

Химически опасные объекты

Общие сведения о химически опасных объектах и аварийно химически опасных веществах.

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

Потенциально возможными источниками химического заражения являются:

- предприятия по производству минеральных удобрений и серной кислоты, резинотехнических изделий и полимеров, лаков, красок и растворителей;
- станции водоподготовки, холодильники предприятий пищевой промышленности, овощные базы;
- предприятия по производству пестицидов, гербицидов, ядохимикатов;
- химико-фармацевтические предприятия;
- хранилища (резервуары) и транспортные средства по перевозке опасных химических веществ.

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

Классификация объектов по химической опасности

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

Аварийно химически опасное вещество (АХОВ)

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

В настоящее время в промышленности используется более 600 тысяч опасных химических веществ – веществ, прямое или опосредованное действие которых на человека может вызвать острые и хронические заболевания людей или их гибель. Однако только некоторые из них отнесены к АХОВ, так как подавляющее количество токсических веществ используются в небольших количествах, не представляющих опасности возникновения очага массового поражения для населения в аварийных ситуациях. Защита от них относится к сфере техники безопасности. Такой подход позволил в целях более качественного решения практических задач защиты населения в ЧС выделить из большого перечня токсических веществ ограниченное их число.

Физические и токсические характеристики АХОВ

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

Токсические характеристики АХОВ

Не следует путать аварийно химически опасные вещества с отравляющими веществами. Отравляющее вещество – химическое вещество, предназначенное для применения в качестве оружия при ведении боевых действий.

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

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

Токсодоза

Токсическими характеристиками АХОВ являются их токсическая доза и концентрация.

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

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

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

Для смертельного и непереносимого (а иногда и порогового) уровней указываются относительная часть в процентах людей, у которых данный эффект проявляется, например, – доза, приводящая к гибели 50 % пораженных. Наиболее часто используются показатели для 50 % и 90 % пораженных

Удельная токсодоза

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

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

$$D = CVt\alpha$$

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

Токсичность АХОВ

При расчете по формуле можно положить, что для разных людей величины ёмкости лёгких и поглощение АХОВ остаются примерно постоянными (величина V , например, соответствует средней физической нагрузке), тогда доза будет зависеть только от концентрации и времени. Следовательно, для заданного АХОВ произведение концентрации на время воздействия может характеризовать токсичность АХОВ.

Аналогично токсодозе для ингаляционного воздействия указывается эффект поражения и процент пораженных. По заданной токсодозе можно рассчитать поражающую концентрацию АХОВ или время пребывания в зараженной атмосфере по известным (требуемым) значениям времени или концентрации соответственно.

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

Токсическая концентрация

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

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – это максимальная концентрация, усредненная за определенное время, которая не оказывает ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на человека, обнаруживаемого современными методами.

Концентрации, большие, чем ПДК, вызывают поражающий эффект. В обычных условиях человек может находиться под воздействием токсических веществ постоянно (по условиям проживания) или только в течение рабочего времени, поэтому ПДК указывают для рабочей зоны и для населения (первый показатель может быть больше, чем второй). ПДК в воздухе рабочей зоны определяют из условия отсутствия вызванных токсическими веществами заболеваний при ежедневной работе в течение 8 часов в день (41 час в неделю) за время всего стажа работы на химически опасном объекте.

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

Классификация АХОВ.

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

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

Классификация АХОВ по токсическому действию

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

Классы опасности АХОВ

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

Следует отметить, что в некоторых разделах токсикологии как науки о ядах, например, промышленной, сельскохозяйственной, коммунальной, военной токсикологии используются несколько отличающиеся объединительные признаки токсических веществ.

По степени опасности токсические вещества подразделяются на четыре класса опасности:

1 класс – чрезвычайно опасные вещества (метил бромистый и др.);

2 класс – опасные вещества (хлор, сероводород и др.);

3 класс – умеренно опасные вещества (сернистый ангидрид и др.);

4 класс – малоопасные вещества (аммиак и др.).

Класс опасности определяется токсическими характеристиками аварийно химически опасных веществ.

Классификация АХОВ по степени опасности

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

Аварии на химически опасных объектах

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

Развитие аварии на химически опасных объектах и формирование зоны химического заражения.

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

Большая часть АХОВ хранится на складах. Нормы хранения АХОВ на каждом предприятии определяются с учетом их потребления, выработки, транспортирования, предупреждения аварийных ситуаций, профилактических остановок, сезонных поставок, а также токсичности и пожаровзрывоопасности. На крупных химических предприятиях создается минимальный (неснижаемый) запас исходных продуктов, рассчитанный на 3...15 суток работы, который может составлять сотни и тысячи тонн АХОВ.

Хранение АХОВ

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

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

Хранение и перевозка АХОВ

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

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

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

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

Водным транспортом большинство АХОВ перевозятся в баллонах и контейнерах (бочках), ряд судов оборудован специальными резервуарами (танками) вместимостью до 10000 тонн.

Разгерметизации емкостей

В случае разгерметизации емкостей, в которых хранятся АХОВ, происходит их выброс в окружающую среду. При этом условия (давление, температура), в которых находится вещество, быстро (скачком) изменяются от тех, что были при хранении, до значений, соответствующих атмосферным. Характер протекания процесса выброса определяет заражение местности и атмосферного воздуха и зависит от соотношения температур: критической для данного АХОВ, температуры окружающей среды и температуры хранения АХОВ. На него влияет также характер разрушения емкости (небольшая течь, незначительное или полное разрушение емкости), сопровождается авария взрывом и (или) пожаром. В результате аварии АХОВ в общем случае могут находиться одновременно в жидком состоянии, в виде аэрозоля и пара (газа), при этом может происходить заражение местности на значительных площадях – образуется зона химического заражения.

Зона химического заражения

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

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

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

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

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

Распространение АХОВ при аварии

Первичное облако образуется АХОВ, поступающим в атмосферу непосредственно в момент (1...3 мин) разрушения или разгерметизации емкости. Токсические вещества могут находиться в первичном облаке в аэрозольном или газообразном состоянии в зависимости от динамики процессов испарения и кипения при разгерметизации емкости.

Образование первичного облака наиболее характерно для низкокипящих (температура кипения ниже +20 °С) АХОВ, хранящихся под давлением. Перенос первичного облака ветром сопровождается гравитационным оседанием мелких капель АХОВ, в результате чего может происходить заражение ими местности, зданий, сооружений, оборудования, одежды людей.

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

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

Распространение АХОВ при аварии

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

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

Глубины распространения первичного и вторичного облака зараженного воздуха в значительной степени зависят от метеорологических условий – вертикальной устойчивости приземного слоя воздуха и скорости приземного ветра, а также рельефа местности и плотности застройки объектов

Роль погодных условий

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

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

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

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

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

Типы зон химического заражения

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

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

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

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

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