возможности лучше всего зайти в ту часть квартиры (дома), которая меньше всего подвергается воздействию сквозняков.

Надо помнить, что органы управления ГО и ЧС в таких условиях принимают все необходимые меры по локализации и ликвидации источника заражения. Не забывайте, что ветер может изменить свое направление, существенно сократив продолжительность действия ядовитого облака. После получения сигнала «Отбой химической тревоги», откройте окна и проветрите помещение.

Ответственность за защиту детей, находящихся в школах и дошкольных учреждениях и оказавшихся в зоне химического заражения, возлагается на учителей и воспитателей.

Детей дошкольных учреждений и учеников младших классов, находящихся на улице при возникновении опасности химического поражения, следует в кратчайшие сроки завести в здание и разместить в группах (классах), расположенных с подветренной стороны от источника опасности.

Учеников средних и старших классов, оказавшихся в подобной ситуации, исходя из конкретных условий, необходимо либо вывести в безопасные районы, либо укрыть в помещении школы, в котором провести герметизацию.

Если же информации о возникновении ЧС не было, а вы услышали гул, взрыв и почувствовали специфический для опасных веществ запах, примите меры к защите.

Здесь возможны два способа обеспечения личной безопасности: первый – выход из зоны заражения в безопасный район и второй – укрытие в ближайших жилых зданиях. Первый более надежный, но требует сноровистых действий и повышенной физической нагрузки для преодоления опасного участка местности. Здания культурно-бытового назначения, торговли, общественного питания существенно уступают по защитным свойствам внутренним помещениям жилых домов, т.к. к первым применяются более высокие требования по коэффициенту воздухообмена (вентиляции).

Ощувив признак паров ядовитого вещества внутри помещения, необходимо надеть противогазы или простейшие средства индивидуальной

защиты, изготовленные своими руками. В крайнем случае, смочите полотенце и прикройте им рот и нос.

Помните, промедление в сложившейся ситуации может угрожать вашему здоровью. Вместе с тем, не следует паниковать, поскольку порог ощущения паров ядов веществ значительно ниже поражающей концентрации в условиях кратковременного пребывания людей в зоне заражения. Например, порог ощущения аммиака составляет $0,037 \text{ г/м}^3$, в то время как поражающая концентрация при 30-минутном пребывании в атмосфере зараженного воздуха примерно равно $0,5 \text{ г/м}^3$, для хлора $0,02 \text{ г/м}^3$.

Все укrywшиеся в зданиях должны быть готовы к выходу из зоны заражения по указанию органов управления ГО и ЧС. Может быть принято решение и самостоятельно, если такие действия окажутся оправданными.

Необходимо знать, что ширина зоны заражения в зависимости от удаления от источника заражения и скорости ветра может колебаться от десятков до нескольких сотен метров. А это значит, что на выход из опасной зоны при движении со скоростью 4 км/ч требуется 10-15 минут. При наличии переносимых концентраций этого времени может быть достаточно, чтобы обезопасить себя. Идти следует быстро, избегая при этом оврагов, лощин, парков. Обязательно обходить видимые скопления паров ядовитых веществ и дыма.

При выходе из зоны поражения необходимо использовать противогазы (респираторы), а при их отсутствии простейшие повязки из марли или ткани, смоченные водой. После выхода людей из зоны заражения АХОВ в рамках оказания первой медицинской помощи или самостоятельно проводится санитарная обработка, которая может быть частичной или полной:

Частичная санитарная обработка, как правило, проводится в зоне (очаге) заражения или сразу после выхода оттуда. При данной обработке удаляют и обезвреживают АХОВ (ОВ) попавшие на открытые участки кожи, одежду, обувь, средства защиты. Обычно используют индивидуальные противохимические пакеты ИПП-11 и более ранние модификации. Если нет ИПП, кожу тщательно промывают теплой водой с мылом.

Частичная санитарная обработка не обеспечивает полного обеззараживания, поэтому при первой возможности проводят полную.

При *полной санитарной обработке* все тело обмывают теплой водой с мылом и мочалкой, обязательно меняется белье и одежда. Проводится на стационарных обмывочных пунктах (бани, душевые павильоны) или на специально развешиваемых обмывочных площадках и пунктах специальной обработки. Летом полную санитарную обработку нужно осуществлять в незараженных проточных водоемах.

ИПП-11 является наиболее удобным и простым в применении индивидуальным противохимическим пакетом. Он предназначен для профилактики поражений при заражении любыми известными АХОВ (ОВ) открытых участков кожи. ИПП-11 представляет собой пластиковый

одноразовый пакет (36 г), в который запаян тампон, пропитанный специальным раствором. Преимуществами ИПП-11 являются:

- быстрота и значительная площадь обработки кожного покрова;
- удобство обработки лица под лицевой частью противогаза;
- эффективная защита до 6 часов;
- бактерицидность;
- заживление мелких ран и порезов;
- лечение термических и химических ожогов.

При отсутствии противохимических пакетов участки тела и одежды можно обработать водой с мылом, используя тампоны из бумаги, ветоши или же носовой платок. Лучше это сделать тогда, когда с момента попадания капель на тело и одежду прошло не более 10 мин.

Обработка открытых участков тела, произведенная с помощью индивидуального противохимического пакета в первые минуты заражения, предупреждает поражение кожи и проникновение АХОВ (ОВ) в кровь. Обработка, проведенная в более поздние сроки, может снизить, но не предотвратить развитие поражения. В этих случаях после обработки необходимо ввести антидот.

ГЛАВА 3. ХИМИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ

3.1. Основные понятия и классификации

Химическое оружие (ХО) – один из видов оружия массового поражения, поражающее действие которого основано на использовании **боевых токсичных химических веществ (БТХВ)**. К боевым токсичным химическим веществам относятся отравляющие вещества (ОВ) и искусственно синтезированные токсины, оказывающие поражающее действие на организм человека и животных, а также фитотоксиканты, которые могут применяться в военных целях для поражения различных видов растительности.

Наряду с ядерным и биологическим, химическое оружие относится к оружию массового поражения (ОМП).

Применение химического оружия запрещено различными международными договоренностями:

- Гаагской конвенцией 1899 г., статья 23 которой запрещает применение боеприпасов, единственным предназначением которых было вызывать отравление живой силы противника;

- Женевским протоколом 1925 г.;

- Женевской конвенцией о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении 1993 г.

Несмотря на соглашения, неоднократно отмечались случаи применения химического оружия.

Первую газобаллонную атаку в истории войн провели немецкие войска 22 апреля 1915 года в районе Ипра (Бельгия). В первые часы химической атаки погибло около 6000 человек, а 15 000 получили поражения различной тяжести. В последующие годы химическое оружие широко применялось воюющими сторонами как с помощью газовых баллонов, так и с помощью газометов, минометов и артиллерийских орудий. В дальнейшем, химическое оружие применялось в различных военных конфликтах:

- Первая мировая война (1914 - 1918 гг.);
- Рифская война (1921 - 1926 гг.);
- Вторая итало-эфиопская война (1935 - 1936 гг.);
- Вторая японо-китайская война (1937 - 1945 гг.);
- Война во Вьетнаме (1957 - 1975 гг.);
- Гражданская война в Северном Йемене (1962 - 1970 гг.);
- Ирано-иракская война (1980 - 1988 гг.);
- Ирако-курдский конфликт (1994 - 1997 гг.);
- Иракская война (2003 гг.);
- Гражданская война в Сирии (2013 г.).

К числу боевых свойств и специфических особенностей ХО относятся:

- высокая токсичность ОВ и токсинов, позволяющая в крайне малых дозах вызывать тяжелые и смертельные поражения;
- биохимический механизм поражающего действия БТХВ на живой организм;
- способность ОВ и токсинов проникать в здания, сооружения и поражать находящихся там людей;
- длительность действия ввиду способности БТХВ сохранять определенное время свои поражающие свойства на местности, технике, различных объектах и в атмосфере;
- трудность своевременного обнаружения факта применения противником БТХВ и установления его типа;
- возможность управления характером и степенью поражения людей;
- необходимость использования для защиты от поражения (заражения) и ликвидации последствий применения ХО разнообразного комплекса специальных средств химической разведки, индивидуальной и коллективной защиты, дегазации, санитарной обработки, антидотов и др.

Способы доставки химического оружия к цели:

- ведение артиллерийского огня и залпов реактивной артиллерии;
- одиночные и групповые пуски ракет классов «земля-земля» и «воздух-земля»;
- групповое применение авиацией химических бомб и бомбовых кассет;
- стрельба малогабаритными бомбами из кассетных установок летательных аппаратов;
- поливка отравляющими веществами или фитотоксикантами из выливных авиационных приборов (ВАП);
- распыление отравляющих веществ и токсинов из распылительных авиационных приборов (РАП);
- подрыв полей химических фугасов;
- выпуск отравляющих веществ с помощью аэрозольных генераторов;
- метание гранат с помощью гранатометов или вручную.

Из перечисленных способов только полив ОВ из ВАП, распыление ОВ и токсинов из РАП и выпуск ОВ с помощью аэрозольных генераторов являются специфическими для доставки химического оружия. Все остальные способы применимы и для других типов боеприпасов (осколочно-фугасных, зажигательных), что позволяет противнику осуществлять стрельбу химическими снарядами и бомбометание на основе правил и приемов, установленных для обычного оружия.

Результатом применения ХО могут быть тяжелые экологические и генетические последствия, устранение которых потребует длительного времени.

Экологические последствия применения ХО связаны с воздействием БТХВ на животные и растительные организмы, а также на почву, воду, воздух,

приводящим к критическому состоянию окружающей среды, затрудняющему существование человека.

Генетические последствия связаны с нарушением аппарата наследственности человека и могут отрицательно сказываться на последующих поколениях.

Поражающими факторами химического оружия являются различные виды **боевого состояния БТХВ**. Боевым состоянием БТХВ называют дисперсное (раздробленное) состояние в виде твердых или жидких частиц различных размеров. Видами боевого состояния являются пар, аэрозоль и капли. Перевод в боевое состояние БТХВ осуществляется при выбросе (выливании) его из химического боеприпаса (боевого прибора).

БТХВ в виде грубодисперсного аэрозоля или капель заражают местность, технику, материальные средства, водоемы и способны поражать незащищенных людей как в момент оседания частиц на поверхность тела человека (кожно-резорбтивные поражения), так и после их оседания вследствие испарения с зараженной поверхности (ингаляционные поражения) или в результате контактов людей с зараженными поверхностями (контактные кожно-резорбтивные поражения). Поражения людей в результате непосредственного оседания частиц на человека называются первичными, а поражения после оседания частиц в результате контакта с зараженной поверхностью – вторичными. Степень заражения поверхности характеризуется плотностью заражения, Q_m ($\text{мг}/\text{м}^2$, $\text{г}/\text{м}^2$), измеряемой массой БТХВ, находящейся на единице площади зараженной поверхности. При оценке плотности заражения кожных покровов обычно используется размерность $\text{мг}/\text{см}^2$.

Поражения населения возможны также при употреблении зараженных продуктов питания и воды (алиментарные поражения). Количественной характеристикой заражения источников воды является концентрация БТХВ в воде, C ($\text{мг}/\text{м}^3$, $\text{г}/\text{м}^3$), измеряемая массой вещества, содержащейся в единице объема воды.

Отравляющие вещества (ОВ) – химические соединения, обладающие определенными токсичными и физико-химическими свойствами, обеспечивающими при их боевом применении поражение живой силы, а также заражение воздуха, обмундирования, вооружения, военной техники и местности.

ОВ составляют основу ХО. Ими снаряжаются снаряды, мины, боевые части ракет, авиационные бомбы, выливные авиационные приборы, дымовые шашки, гранаты и другие химические боеприпасы и боевые приборы. Находясь в боевом состоянии, ОВ поражают организм, проникая через органы дыхания, кожные покровы и раны от осколков химических боеприпасов. Кроме того, поражения могут наступать в результате употребления зараженных продуктов питания и воды.

В боевое состояние ОВ переводятся при воздействии химических боеприпасов и боевых приборов на цели. В момент их применения образуется

облако зараженного воздуха, фазовый состав которого зависит от типа применяемого ОВ. При применении низколетучих жидких ОВ образуется облако зараженного воздуха, состоящее из грубодисперсного аэрозоля, который, распространяясь под действием ветра и оседая на различные поверхности, заражает их. При применении ОВ, способных переходить в пар, образуется облако пара и тонко дисперсного аэрозоля, которое на пути своего распространения будет воздействовать на незащищенное население, поражая его через органы дыхания.

Степень опасности поражения через органы дыхания зависит от концентрации паров ОВ в воздухе, характера и интенсивности физической нагрузки и времени пребывания живой силы в зараженной атмосфере, а через кожу – от начальной плотности заражения открытых участков тела и обмундирования аэрозольными частицами и каплями ОВ.

Все ОВ являющиеся химическими соединениями, имеют химическое название, например, синильная кислота – нитрил муравьиной кислоты. Некоторые ОВ получили условные названия различного происхождения, к примеру, в честь исследователей данного вещества (зарин).

Способность ОВ оказывать поражающее действие на организм характеризуется таким термином как токсичность.

Токсичность ОВ проявляется при его контакте с организмом, вызывая определенный эффект поражения. Возможно местное и общее поражение. Местное поражение проявляется в месте контакта ОВ с тканями организма (поражение кожных покровов, раздражение органов дыхания, расстройство зрения). Общее поражение происходит в результате попадания ОВ в кровь через кожные покровы (кожно-резорбтивная токсичность) или через органы дыхания (ингаляционная токсичность).

Токсичность характеризуется количеством вещества, вызывающим поражающий эффект, и характером токсического действия на организм.

В целях количественной оценки токсичности ОВ и токсинов используются определенные категории токсических доз при различных путях проникновения в организм: ингаляционном, кожно-резорбтивном и через раневые поверхности.

Токсодоза, соответствующая определенному эффекту поражения, принимается равной:

- при ингаляционных поражениях – произведению средней концентрации ОВ в воздухе и времени пребывания человека в зараженном воздухе;
- при кожно-резорбтивных поражениях – массе жидкого ОВ, вызывающего определенный эффект поражения при попадании на кожу.

Различают смертельные, выводящие из строя и пороговые токсодозы.

Смертельная, или летальная, токсодоза LD – это количество ОВ, вызывающее при попадании в организм смертельный исход с определенной вероятностью. Обычно пользуются понятиями абсолютно смертельных токсодоз, вызывающих гибель организма с вероятностью 100% (или гибель 100% пораженных), LD100 или условно смертельных, токсодоз, летальный

исход от введения которых наступает у 50% пораженных, LD50 (см. также выше).

Выводящая из строя токсодоза ID – это количество ОВ, вызывающее при попадании в организм выход из строя определенного процента пораженных как временно, так и со смертельным исходом. Ее обозначают ID100 или ID50.

Пороговая токсодоза PD – количество ОВ, вызывающее начальные признаки поражения организма с определенной вероятностью или, что то же самое, начальные признаки поражения у определенного процента людей или животных. Пороговые токсодозы обозначают PD100 или PD50.

Для характеристики смертельной, выводящей из строя и пороговой токсичности ОВ, поражающих организм через органы дыхания в виде пара или аэрозоля, используют те же буквы и цифровые индексы, что и при токсодозах ОВ кожно-резорбтивного действия. Их обозначают соответственно LCt100 и LCt50, ICt100 и ICt50, PCt100 и PCt50.

Степень токсичности ОВ оценивается различными характеристиками, табл. 3.1.

Классификация ОВ происходит по следующим признакам:

- тактическое назначение;
- быстрота наступления поражающего действия;
- продолжительности сохранять способность поражать незащищенную живую силу противника и местность;
- физиологическое воздействие на организм.

По **тактическому назначению** ОВ делятся на следующие группы:

- **смертельные** – предназначаются для смертельного поражения или вывода из строя живой силы на длительный срок. В данную группу ОВ входят: Ви-Экс, зоман, зарин, иприт, азотистый иприт, синильная кислота, хлористый циан, фосген;

- **временно выводящие живую силу из строя** – сюда входят психотропные вещества, которые действуют на нервную систему и вызывают психические расстройства, к примеру Би-Зет;

- **раздражающие** – поражают чувствительные нервные окончания слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей.

По **быстроте наступления поражающего действия** различают:

- **быстродействующие** – не имеющие периода скрытого действия, которые за несколько минут приводят к смертельному исходу или утрате боеспособности. В данную группу входят такие ОВ, как зарин, зоман, синильная кислота, хлористый циан, Си-Эс и Си-Ар;

- **медленнодействующие** – обладают периодом скрытого действия и приводят к поражению по истечении некоторого времени. Сюда входят такие ОВ как Ви-Экс, иприт, фосген и Би-Зет.

Токсикологические характеристики ОВ

Наименование ОВ	Поражение через органы дыхания		
	LC _{t50} , г•мин/м ³ (среднесмертельная концентрация)	IC _{t50} , г•мин/м ³ (средняя выводящая из строга концентрация)	PC _{t50} , г•мин/м ³ (средняя пороговая концентрация)
Ви-Экс (VX)	0,035	0,005	1·10 ⁻⁴
Зоман (GD)	0,05	0,025	2·10 ⁻⁴
Зарин (GB)	0,1	0,055	25·10 ⁻⁴
Иприт (HD)	1,3	0,2	25·10 ⁻³
Азотистый иприт (HN)	1	0,1	1·10 ⁻²
Синильная кислота (AS)	2	0,3	15·10 ⁻³
Хлорциан (СК)	11	7	12·10 ⁻³
Фосген (CG)	3,2	1,6	8·10 ⁻¹
Би-Зет (BZ)	110	0,11	1·10 ⁻²
Хлорацетофенон (CN)	85	0,08	2·10 ⁻²
Адамсит (DM)	30	0,03	1·10 ⁻⁴
Си-Эс (CS)	25	0,02	15·10 ⁻⁴
Си-Ар (CR)	-	0,001	4·10 ⁻⁵

По *продолжительности сохранять способность поражать* незащищенную живую силу противника и местность делятся на:

- *стойкие ОВ*, поражающее действие которых сохраняется в течение нескольких часов и суток (Ви-Экс, фосген, иприт);

- *нестойкие ОВ*, поражающее действие которых сохраняется несколько десятков минут после их боевого применения.

По *физиологическому воздействию на организм* ОВ различают:

- нервно-паралитические;
- кожно-нарывные;
- общеядовитые;
- удушающие;
- психотропные;
- раздражающие.

Нервно-паралитические ОВ относятся к фосфорорганическим веществам. ОВ указанной группы обладают более высокой токсичностью по сравнению с другими ОВ, а также способностью легко проникать в организм через органы дыхания, неповрежденные кожные покровы и пищеварительный тракт.

Характерной физиологической особенностью фосфорорганических ОВ является способность подавлять активность различных ферментов, среди которых чрезвычайно важное значение для жизнедеятельности организма имеет фермент холинэстераза, регулирующий процесс передачи нервного импульса.

В обычном состоянии холинэстераза обеспечивает расщепление ацетилхолина – одного из главных посредников (медиаторов), участвующих в передаче нервного возбуждения в синапсах нервной системы. Фосфорорганические ОВ связывают холинэстеразу, и она теряет способность к разрушению ацетилхолина. Результатом этого является накопление ацетилхолина в синапсах и нервных окончаниях, что вызывает сокращение мышц и усиленную работу слюнной и слезной желез. Внешними проявлениями нарушения нервной системы являются:

- бронхоспазм, судороги скелетных мышц, паралич дыхательного центра;
- нервно-мышечный блок дыхательного центра.

Каждое из указанных проявлений может стать причиной смерти.

Симптомами поражения ОВ 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-го приступа наступает смерть при явных признаках паралича дыхания.

К данной группе относятся: зарин, зоман, Ви-Экс.

ОВ 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. Наиболее характерным представителям ОВ кожно-нарывного действия является иприт.

ОВ общеядовитого действия в организм проникают через органы дыхания в виде паров или в капельно-жидком состоянии – через неповрежденную кожу, слизистые оболочки глаз и ротовой полости, а также с пищей и водой. Данный тип ОВ характеризуется способностью проникать в кровь и поражать различные системы организма, не вызывая видимых изменений на месте первичного контакта ОВ с тканями.

Признаками поражения ОВ общеядовитого 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.

Удушающие ОВ действуют главным образом на органы дыхания, поражая стенки альвеол и легочных капилляров. В данную группу входит фосген.

ОВ психогенного действия способны на некоторое время выводить из строя живую силу противника. Эти отравляющие вещества, воздействуя на центральную нервную систему, нарушают нормальную психическую деятельность человека или вызывают такие психические недостатки, как временная слепота, глухота, чувство страха, ограничение двигательных функций различных органов. Отличительной особенностью этих веществ является то, что для смертельного поражения ими необходимы дозы в 1000 раз большие, чем для вывода из строя.

ОВ психогенного воздействия наряду с отравляющими веществами, вызывающими смертельный исход, могут применяться с целью ослабления воли и стойкости войск противника в бою.

В данную группу входит Би-Зет.

ОВ раздражающего действия поражают чувствительные нервные окончания слизистых оболочек глаз и верхних дыхательных путей.

В данную группу входят: адамсит, хлорацетофенон.

Также стоит отметить **бинарные химические боеприпасы**, являющиеся разновидностью химического оружия. Бинарный – состоящий из двух компонентов снаряжения химического боеприпаса (нетоксичных или малотоксичных). Компонентами для получения соответствующего ОВ может быть система «жидкость-жидкость» и «жидкость-твердое тело». В эти элементы включают также химические добавки, для чего используются катализаторы, ускоряющие ход химической реакции, и стабилизаторы, которые обеспечивают устойчивость исходных компонентов и получаемых ОВ.

Во время полета химического боеприпаса к цели исходные компоненты смешиваются и вступают в химическую реакцию с образованием высокотоксичных ОВ (Ви-Экс и зарин).

Основные части бинарного боеприпаса взрывного типа – это головная часть с взрывателем, разрывной заряд, корпус боеприпаса с камерами для размещения контейнеров с бинарными компонентами ОВ. Сюда же входят и различные вспомогательные устройства, обеспечивающие разделение и смешение компонентов, а также протекание химической реакции между ними.

Бинарные боеприпасы удобны в производстве, хранении и обращении, вместе с тем наличие указанных дополнительных устройств усложняет конструкцию бинарного боеприпаса.

В системе ХО отдельной группой расположены **искусственно синтезированные токсины** – химические вещества белковой природы растительного, животного или микробного происхождения, обладающие высокой токсичностью и способные при их применении оказывать поражающее действие на организм человека и животных.

Характерными представителями этой группы являются:

- *ботулинический токсин* – один из сильнейших ядов смертельного действия, являющийся продуктом жизнедеятельности бактерии *Clostridium Botulinum*;

- *стафилококковый энтеротоксин*;
- *рицин* – токсин растительного происхождения.

Для поражения различных видов растительности предназначены токсичные химические вещества (рецептуры) **фитотоксиканты**.

Фитотоксиканты в мирных целях применяются в соответствующих дозах, главным образом в сельском хозяйстве, для борьбы с сорняками, для удаления листьев растительности в целях ускорения созревания плодов и облегчения сбора урожая (например, хлопка).

С военными целями фитотоксиканты могут применяться для демаскировки объектов, для уничтожения зеленых покровов вдоль дорог и других инженерных сооружений, уничтожения посевов сельскохозяйственных культур и лишения продовольственных запасов в густонаселенных районах.

В зависимости от характера физиологического действия и целевого назначения фитотоксиканты подразделяются на следующие группы:

- *гербициды* – предназначаются для поражения травяной растительности, злаковых и овощных культур;

- *арборициды* – для поражения древесно-кустарниковой растительности;
- *альгициды* – для поражения водной растительности;
- *дефолианты* – приводят к опаданию листьев растительности;
- *десиканты* – поражают растительность путем ее высушивания.

По особенностям применения фитотоксиканты делятся на:

- *контактные* – поражают листья и стебли растений при непосредственном контакте (дифолианты и десиканты);

- *системные* – способны распространяться по сосудистой системе с последующей гибелью растений;

- *корневые* – уничтожают корни, ростки и семена растений.

Боевые фитотоксиканты различаются на:

- сплошного действия – уничтожают любые виды растительности;
- избирательного действия – предназначаются для одного вида растений.

По взглядам военных специалистов армии, отравляющие вещества могут применяться для решения следующих задач:

- поражения живой силы с целью полного ее уничтожения или временного вывода из строя, что достигается применением главным образом ОВ нервнопаралитического действия;

- подавления живой силы с целью вынудить ее в течение определенного времени принимать меры защиты и таким образом затруднить ее маневр, снизить скорость и меткость огня; эта задача выполняется применением ОВ кожно-нарывного и нервнопаралитического действия;

- сковывания (изнурения) противника с целью затруднить его боевые действия на длительное время и вызвать потери в личном составе; решается эта задача применением стойких ОВ;

- заражения местности с целью вынудить противника оставить занимаемые позиции, воспретить или затруднить пользование некоторыми участками местности и преодоление заграждений.

Поражение живой силы производится путем массированных обстрелов химическими боеприпасами, особенно с помощью многоствольных реактивных установок.

3.2. Действия населения в очаге химического заражения

Очагом химического заражения называется территория, подвергшаяся воздействию отравляющих веществ, в результате которого возникают или могут возникнуть поражения людей. Размеры очага химического заражения зависят от количества применяемых БТХВ, их типа, метеорологических условий и рельефа местности.

Современные БТХВ обладают чрезвычайно высокой токсичностью. Поэтому своевременность действий населения, направленных на предотвращение поражения БТХВ, во многом будет зависеть от знания признаков применения противником ХО.

Основными мероприятиями, осуществляемыми в целях защиты от химического оружия, могут быть:

- обнаружение факта применения химического оружия;
- химическая разведка, выявление химической обстановки в зоне и отдельных очагах поражения;
- установление и соблюдение режима поведения на зараженной территории;
- обеспечение населения средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи и их использование;
- эвакуация;
- укрытие населения в убежищах;
- оперативное применение антидотов и средств обработки кожных покровов;
- санитарная обработка населения;
- дегазация объектов различного назначения, территории, техники, средств защиты, одежды и имущества.

Появление за пролетающим самолетом противника темной, быстро оседающей и рассеивающейся полосы, образование белого или слегка окрашенного облака в месте разрыва авиационной бомбы дают основание предполагать, что в воздухе есть отравляющие вещества. Кроме того, капли БТХВ хорошо заметны на асфальте, стенах зданий, листьях растений и на

других предметах. О наличии отравляющих веществ можно судить и по тому, как под воздействием их вянут зелень и цветы, погибают птицы.

При обнаружении признаков применения противником БТХВ (по сигналу «Химическая тревога») надо срочно надеть противогаз, а в случае необходимости и средства защиты кожи; если поблизости есть убежище – укрыться в нем. Перед тем как войти в убежище следует снять использованные средства защиты кожи и верхнюю одежду и оставить их в тамбуре убежища; эта мера предосторожности исключает занос БТХВ в убежище. Противогаз снимается после входа в убежище.

При пользовании укрытием (подвалом, перекрытой щелью и т. д.) не следует забывать, что оно может служить защитой от попадания на кожные покровы и одежду капельно-жидких ОВ, но не защищает от паров или аэрозолей отравляющих веществ, находящихся в воздухе. При нахождении в таких укрытиях в условиях наружного заражения обязательно надо пользоваться противогазом. Находиться в убежище (укрытии) следует до получения распоряжения на выход из него. Когда такое распоряжение поступит, необходимо надеть требуемые средства индивидуальной защиты (лицам, находящимся в убежищах – противогазы и средства защиты кожи; лицам, находящимся в укрытиях и уже используемым противогазы – средства защиты кожи) и покинуть сооружение, чтобы выйти за пределы очага поражения.

Выходить из очага химического поражения нужно по направлениям, обозначенным специальными указателями или указанным постами МЧС, полиции. Если нет ни указателей, ни постов, то двигаться следует в сторону, перпендикулярную направлению ветра. Это обеспечит быстрейший выход из очага поражения, поскольку глубина распространения облака зараженного воздуха (она совпадает с направлением ветра) в несколько раз превышает ширину его фронта.

На зараженной БТХВ территории надо двигаться быстро, но не бежать и не поднимать пыль. Нельзя прислоняться к зданиям и прикасаться к окружающим предметам (они могут быть заражены). Не следует наступать на видимые капли и мазки ОВ. На зараженной территории запрещается снимать противогазы и другие средства защиты. В тех случаях, когда неизвестно, заражена местность или нет, лучше действовать так, как будто она заражена. Особая осторожность должна проявляться при движении по зараженной территории через парки, сады, огороды и поля. На листьях и ветках растений могут находиться осевшие капли БТХВ, при прикосновении к ним можно заразить одежду и обувь, что может привести к поражению.

По возможности следует избегать движения оврагами и лощинами, через луга и болота, в этих местах возможен длительный застой паров отравляющих веществ. В городах пары БТХВ могут застаиваться в замкнутых кварталах, парках, а также в подъездах и на чердаках домов. Зараженное облако в городе

распространяется на наибольшие расстояния по улицам, тоннелям, трубопроводам.

В случае обнаружения после химического нападения противника или во время движения по зараженной территории капель мазков или БТХВ на кожных покровах, одежде, обуви или средствах индивидуальной защиты необходимо немедленно снять их тампонами из марли или ваты; если таких тампонов нет, капли (мазки) БТХВ можно снять тампонами из бумаги или ветоши. Пораженные места следует обработать раствором из противохимического пакета или путем тщательной промывки теплой водой с мылом.

Встретив на пути выхода из очага поражения престарелых граждан и инвалидов, нужно помочь им выйти на незараженную территорию. Пораженным следует оказать помощь.

После выхода из очага химического поражения как можно скорее проводится полная санитарная обработка.

Полная санитарная обработка – полное обеззараживание тела человека дезинфицирующими средствами, обмывка людей со сменой белья и одежды, дезинфекция (дезинсекция) снятой одежды и обуви. Проводит ее служба санитарной обработки гражданской обороны на пунктах специальной обработки. При благоприятных летних условиях полную санитарную обработку проводят на открытых проточных водоемах или на реке.

Частичная санитарная обработка – механическая очистка и обработка открытых участков кожи, наружных поверхностей одежды, обуви, средств индивидуальной защиты или протирание их с помощью индивидуальных противохимических пакетов, а также обмывание чистой водой рук, шеи, лица, прополаскивание рта и горла после временного снятия противогаза и респиратора. Проводится она в очаге поражения при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ и носит характер временной меры.

Частичную обработку в зараженном районе выполняют, не снимая противогаза и других средств защиты. После же выхода из очага поражения сначала дегазируют одежду, обувь и средства индивидуальной защиты, затем снимают противогаз и проводят частичную санитарную обработку.

Лучшим средством для проведения частичной санитарной обработки следует считать индивидуальный противохимический пакет. Габариты и форма пакета удобны для его практического применения и ношения в кармане сумки противогаза.

Пакет предназначен для дегазации ОВ на открытых участках кожи (лице, шее, руках) и отдельных частях одежды (воротнике, манжетах). Кроме того, возможна в отдельных случаях дегазация лицевой части противогаза и мелких деталей и предметов, которые представляют опасность.

Одежду, обувь и средства защиты обметают вениками, травой, обмывают или протирают влажной ветошью, водой, снегом. Далее жидкостью из индивидуального противохимического пакета сначала обрабатывают лицевую

часть и коробку противогАЗа, а потом протирают руки, лицо и шею. Если пакета нет, частичную санитарную обработку можно проводить незараженной водой, лучше с мылом и добавкой дезинфицирующих веществ.

В 1993 г. Россия подписала, а в 1997 ратифицировала конвенцию о запрещении химического оружия. В связи с этим была принята программа уничтожения запасов химического оружия, накопленного за многие годы его производства.

В настоящее время в России существуют восемь объектов хранения химического оружия, каждому из которых соответствует предприятие по его уничтожению:

- с. Покровка Чапаевского района (Самарская область, г. Чапаевск-11);
- п. Горный (Саратовская область);
- г. Камбарка (Удмуртская Республика);
- п. Кизнер (Удмуртская Республика);
- г. Щучье (Курганская область);
- п. Марадыково (объект «Марадыковский», Кировская область);
- п. Леонидовка (Пензенская область);
- г. Почеп (Брянская область).

Первоначально программа была рассчитана до 2009 года, однако в связи с недофинансированием она несколько раз продлевалась. По состоянию на апрель 2014 года в России уничтожено 78% запасов химического оружия. По состоянию на октябрь 2015 года Россия уничтожила 92% своих запасов химического оружия.

Приложение 1

Характеристика некоторых АХОВ

В соответствии с таблицей, приведенной ниже (таблица также встречается в тексте данного учебно-методического пособия, стр. 35) приведена характеристика АХОВ, вероятность выброса (вылива) которых при химических авариях наиболее высока. Характеристика каждого вещества предполагает определенную последовательность изложения материала: основные физико-химические свойства, пожаровзрывоопасность, сфера применения, характер токсичности, признаки поражения, защита, меры первой помощи.

Наименование АХОВ	ПДК, мг/м ³ , в воздухе		
	Рабочей зоны	Населенных пунктов	
		разовая	суточная
Азотная кислота (конц.)	5,0	0,4	0,15
Аммиак	20	0,2	0,04
Ацетонитрил	10,0	—	0,002
Ацетонциангидрин	0,9	—	0,001
Водород хлористый	0,05	0,2	0,01
Водород фтористый	0,05	0,02	0,005
Водород цианистый	0,3	—	0,01
Диметиламин	1,0	0,005	0,005
Метиламин	1,0	—	—
Метил бромистый	1,0	—	—
Метил хлористый	5,0	—	—
Нитрилоакрил	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
Серовуглерод	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	2,0	0,007	0,007

АХОВ могут попадать в организм человека через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые. При попадании в организм вызывают нарушения жизненно важных функций и создают опасность для жизни. Общими принципами неотложной помощи при поражениях АХОВ являются:

- прекращение дальнейшего поступления яда в организм. Надевание на пострадавшего средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, скорейший выход (вывод, вынос, вывоз) из зоны заражения. При необходимости – полоскание рта, промывание глаз водой. В случае попадания АХОВ на кожу – механическое удаление, использование специальных дегазирующих растворов или обмывание водой с мылом, частичная и полная санитарная обработка;

- ускоренное выведение из организма попавших токсичных веществ. При пероральном воздействии – полоскание рта, промывание желудка (в т.ч. применение рвотных средств, введение адсорбентов, очищение кишечника (в т.ч. применение слабительных));

- применение специфических противоядий (антидотов) и лекарственных средств;

- патогенетическая и симптоматическая терапия (восстановление и поддержание жизненно важных функций). Кислородные ингаляции как метод лечения гипоксических состояний, возникающих при острых отравлениях опасными химическими веществами. При необходимости – реанимационные мероприятия.

1. Азотная кислота (концентрированная, HNO_3)

Основные физико-химические свойства. Желтоватая жидкость с резким запахом, содержащая обычно примеси двуокиси азота; на воздухе дымит; пары тяжелее воздуха (относительная плотность паров – 2,2). Смешивается с водой во всех отношениях. Температура кипения $+83,4^\circ\text{C}$, плавления -42°C .

Пожаровзрывоопасность. Негорючая жидкость. Сильный окислитель. При контакте со многими горючими материалами (бумага, древесина, смазочные материалы, ткани) может вызывать их самовоспламенение. Термически неустойчивое соединение, при разложении образуются токсичные окислы азота.

Сфера применения. Используется в основном органическом синтезе (нитроалканы, анилин, нитроцеллюлоза, тротил); в цветной металлургии для травления и разделывания металлов; в красильном деле; в полиграфии; в ракетной технике в качестве окислителя.

Характер токсичности. АХОВ раздражающего действия.

Признаки поражения. Пары вызывают раздражение дыхательных путей. Основные симптомы: кашель, головная боль, резь в глазах, слезотечение, тошнота, рвота, одышка, цианоз. Сама кислота оставляет на коже долго заживающие язвы. Также при действии на кожу возникает характерное желтое окрашивание.

Защита. Защиту органов дыхания и глаз обеспечивают СИЗ ОД изолирующего типа. Защиту кожи от капельно-жидких частиц обеспечивают костюмы и комбинезоны из прорезиненной ткани, резиновые сапоги, перчатки.

Меры первой помощи. При попадании на кожу – длительное промывание поврежденного участка под интенсивным напором воды; дальнейшее промывание раствором соды. При воздействии паров на глаза – промыть, закапать новокаин. При попадании паров в дыхательные пути – ингаляции с содой, атропин. При угрозе полной остановки дыхательной активности – искусственное дыхание с осторожностью, т.к. возможен отек легких.

2. Аммиак (NH₃)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ с резким характерным запахом, в 1,7 раза легче воздуха (плотность по воздуху – б), хорошо растворяется в воде (при 20°C в одном объеме воды растворяется до 700 объемов аммиака). При температуре -34⁰С кипит и при температуре -77,8°C затвердевает.

Пожаровзрывоопасность. Горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом (пределы концентраций воспламенения от 15 до 28% по объему). Температура самовоспламенения 650°C.

Сфера применения. Аммиак используется при производстве азотной и синильной кислот, соды, и многих других неорганических соединений; удобрений; в органическом синтезе; при крашении тканей; в качестве хладагента в холодильниках. 10% раствор аммиака известен под названием «нашатырный спирт». 18-20% раствор аммиака называется аммиачной водой и используется в качестве удобрения.

Характер токсичности. АХОВ прижигающего и удушающего действия.

Признаки поражения. Обильное слезотечение, боль в глазах, ожог конъюнктивы и роговицы, потеря зрения, приступообразный кашель; при поражении кожи – химический ожог 1-й или 2-й степени.

Защита. Защиту органов дыхания от паров аммиака обеспечивают респираторы РПГ-67-КД, РУ-60М-КД (при концентрации аммиака в воздухе не более 15 ПДК). При концентрациях до 750 ПДК могут быть использованы фильтрующие противогазы: промышленные; гражданские – ГП-5 и ГП-7 с дополнительными патронами ДПП-3. Когда концентрация неизвестна или она высока, применяют изолирующие противогазы. Для предупреждения попадания аммиака в капельножидком состоянии на кожные покровы используют защитные костюмы, сапоги и перчатки.

Меры первой помощи. Вне зоны заражения: покой, тепло; при физических болях в глаза закапать новокаин или дикаин с 0,1 %-м раствором адреналина гидрохлорида; на пораженные участки кожи – примочки 3-5%-м раствором борной, уксусной или лимонной кислоты; внутрь – теплое молоко с питьевой содой. Обезболивающие средства: 1 мл 1%-го раствора морфина, гидрохлорида или промедола; подкожно – 1 мл 0,1%-го раствора атропина; при остановке дыхания – искусственное дыхание.

3. Ацетонитрил (CH₃CN)

Основные физико-химические свойства. Бесцветная, легко летучая жидкость с эфирным запахом, растворяется в воде и многих органических растворителях, легче воды. Температура кипения +81°C, плавления -42,0°C. Его пары в 1,4 раза тяжелее воздуха, могут скапливаться в низких участках местности.

Пожаровзрывоопасность. Взрывоопасен в смеси с воздухом (пределы воспламенения от 4,1 до 16% по объему).

Сфера применения. Применяется в производстве ароматических веществ, сырье для фармацевтической промышленности, растворитель.

Характер токсичности. АХОВ общетоксического действия.

Признаки поражения. Покраснение, зуд, ожог кожи и слизистых, слезотечение, головная боль, слабость, тошнота, рвота, головокружение, одышка.

Защита. Защиту органов дыхания и глаз обеспечивают промышленные и гражданские фильтрующие противогазы. При высоких концентрациях необходимо использовать изолирующие средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи.

Меры первой помощи. При попадании на кожу – длительное промывание поврежденного участка водой, дегазирующими растворами. При воздействии на глаза - промыть, закапать новокаин.

4. Ацетонциангидрин ((CH₃)₂C(OH)CN)

Основные физико-химические свойства. Бесцветная, слегка коричневатая жидкость (концентрированные растворы имеют запах горького миндаля), пары в 3 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде и органических растворителях, легко разлагается в воде с образованием ацетона и синильной кислоты. При давлении насыщенных паров 23 мм рт.ст. кипит при 82°C, разлагается при 120°C. При нормальном атмосферном давлении температура плавления -19°C, температура кипения +95°C.

Пожаровзрывоопасность. Смесь с воздухом взрывоопасна (пределы воспламенения – от 2,2 до 12% по объему).

Сфера применения. В промышленности используется для получения полиметилметакрилата («органического стекла»), акриловых эфиров и полиакриловых пластмасс, в качестве добавки при производстве вспенивающих агентов, инсектицидов и фармпрепаратов.

Характер токсичности. АХОВ общетоксического действия, по действию сходен с цианидами.

Признаки поражения. Покраснение, зуд, ожог кожи и слизистых, слезотечение, головная боль, слабость, тошнота, рвота, головокружение, одышка.

Меры первой помощи. Обработка лица водой, мыльным раствором перед надеванием противогаза; при наличии признаков отравления – вдыхание паров амилнитрита; обработка открытых участков кожи мыльным раствором, водой.

Вне зоны заражения: обильное промывание глаз водой или 2%-м раствором питьевой соды, повторное вдыхание амилнитрита, при остановке дыхания – искусственное дыхание, ингаляция кислорода.

5. Водород хлористый (HCl)

Основные физико-химические свойства. Газ с резким запахом, на воздухе дымит, в 1,3 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде (водный раствор хлористого водорода – соляная кислота), температура кипения -85°C , плавления $-114,2^{\circ}\text{C}$.

Пожаровзрывоопасность. Негорюч, при нагревании емкости может взрываться.

Сфера применения. Применяется в производстве соляной кислоты, хлоридов металлов, синтетических смол, каучуков, органических красителей, гидролизного спирта, сахара, желатина, клея, для дубления и окраски кожи, при производстве активированного (активного) угля, крашении тканей, травлении металлов, в металлургии и нефтедобыче. Широкое распространение раствор соляной кислоты получил в производстве мелкоштучных бетонных и гипсовых изделий: тротуарная плитка, железобетонные изделия и т.д.

Характер токсичности. АХОВ раздражающего действия.

Признаки поражения. При контакте с кожей и слизистыми – резко выраженные воспалительные явления (конъюнктивит, дерматит); возбуждение, беспокойство, слабость, слюнотечение, возможны судороги, в тяжелых случаях – отек легких, нарушение работы кровеносной системы, и даже смерть.

Меры первой помощи. Вне зоны заражения: промывание глаз водой; обработка пораженных участков кожи водой или мыльным раствором; покой; немедленная эвакуация в лечебное учреждение. Ингаляцию кислорода не проводить!

6. Водород фтористый (HF)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворяется в воде (водный раствор фтористого водорода – плавиковая кислота). Температура кипения $+19,9^{\circ}\text{C}$, плавления -83°C . Пары легче воздуха – относительная плотность 0,7. Характерной особенностью фтористого водорода является его способность интенсивно реагировать со многими силикатными материалами, в том числе со стеклом.

Пожаровзрывоопасность. Негорюч, взрывоопасен при нагревании емкостей.

Сфера применения. Используется для получения синтетического криолита, неорганических фторидов, фторуглеродов, термо- и химически стойких пластмасс (фторопластов); в качестве катализатора для ряда органических реакций; при травлении металлов, стекла, полупроводников; для производства урана; рафинирования меди, латуни; в изготовлении фильтровальной бумаги и угольных электродов.

Характер токсичности. АХОВ раздражающего действия.

Признаки поражения. Резкое раздражение слизистых глаз и верхних дыхательных путей, резь в глазах, слезотечение, мучительный кашель, общее возбуждение, мышечная слабость, иногда судороги. Является сильнейшим водоотнимающим веществом и при попадании на кожу вызывает образование долго не заживающих язв, а при длительной экспозиции – обугливание.

Меры первой помощи. Вне зоны заражения: промывание глаз водой; обработка пораженных участков кожи водой или мыльным раствором. Вдыхание кислорода; при попадании на кожу – погружение обожженного участка в ледяной насыщенный раствор сернистой магнезии или 70%-ный этиловый спирт.

7. Водород цианистый (синильная кислота, HCN)

Основные физико-химические свойства. Бесцветная, легколетучая подвижная жидкость с запахом миндаля, пары немного легче воздуха (относительная плотность паров – 0,9), хорошо растворима в воде, спирте, эфире, бензине. Легко сорбируется различными материалами (резина, кожа, текстиль, кирпич, бетон, пищевые продукты). Температура кипения +25,6°C, плавления -14,0°C, плотность – 0,7. Смешивается во всех соотношениях с водой, этанолом, диэтиловым эфиром.

Пожаровзрывоопасность. Смесь паров с воздухом взрывоопасна (пределы воспламенения – от 5,6 до 40% по объему).

Сфера применения. Является сырьем для получения акрилонитрила, метилметакрилата, адипонитрила и других соединений. Синильная кислота и большое число ее производных используются при извлечении благородных металлов из руд, при гальванопластическом золочении и серебрении, в производстве ароматических веществ, химических волокон, пластмасс, каучука, органического стекла, стимуляторов роста растений, гербицидов.

Характер токсичности. АХОВ обще токсического действия. Синильная кислота и ее соли вызывают явления тканевой гипоксии и связанные с ней нарушения дыхания, кровообращения, обмена веществ, функции центральной нервной системы, выраженность которых зависит от тяжести интоксикации.

Признаки поражения. В начальной стадии – незначительное местное раздражение слизистых верхних дыхательных путей и глаз, горечь во рту, слюнотечение, тошнота, мышечная слабость, одышка, чувство страха; при продолжительном воздействии – одышка, расширение зрачков, судороги, потеря сознания, брадикардия, аритмия. При вдыхании синильной кислоты в высоких концентрациях или при попадании ее внутрь появляются клиникотонические судороги почти мгновенная потеря сознания вследствие паралича дыхательного центра. Смерть может наступить в течение нескольких минут

Защита. В зоне заражения: надевание противогаза, под маску противогаза-ампулу с амилнитритом, немедленное удаление из зоны заражения. Вне зоны заражений: повторно вдыхание паров амилнитрита со смоченной им ватки, покой, тепло, при наличии ссадин на коже – обильное промывание водой, мыльным раствором, эвакуация в лечебное учреждение.

8. Метиламины (моно- CH_3NH_2 , ди- $(\text{CH}_3)_2\text{-NH}$)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ с резким аммиачным запахом, тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде, органических растворителях. Температура кипения -7°C , плавления -93°C .

Пожаровзрывоопасность. Взрывоопасен, легко воспламеняется.

Сфера применения. Применяют в производстве инсектицидов, растворителей, лекарственных веществ ПАВ. Метиламин используют также для получения стерилизаторов почвы, красителей. Диметиламин – в производстве, фунгицидов, ингибиторов коррозии, бактерицидов, присадок к смазочным маслам, для обработки шкур в кожевенной промышленности/

Характер токсичности. АХОВ раздражающего действия.

Признаки поражения. Затруднение дыхания, слабость, тошнота, сердцебиение, резь в глазах, судороги, потеря сознания.

Меры первой помощи. Обильное промывание 2%-м раствором борной кислоты или водой, покой и тепло. Закапывание в глаза 2%-го раствора новокаина.

9. Метил бромистый (CH_3Br)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ с характерным запахом, в 3,3 раза тяжелее воздуха, плохо растворяется в воде, хорошо – во многих органических растворителях. Температура кипения $+3,6^\circ\text{C}$, плавления $-93,7^\circ\text{C}$.

Пожаровзрывоопасность. Горючий газ, в смеси с воздухом взрывоопасен (пределы воспламенения – от 10 до 15% по объему).

Сфера применения. Применяется в химической промышленности как реагент для метилирования; как хладагент – в холодильных установках; в огнетушителях (в смеси с четыреххлористым углеродом), в качестве дезинфицирующего средства, для борьбы с вредителями (фумигант, фунгицид).

Характер токсичности. АХОВ наркотического действия.

Признаки поражения. Головная боль, головокружение, двоение в глазах, галлюцинации, возбуждение, нарушение координации движения, тошнота, судороги.

Меры первой помощи. Вне зоны заражения: полный покой, тепло; при нарушении дыхания – ингаляции кислорода, при болях в глазах – 2-3 капли раствора новокаина или дикаина.

10. Метил хлористый (CH_3Cl)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ со сладковатым запахом, в 1,7 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в органических растворителях, плохо в воде. Температура кипения $-24,2^\circ\text{C}$, температура плавления $-97,7^\circ\text{C}$.

Пожаровзрывоопасность. В смеси с воздухом взрывоопасен (пределы взрываемости – от 7,6 до 19% по объему).

Сфера применения. Используется при получении некоторых красителей, каучуков, термостойких кремнийорганических соединений, инсектофунгицидов; для отделения масел и жиров в продуктах перегонки нефти; в качестве хладагента в холодильных установках (сейчас практически не применяется).

Характер токсичности. АХОВ наркотического действия.

Признаки поражения. Общая слабость, головокружение, тошнота, рвота, сонливость, повышенная температура, тахикардия, ухудшение зрения; в тяжелых случаях – затемнение сознания, судороги, параличи.

Меры первой помощи. Вне зоны заражения: ингаляция кислорода, покой тепло, щелочное питье, срочная госпитализация.

11. Нитрилоакрил (НАК) ($\text{CH}_2=\text{CH-CN}$)

Основные физико-химические свойства. Бесцветная легколетучая жидкость с миндальным запахом, растворяется во многих органических растворителях и в воде (7,3%). При растворении в воде взаимодействует с ней. Температура кипения $+77^\circ\text{C}$, плавления $-83,5^\circ\text{C}$. Пары нитрила акриловой кислоты тяжелее воздуха (относительная плотность паров – 1,9), могут скапливаться в низких участках местности.

Пожаровзрывоопасность. НАК легко воспламеняется, взрывоопасен при нагревании емкостей, в смеси с воздухом (пределы воспламенения – 3,0-17,0% по объему).

Сфера применения. Широко применяется для производства синтетических волокон (например, нитрона), бутадиен-нитрильных каучуков и других сополимеров; в синтезе красителей; в производстве лекарственных препаратов и как инсектицид.

Характер токсичности. АХОВ общетоксического действия

Признаки поражения. Покраснение, зуд, ожог кожи и слизистых, слезотечение, головная боль, слабость, тошнота, рвота, головокружение, одышка, судороги.

Меры первой помощи. Вне зоны заражения: обработка открытых участков кожи мыльным раствором, водой, обильное промывание глаз водой или 2%-м раствором питьевой соды, вдыхание амилнитрита, при остановке дыхания – искусственное дыхание, ингаляция кислорода

12. Окись этилена ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ с запахом эфира, в 1,5 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде, спиртах и других растворителях. Температура кипения $+10,7^\circ\text{C}$, плавления $-111,3^\circ\text{C}$.

Пожаровзрывоопасность. В жидком состоянии окись пожароопасна, в парообразном – взрывоопасна (пределы взрываемости – от 3,2 до 100% по объему).

Сфера применения. Применяется для получения многих органических веществ (эфиров гликоля и полигликолей, акрилонитрила); как инсектицид,

фунгицид используется в сельском хозяйстве. В медицине – для газовой стерилизации инструмента, оборудования и пр.

Характер токсичности. АХОВ общетоксического действия.

Признаки поражения. При ингаляционных поражениях – тошнота, рвота, понос, чувство тяжести в области желудка, тахикардия, подергивание мышц, покраснение лица. При воздействии на кожу – дерматит с образованием пузырей. Высокие концентрации могут вызвать поражение сердечно-сосудистой системы, трахеи, бронхов и отек легких.

Меры первой помощи. Вне зоны заражения: обильное промывание кожи и слизистых водой, покой, тепло.

13. Сернистый ангидрид (сернистый газ, двуокись серы) (SO₂)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ с резким раздражающим запахом (запах загорающейся спички), в 2,2 раза тяжелее воздуха, на воздухе дымит; хорошо растворяется в воде (при этом образуется сернистая кислота), а также в спиртах, эфире, бензоле. Температура кипения +10,1°С, плавления -75,5°С.

Пожаровзрывоопасность. Негорюч, взрывоопасен при нагревании емкостей.

Сфера применения. Сернистый ангидрид используется в производстве серной кислоты, серного ангидрида, солей серной и серноватистой кислот. Применяется в бумажном и текстильном производстве, а также для дезинфекции помещений, предохранения вин от скисания. Жидкий сернистый ангидрид применяется как хладагент и растворитель.

Характер токсичности. АХОВ раздражающего действия.

Признаки поражения. Выраженное раздражение кожи и слизистых в местах контакта – образование пузырей, затруднение дыхания и глотания, рвота, кашель, удушье; возможен острый отек легких.

Меры первой помощи. Вне зоны заражения: промывание глаз водой; обработка пораженных участков кожи водой или мыльным раствором; покой; немедленная эвакуация в лечебное учреждение. Ингаляцию кислорода не проводить!

14. Сероводород (H₂S)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ с неприятным запахом (тухлых яиц), в 1,2 раза тяжелее воздуха, хорошо растворяется в воде и многих органических растворителях. Температура кипения -60,4°С, плавления -85,6°С. Сероводород присутствует в попутных газах месторождений нефти, в природных и вулканических газах, в водах минеральных источников.

Пожаровзрывоопасность. Горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом (в пределах от 4,3 до 46% по объему).

Сфера применения. В промышленности его получают как побочный продукт при очистке нефти, природного и коксового газа. Применяют в производстве серной кислоты, серы, сульфидов, сероорганических соединений.

Характер токсичности. АХОВ общетоксического действия.

Признаки поражения. Жжение и боль в горле при глотании, конъюнктивит, одышка, головная боль, головокружение, слабость, рвота, тахикардия, возможны судороги.

Защита. Вне зоны заражения: промывание глаз и открытых участков кожи водой, 2%-м раствором питьевой соды, закапывание 1-3%-го раствора новокаина, покой, тепло, при нарушении дыхания – ингаляция кислорода.

15. Сероуглерод (CS₂)

Основные физико-химические свойства. Бесцветная, легколетучая жидкость с приятным эфирным запахом, пары в 2,6 раза тяжелее воздуха, в воде растворяется плохо, хорошо растворим в органических растворителях. Температура кипения + 46,3°C, плавления -111,9°C.

Пожаровзрывоопасность. Взрывоопасен в смеси с воздухом, легко воспламеняется от искр, пламени, нагревания (пределы воспламенения – от 1 до 50% по объему).

Сфера применения. Применяется как экстрагент, в качестве растворителя жиров, масел, смол, каучука, парафинов.

Характер токсичности. АХОВ общетоксического действия.

Признаки поражения. Головная боль, головокружение, покраснение лица, тошнота, чувство опьянения, нарушение координации движения, угнетенность, сонливость, возможны судороги.

Защита. В зоне заражения: надевание противогаза, немедленная эвакуация на носилках. Вне зоны заражения: ингаляция кислорода, тепло, покой, при необходимости – искусственное дыхание/

Соляная кислота (концентрированная, HCl)

Основные физико-химические свойства. Концентрированный раствор хлористого водорода в воде с максимальной его концентрацией 38-39%. Кипит при 110°C. Негорючая агрессивная жидкость, реагирует с металлами с выделением водорода.

Пожаровзрывоопасность. Не пожаровзрывоопасна.

Сфера применения. Широко применяется в промышленности. По масштабам использования из АХОВ после аммиака и хлора занимает прочное третье место. Обладает высокими токсическими свойствами, при проливах возможно образование очагов химического поражения на значительных территориях.

Опасная концентрация. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны – 5,0 мг/м³. В населенных пунктах: разовая– 0,2мг/м³, суточная– 0,2мг/м³.

Характер токсичности. АХОВ прижигающего действия.

Признаки поражения. При контактном воздействии на коже появляются волдыри, пораженные участки имеют серо-белесоватый цвет; на слизистых оболочках глаз – воспалительные явления, помутнение роговицы; при вдыхании паров – охриплость, кашель, боль в груди, одышка.

Защита. В зоне заражения: обильное промывание глаз и лица водой; надевание противогаза; срочный вывод (вывоз, вынос) из очага поражения. Вне зоны: покой, смывание кислоты с открытых участков кожи и одежды водой, обильное промывание глаз водой. При затруднении дыхания – тепло на область шеи, подкожно – 1 мл 0,1%-го раствора атропина сульфата.

Формальдегид (НСОН)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ с резким удушливым запахом, немного тяжелее воздуха (относительная плотность паров – 1,03), хорошо растворяется в воде (40%-й водный раствор формальдегида – формалин). Температура кипения $-19,2^{\circ}\text{C}$, плавления -92°C .

Пожаровзрывоопасность. В смеси с воздухом и кислородом взрывоопасен, воспламеняется от огня (пределы воспламенения – от 7 до 73% по объему).

Сфера применения. Используется для получения феноло-формальдегидных смол, изопрена, красителей, взрывчатых веществ, лекарств, а также как дубящее, антисептическое и дезодорирующее средство.

Опасная концентрация. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны – $0,5 \text{ мг/м}^3$. В населенных пунктах: разовая – $0,035 \text{ мг/м}^3$, суточная – $0,003 \text{ мг/м}^3$.

Характер токсичности. АХОВ наркотического действия.

Признаки поражения. Резкий кашель, давление в груди, одышка, нарушение координации движения, тошнота, рвота, двигательное возбуждение, нарушение сознания, судороги.

Защита. В зоне заражения: надевание противогаза, эвакуация из зоны заражения. Вне зоны заражения: вдыхание паров нашатырного спирта, обмывание пораженной кожи водой или 5%-м раствором нашатырного спирта, промывание глаз водой, тепло и покой.

Фосген (СОСl₂)

Основные физико-химические свойства. Бесцветный газ с запахом прелого сена, в 3,5 раза тяжелее воздуха, дымит, образуя соляную кислоту, плохо растворим в воде, хорошо – в органических растворителях, горючих и смазочных материалах. Температура кипения $+8,2^{\circ}\text{C}$, плавления -118°C .

Пожаровзрывоопасность. Негорюч, взрывобезопасен.

Сфера применения. Используется при получении красителей трифенилметанового ряда, поликарбонатных полимеров, полиуретанов; в производстве мочевины и других химических продуктов.

Характер токсичности. АХОВ удушающего действия.

Признаки поражения. В начальном периоде – кратковременные (10-15 минут) неприятные ощущения в носоглотке, за грудиной; скрытый (латентный) период в среднем 4-6 часов; в разгар интоксикации – одышка, мучительный кашель, синюшность кожи и слизистых, учащение сердцебиения. Прогрессирующий отек легких ведет к сильному удушью и, зачастую, к смерти.

Защита. В зоне заражения: надевание противогаза, вынос (вывоз) пострадавшего из зоны заражения. Вне зоны: тепло, кислородные ингаляции, при раздражении глаз – обильное промывание 2%-м раствором пищевой соды или водой, промывание слизистых оболочек 2% раствором гидрокарбоната натрия. Внутривенное вливание растворов хлорида кальция и глюкозы; для профилактики отека легких – внутримышечно 2 мл 4%-го раствора метилпреднизолона.

Хлор (Cl₂)

Основные физико-химические свойства. Зеленовато-желтый газ с резким раздражающим запахом, в 2,5 раза тяжелее воздуха. Может скапливаться в низких участках местности. Мало растворяется в воде (0,07%), хорошо – в некоторых органических растворителях. Температура кипения -34°C, плавления -101°C/

Пожаровзрывоопасность. Негорюч, но пожароопасен в контакте с горючими материалами.

Сфера применения. Находит широкое применение в промышленности, в том числе для отбеливания тканей и бумажной массы, в производстве пластмасс, каучуков, инсектицидов, растворителей, в цветной металлургии, а также в коммунально-бытовом хозяйстве для обеззараживания питьевой воды. Ежегодное потребление хлора в мире исчисляется десятками миллионов тонн. В первую мировую войну использовался в качестве отравляющего вещества.

Опасная концентрация. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны – 0,001 г/м³. В населенных пунктах: разовая – 0,1 мг/м³, суточная – 0,03 мг/м³.

Характер токсичности. АХОВ удушающего действия.

Признаки поражения. Сильное жжение, резь в глазах, слезотечение, учащение дыхания, мучительный кашель, общее возбуждение, страх, в тяжелых случаях – рефлекторная остановка дыхания.

Защита. В зараженной атмосфере обильное промывание глаз водой; надевание противогаза; эвакуация на носилках или транспортом. Вне зоны заражения: промывание глаз водой; обработка пораженных участков кожи водой или мыльным раствором; покой; немедленная эвакуация в лечебное учреждение. Ингаляцию кислорода не проводить!

Хлорпикрин (CCl₃NO₂)

Основные физико-химические свойства. Бесцветная маслянистая жидкость с резким раздражающим запахом, его пары в 5,7 раза тяжелее воздуха, плохо растворимы в воде, хорошо – в органических растворителях, горючих и смазочных материалах. Температура кипения +112,3°C, плавления -69°C.

Пожаровзрывоопасность. Пожароопасен, при нагревании разлагается с образованием фосгена.

Сфера применения. Используется главным образом для борьбы с вредителями сельского хозяйства, а также в качестве учебного опасного

химического вещества при подгонке средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Опасная концентрация. Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны – 0,0007 г/м³. В населенных пунктах: разовая – 0,007мг/м³, суточная – 0,007мг/м³.

Характер токсичности. АХОВ удушающего действия.

Признаки поражения. Отсутствие скрытого периода, быстрое развитие сильного раздражающего действия (резь, жжение в глазах, слезотечение, першение в горле, кашель, рвота); при попадании на кожу – дерматит.

Защита. Аналогична действиям при поражении фосгеном. Дополнительно рекомендуется закапывание в глаза 1-2 капель 1% раствора дикаина.

Приложение 2

Характеристика некоторых отравляющих веществ (ОВ)

В настоящее время в качестве ОВ используются следующие химические вещества:

- зарин
- зоман
- V-газы
- иприт
- синильная кислота
- фосген
- диметиламид лизергиновой кислоты

Зарин представляет собой бесцветную или желтого цвета жидкость почти без запаха, что затрудняет обнаружение его по внешним признакам. Он относится к классу нервно-паралитических отравляющих веществ. Зарин предназначается прежде всего для заражения воздуха парами и туманом, то есть в качестве нестойкого ОВ. В ряде случаев он, однако, может применяться в капельно-жидком виде для заражения местности и находящейся на ней боевой техники; в этом случае стойкость зарина может составлять: летом – несколько часов, зимой – несколько суток. Зарин вызывает поражение через органы дыхания, кожу, желудочно-кишечный тракт; через кожу воздействует в капельно-жидком и парообразном состояниях, не вызывая при этом местного ее поражения. Первые признаки поражения (миоз и затруднение дыхания) появляются при концентрации зарина в воздухе 0,0005 мг/л (через 2 минуты). Среднесмертельная концентрация при действии через органы дыхания в течение 1 минуты – 0,075 мг/л, при действии через кожу – 0,12 мг/л. Полулетальная доза (LD₅₀) при контакте с кожей – 24 мг/кг веса, при попадании в организм через рот (перорально) – 0,14 мг/кг веса. При этом практический расход ОВ (отношение количества примененного вещества к достигнутым результатам) как оружия массового поражения в реальных условиях (по результатам известных атак, включая применение в густонаселенных районах по людям, не защищенным средствами защиты) в 100-1000 раз выше теоретических. При воздействии зарина у пораженного наблюдаются слюнотечение, обильное потоотделение, рвота, головокружение, потеря сознания, приступы сильных судорог, паралич и, как следствие сильного отравления, смерть.

Зоман – бесцветная и почти без запаха жидкость. Относится к классу нервно-паралитических ОВ. По многим свойствам очень похож на зарин, однако токсичнее более чем в 2,5 раза. Стойкость зомана несколько выше, чем у зарина. Зоман плохо растворим в воде (1,5 % при 25°C), легко растворяется в спиртах и кетонах. Гидролизуется медленно. При температуре более 150°C полностью разлагается, деструкцию ускоряют вещества кислотного характера. Первые признаки поражения наблюдаются при концентрациях около 0,0005 мг/л через минуту (сужение зрачков глаз, затруднение дыхания).

Среднесмертельная концентрация при действии через органы дыхания 0,03 мг·мин/л. Смертельная концентрация при резорбции через кожу – 2 мг/кг. Защита от зомана – противогаз и средства защиты кожи, а также антидоты.

V-газы представляют собой малолетучие жидкости с очень высокой температурой кипения, поэтому стойкость их во много раз больше, чем стойкость зарина. Так же как зарин и зоман, относятся к нервно-паралитическим отравляющим веществам. V-газы в десятки раз токсичнее других ОВ нервно-паралитического действия. Отличаются высокой эффективностью при действии через кожные покровы. Так, для самого известного из серии V-агентов – VX (Ви-Экс) – среднесмертельная концентрация при действии через органы дыхания составляет 0,01 мг·мин/л (период скрытого действия 5–10 минут), среднесмертельная доза при резорбции через кожу – 0,1 мг/кг.

Иприт – темно-бурая маслянистая жидкость с характерным запахом, напоминающим запах чеснока или горчицы. Относится к классу кожно-нарывных ОВ. Иприт медленно испаряется с зараженных участков; стойкость его на местности составляет: летом – от 7 до 14 дней, зимой – месяц и более. Иприт обладает многосторонним действием на организм: в капельно-жидком и парообразном состояниях он поражает кожу и глаза, в парообразном – дыхательные пути и легкие, при попадании с пищей и водой внутрь поражает органы пищеварения. Действие иприта проявляется не сразу, а спустя некоторое время, называемое периодом скрытого действия. При попадании на кожу капли иприта быстро впитываются в нее, не вызывая болевых ощущений. Через 4-8 часов на коже появляется краснота и чувствуется зуд. К концу первых и началу вторых суток образуются мелкие пузырьки, но затем они сливаются в одиночные большие пузыри, заполненные янтарно-желтой жидкостью, которая со временем становится мутной. Возникновение пузырей сопровождается недомоганием и повышением температуры. Через 2-3 дня пузыри прорываются и обнажают под собой язвы, не заживающие в течение длительного времени. Если в язву попадает инфекция, то возникает нагноение и сроки заживания увеличиваются до 5-6 месяцев. Органы зрения поражаются парообразным ипритом даже в ничтожно малых концентрациях его в воздухе и времени воздействия 10 минут. Период скрытого действия при этом длится от 2 до 6 часов; затем появляются признаки поражения: ощущение песка в глазах, светобоязнь, слезотечение. Заболевание может продолжаться 10-15 дней, после чего наступает выздоровление. Поражение органов пищеварения вызывается при приеме пищи и воды, зараженных ипритом. В тяжелых случаях отравления после периода скрытого действия (30-60 минут) появляются признаки поражения: боль под ложечкой, тошнота, рвота; затем наступают общая слабость, головная боль, ослабление рефлексов; выделения изо рта и носа приобретают зловонный запах. В дальнейшем процесс прогрессирует: наблюдаются параличи, появляется резкая слабость и истощение. При неблагоприятном течении смерть наступает на 3-12 сутки в результате полного

упадка сил и истощения. Минимальная доза, вызывающая образование нарывов на коже, составляет 0,1 мг/см². Легкие поражения глаз наступают при концентрации 0,001 мг/л и экспозиции 30 мин. Смертельная доза при действии через кожу 70 мг/кг (скрытый период действия до 12 ч и более). Смертельная концентрация при действии через органы дыхания в течение 1,5 ч – около 0,015 мг/л (скрытый период 4-24 ч). Для защиты органов дыхания и кожных покровов от действия иприта используются соответственно противогаз и специальная защитная одежда. Поскольку иприт обладает способностью диффундировать в сложные органические соединения, время нахождения в зоне поражения ипритом не должно превышать 40 минут, во избежание проникновения ОВ через средства защиты к коже.

Синильная кислота (характеристика как АХОВ есть также в Приложении 1, стр. 83) – бесцветная жидкость со своеобразным запахом, напоминающим запах горького миндаля; в малых концентрациях запах трудно различимый. Синильная кислота легко испаряется и действует только в парообразном состоянии. Относится к ОВ общеядовитого действия. Характерными признаками поражения синильной кислотой являются: металлический привкус во рту, раздражение горла, головокружение, слабость, тошнота. Затем появляется мучительная одышка, замедляется пульс, отравленный теряет сознание, наступают резкие судороги. Судороги наблюдаются сравнительно недолго; на смену им приходит полное расслабление мышц с потерей чувствительности, падением температуры, угнетением дыхания с последующей его остановкой. Сердечная деятельность после остановки дыхания продолжается еще в течение 3-7 минут. При малых концентрациях ($C < 0,04$ г/м³) практически поражений не вызывает, так как в небольших количествах синильная кислота обезвреживается организмом; при концентрации $C > 10$ г/м³ поражает организм даже через кожу. Первая медицинская помощь при поражении синильной кислотой заключается в надевании противогаза, даче антидота для вдыхания и эвакуации из очага химического заражения в больницу или ОПМ. Чтобы дать антидот, следует раздавить ампулу, в которой он содержится, и заложить ее под маску противогаза. При резком ослаблении или прекращении дыхания делают искусственное дыхание и повторно дают вдыхать антидот.

Фосген (характеристика как АХОВ есть также в Приложении 1, стр. 88) – бесцветная, легколетучая жидкость с запахом прелого сена или гнилых яблок. На организм действует в парообразном состоянии. Относится к классу ОВ удушающего действия. Фосген примерно в 3,5 раза тяжелее воздуха. Из-за высокого давления пара он даже при низких температурах обладает большой летучестью. Пребывание в атмосфере, содержащей до 0,01 мг/л фосгена, возможно максимально в течение 1 ч. При этом восприимчивые люди уже могут получить легкое отравление. Концентрации в 0,02 мг/л являются смертельными уже через 30 мин воздействия. В 50% случаев отравление при вдыхании 0,1 мг/л в течение 30-60 мин приводит к смерти. Остальные 50%

оставшихся в живых длительно небоеспособны в результате тяжелейших отравлений. Даже при малом времени воздействия таких концентраций могут произойти сильные отравления, при известных обстоятельствах заканчивающиеся смертью. Концентрация 1 мг/л при времени экспозиции 5 минут в 50-75% случаев отравления ведет к смерти; меньшие концентрации (0,5-0,8 мг/л) приводят к тяжелым отравлениям. Концентрация 5 мг/л смертельна уже через 2-3 секунды. Летучесть фосгена достаточна для достижения токсических концентраций в зимнее время. Стойкость при -20°C составляет около 3 часов, в летние месяцы она чрезвычайно мала – не более 30 мин. Летучесть при -20°C равна 1,4 г/л, при +20°C – около 6,4 г/л. Вследствие обычных метеорологических воздействий фактическая концентрация фосгена в воздухе меньше и едва ли превышает 1 г/л. Фосген имеет период скрытого действия 4-6 часов; продолжительность его зависит от концентрации фосгена в воздухе, времени пребывания в зараженной атмосфере, состояния человека, охлаждения организма. При вдыхании фосгена человек ощущает сладковатый неприятный вкус во рту, затем появляются покашливание, головокружение и общая слабость. По выходу из зараженного воздуха признаки отравления быстро проходят, наступает период так называемого мнимого благополучия. Но через 4-6 часов у пораженного наступает резкое ухудшение состояния: быстро развиваются синюшное окрашивание губ, щек, носа; появляются общая слабость, головная боль, учащенное дыхание, сильно выраженная одышка, мучительный кашель с отделением жидкой, пенистой, розоватого цвета мокроты указывает на развитие отека легких. Процесс отравления фосгеном достигает кульминационной фазы в течение 2-3 суток. При благоприятном течении болезни у пораженного постепенно начнет улучшаться состояние здоровья, а в тяжелых случаях поражения наступает смерть.

Диэтиламид лизергиновой кислоты (ЛСД) является отравляющим веществом психохимического действия. По своему внешнему виду это бесцветные кристаллические вещества, соли которых применяются в аэрозольном состоянии. Психотомиметическое⁶ действие ЛСД проявляется при попадании его в ЖКТ, при вдыхании аэрозоля, при проникновении его в кровь (разными путями). Из крови ЛСД очень быстро, уже через несколько минут, переходит во внутренние органы, в том числе 70% – в кишечник и всего 0,02% – в головной мозг. Местного действия на органы и ткани не оказывает. Выделяют 3 стадии отравления ЛСД: начальную, стадию психоза и заключительную. Начальная стадия характеризуется неприятными субъективными ощущениями. Через 15-20 мин после приема ЛСД наблюдается чувство стеснения, усталости, внутренней взбудораженности, часто тревоги, головокружение и головная боль, неприятные боли в области сердца, дрожание

⁶ Психотомиметическое действие – способность вызывать временные психические расстройства, как правило без выраженных нарушений деятельности других органов и систем.

рук. Проявляются вегетативные расстройства – покраснение или побледнение кожи, чувство жара или холода, потливость, усиленное слюноотделение, зрачки расширяются, пульс становится учащенным, дыхание замедляется. Происходит нарушение координации. Продолжительность начальной фазы в зависимости от дозы и способа введения составляет от 30 до 90 мин. Стадия психоза продолжается 5-8 часов с максимумом через 2-4 часа после приема ЛСД. Память страдает только при сильных отравлениях, поэтому люди могут описать свои ощущения. Минимально действующая доза ЛСД, вызывающая признаки психоза – 0,0005 мг/кг. Обычно употребляемые дозы – 100-500 мкг/чел. Расчетная смертельная доза при приеме внутрь 0,2 мг/кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арустамов Э.А., Косолапова Н.В., Прокопенко Н.А., Гуськов Г.В. – М.: ИЦ Академия, 2010. – 176 с.
2. Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. и др. Безопасность жизнедеятельности / под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2007. – 616 с.
3. Водный Кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.01.2016).
4. Гелашвили Д.Б., Безель В.С., Безруков М.Е. и др. Принципы и методы экологической токсикологии. Нижний Новгород: ННГУ, 2015. – 768 с.
5. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
6. ГН 2.2.5.686-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.
7. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
8. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями № 1, 2).
9. ГОСТ Р 22.9.05-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплексы средств индивидуальной защиты спасателей.
10. ГОСТ Р 55201-2012. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок разработки перечня мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проектировании объектов капитального строительства.
11. Занько Н.Г., Малаян К.Р., Русак О.Н. Безопасность жизнедеятельности / Под ред. О.Н. Русака.– СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 696 с.
12. Зотов Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве. – М.: КолосС, 2006. – 432 с.
13. Официальный сайт МЧС РФ [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: www.mchs.gov.ru.
14. Охрана труда и безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс]. – 2002. – Режим доступа: <http://ohrana-bgd.narod.ru>.
15. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302н (ред. от 05.12.2014) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».
16. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

17. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.
18. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.
19. ФГУН Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства [Электронный ресурс]. – Julia's dising, 2014. – Режим доступа: <http://www.toxicology.ru>.
20. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием федерального закона «О специальной оценке труда»» №421-ФЗ от 28.12.2013.
21. Федеральный закон «О специальной оценке труда» № 426-ФЗ от 28.12.2013.

Владимир Адольфович Басуров,
Наталья Ивановна Зазнобина

ХИМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Учебное пособие

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского».
603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.